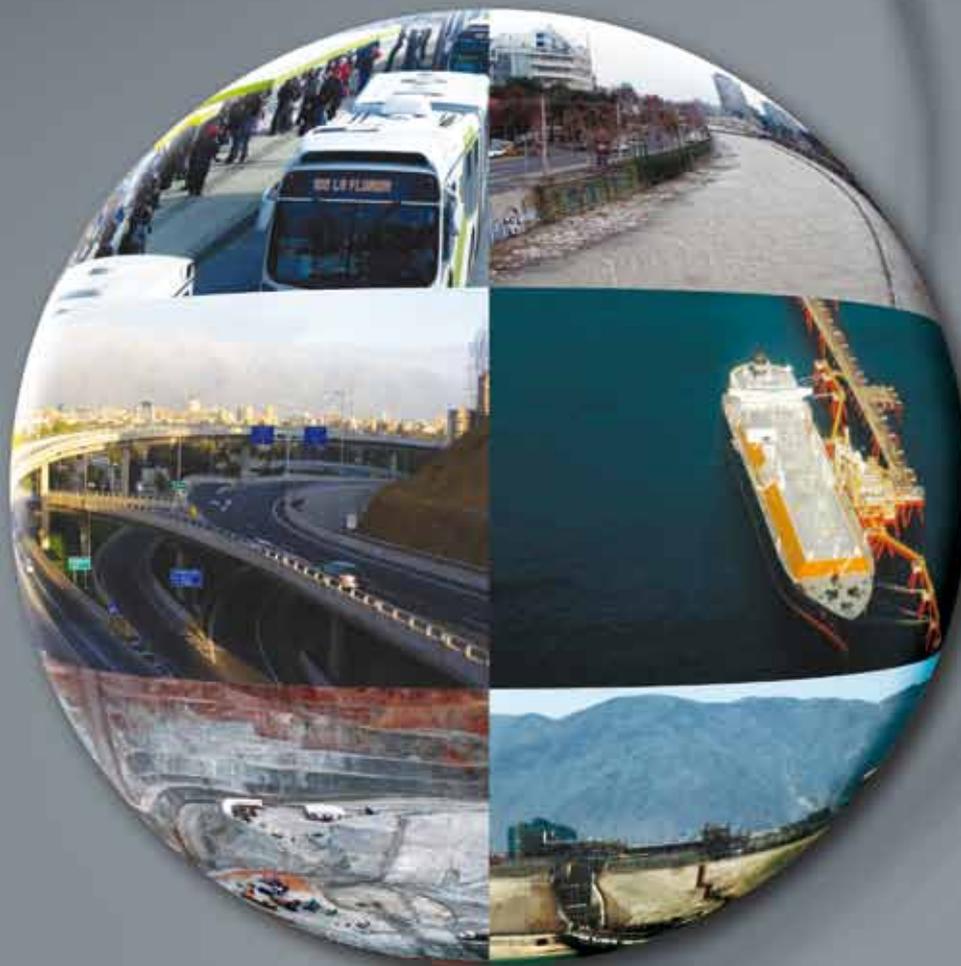




INSTITUTO DE INGENIEROS
CHILE

FACTORES CONDICIONANTES DEL ÉXITO EN **PROYECTOS DE INVERSIÓN**

Experiencias y Lecciones en Chile



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 Sarrazin

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

Juan Enrique Castro Cannobbio

Jorge Cauas Lama

Joaquín Cordua Sommer

Luis Court Mook

Carlos Croxatto Silva

Alex Chechilnitzky Zwicky

Enrique d'Etigny Lyon

Raúl Espinosa Wellmann

Alvaro Fischer Abeliuk

Roberto Fuenzalida González

Tristán Gálvez Escuti

Alejandro Gómez Arenal

Eduardo Gomien Díaz

Tomás Guendelman Bedrack

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

FACTORES CONDICIONANTES DEL ÉXITO EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

Experiencias y Lecciones en Chile

Presidente

Luis Valenzuela

Participantes

Dante Bacigalupo
Daniel Barría
Alexandra Belaúnde
Fernando Bravo
Juan E. Cannobbio
Alex Chechilnitzky
Andrés Fuentes
Alejandro Gómez
Germán Millán
Ricardo Nicolau
Mauricio Sarrazin
Raúl Tejada
Ximena Vargas
Teodoro Wigodski

ÍNDICE

Glosario	
Agradecimientos	5
1. Introducción	7
2. La Ingeniería en el Desarrollo de Chile	10
3. Consideraciones sobre la Selección y Análisis de los Proyectos	12
4. Alcances sobre las Mejores Prácticas en la Gestión de Proyectos	14
5. Ejemplos de Proyectos de Inversión Recientes	17
5.1. Sistema de Transporte Público de Santiago - TRANSANTIAGO	19
5.2. Tren Urbano Valparaíso - MERVAL	21
5.3. Saneamiento Gran Valparaíso - ESVAL	22
5.4. Saneamiento Gran Santiago - Aguas Andinas	24
5.5. Puente Loncomilla - MOP	25
5.6. Sistema Chileno de Concesiones de Obras Públicas - MOP	26
5.7. Estación de Transferencia M1 K1 Chuquicamata - División CODELCO Norte	28
5.8. Cambio Tecnológico Proceso Electro Refinación - División CODELCO Norte	30
5.9. Mina y Planta Radomiro Tomic - CODELCO Norte	31
5.10. Planta de Regasificación de Gas Natural Licuado de Mejillones - GNLM	32
5.11. Planta Celulosa de Valdivia - Celulosa Arauco	33
6. Conclusiones	36
7. Recomendaciones	39
Anexos	40
A. Mejores Prácticas en la Gestión de Proyectos de Inversión	41
B. La Sutil Frontera entre el Éxito y el Fracaso de un Megaproyecto	48
C. Gestión de Contratos y Nuevos Escenarios para la Materialización de Proyectos de Inversión	62
D. Concepto de Sustentabilidad de los Proyectos	66
E. Descripción Resumida de los Proyectos Seleccionados	70
F. La Ingeniería Chilena y el Sismo del 27 de febrero de 2010	112
G. Enseñanza de la Ingeniería y la Gestión de Proyectos	116
H. Publicaciones del Instituto de Ingenieros de Chile	120

GLOSARIO

ABC	: <i>Associated Builders and Contractors</i>	FSU	: Unidad de Almacenamiento Flotante
AGC	: <i>Associated General Contractors of America</i>	GNLM	: Gas Natural Licuado de Mejillones
AID	: Asociación Internacional de Desarrollo	IPA	: <i>Independent Project Analysis</i>
AOX	: Compuesto Órgano-Clorados	MOP	: Ministerio de Obras Públicas
BID	: Banco Interamericano de Desarrollo	NGC	: Caldera de poder e Incinerador de Gases no Condensables
BOT	: <i>Build, Operate and Transfer</i> (Construir, Operar y Transferir)	NEC3	: <i>New Engineering Construction Contract</i>
CELCO	: Celulosa Arauco y Constitución S.A.	NSPE	: <i>National Society of Professional Engineers</i>
CMAA	: <i>Construction Management Association of America</i>	OECD	: <i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
CONAMA	: Comisión Nacional del Medio Ambiente	OECD	: <i>Overseas Economic Cooperation Fund</i>
COREMA	: Comisión Regional del Medio Ambiente	PCC	: Punto de Comando Centralizado
D&B	: <i>Design and Build</i> (Diseñar y Construir)	PCT	: Programa de Cooperación Técnica
DBO	: Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEP	: Plan de Ejecución del Proyecto
DCN	: División CODELCO Norte	PMI	: <i>Project Management Institute</i>
DQO	: Demanda Química de Oxígeno	PPP	: <i>Public/ Private Partnership Projects</i> (Proyectos de Asociación Pública Privada)
DRB	: <i>Dispute Review Board</i> (Panel Revisor de Disputas Contractuales)	PTUS	: Plan de Transporte Urbano de Santiago
EIA	: Estudio de Impacto Ambiental	SIC	: Sistema Interconectado Central
EPC	: <i>Engineering, Procurement and Construction</i> (Ingeniería, Compras y Construcción)	SING	: Sistema Interconectado del Norte Grande
EPCM	: <i>Engineering, Procurement, Construction and Management</i> (Ingeniería, Compras y Administración de la Construcción)	STAKEHOLDERS	: Grupos de Interés
FAST-TRACK	: Vía Rápida	TRADE-OFFS	: Análisis de costo beneficio
FEL	: <i>Front End Loading</i>	TRS	: Compuestos de Azufre Reducido
FIDIC	: <i>Federation Internationale de Ingenierus Conseils</i>	TSS	: Sólidos Suspendidos Totales
		UACH	: Universidad Austral de Chile
		VCP	: Vicepresidencia Corporativa de Proyectos

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. Dante Bacigalupo Marió, Daniel Barría Iroumé, Alexandra Belaúnde Doyharcabal, Fernando Bravo Fuenzalida, Juan Enrique Cannobbio Salas, Alex Chechilnitzky Zwicky, Andrés Fuentes Torres, Alejandro Gómez Arenal, Germán Millán Pérez, Ricardo Nicolau del Roure García de Castro, Mauricio Sarrazin Arellano, Raúl Tejeda Sanhueza, Ximena Vargas Mesa, Teodoro Wigodski Sirebrenik y Luis Valenzuela Palomo.

También se hace extensivo el agradecimiento a los ingenieros Srs. Tomás Guendelman Bedrack, Frederik Janssens y Bruno Behn Theune, por sus contribuciones a capítulos específicos del informe.

Finalmente, al Ingeniero Sr. Raúl Uribe Sawada, 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. Se hace extensivo este reconocimiento al Sr. Carlos Gauthier Thomas, por el apoyo prestado al Sr. Uribe en su labor.

1

INTRODUCCIÓN

Desde su fundación, hace 124 años, el Instituto de Ingenieros de Chile ha tenido como objetivos principales contribuir a la excelencia de la ingeniería y de su enseñanza y al desarrollo del país. Sobre la base de estos tres pilares el Instituto lleva a cabo sus actividades, principalmente por medio del trabajo de Comisiones de Estudio que elaboran informes sobre temas de interés nacional, que son entregados a las instituciones públicas y privadas más relevantes y luego difundidos al país a través de su página web, la Revista Chilena de Ingeniería, los Anales del Instituto de Ingenieros de Chile y mediante publicaciones especiales.

De estos grupos de estudio han surgido iniciativas notables, como la Política Eléctrica Chilena (1935) y el primer Plan Nacional de Electrificación del País (1939), la propuesta de creación de ENDESA (1945), de ENAP (1950) y de ENTEL (1964), la Política Nacional de Riego (1970) y otras de similar importancia. En la última década el Instituto ha formulado significativas propuestas para el desarrollo de las telecomunicaciones, para sentar las bases del ordenamiento ambiental, para el abastecimiento de energía, para la modernización del Estado, para la innovación, así como varias otras, algunas de las cuales se indican en el Anexo H «Publicaciones del Instituto de Ingenieros de Chile». Se debe destacar que varias de las propuestas que contienen los documentos emanados del Instituto se han anticipado en varios años a situaciones que el país ha debido enfrentar posteriormente.

También debe mencionarse, como aporte al debate nacional de materias de interés general, la publicación por parte del Instituto de informes y libros en campos no tradicionalmente asociados a la ingeniería, como son la serie de conferencias y seminarios en torno al tema «Nuevos Paradigmas a Comienzos del Tercer Milenio»; el informe sobre el Sistema de Salud en Chile, con 10 propuestas concretas de cambios; el seminario «Chile Supera la Encrucijada, Retos y Decisiones», iniciativa llevada a cabo por sugerencia del ex Presidente de la República Sr. Patricio Aylwin.

De la misma forma, y de acuerdo con uno de sus principios fundacionales, el Instituto formula periódicamente planteamientos destinados a la renovación y mejoramiento de la ingeniería, tanto en su ejercicio como en la enseñanza de la profesión.

En el contexto indicado y ante el hecho de que en las últimas décadas el país ha conocido diversos casos de proyectos de interés nacional que han sido percibidos por la opinión pública como de desempeño insatisfactorio o inclusive inaceptable, el Instituto ha considerado conveniente prestar una especial atención a estas manifestaciones y preguntarse si estos hechos serían el resultado de un deterioro gradual de la calidad y capacidad de la ingeniería nacional o si más bien estos pudieran responder a circunstancias especiales ajenas a la ingeniería o a dificultades que se pudieran considerar imprevisibles o inusualmente complejas.

La circunstancia que en un período relativamente reducido, especialmente en las dos últimas décadas, se haya materializado en el país un número significativo de grandes proyectos de infraestructura, podría explicar el incremento en el número de proyectos percibidos como de cometido deficiente, pero el Instituto ha estimado que esto, en ningún caso, podría justificar algunas de las dificultades encontradas.

Por otro lado, en los proyectos de inversión industrial llevados a cabo por las grandes empresas, tanto estatales como privadas, también se han presentado problemas, la mayor parte de ellos asociados a los plazos, implementación y su puesta en marcha, o a costos de capital superiores a los considerados en el momento de la aprobación de la inversión, así como también a conflictos contractuales entre los actores involucrados y en algunos casos al rechazo u oposición de la comunidad.

Ante estas circunstancias, el Instituto ha considerado de interés analizar por lo menos algunas de las situaciones mencionadas intentando identificar aquellos factores que determinan el éxito de un proyecto y que en su ausencia pueden llevarlo al fracaso, con la finalidad principal de que los errores que se pudieran haber cometido no se vuelvan a repetir en el futuro.

Para cumplir con este objetivo el Instituto de Ingenieros de Chile designó la Comisión «Desafíos Recientes de la Ingeniería en Chile», compuesta por distinguidos profesionales con gran experiencia en el desarrollo y materialización de proyectos, tanto de infraestructura pública como privada, así como también de proyectos de inversión asociados a diversas áreas de la industria nacional.

CONCLUSIONES PRINCIPALES

- El principal factor condicionante del éxito o fracaso relativo de los proyectos de inversión se relaciona, en la mayoría de los casos, con la conceptualización y la gestión de los mismos más que con defectos o carencias en los diseños de ingeniería.
- Lo anterior es válido, no solamente para proyectos de inversión pública, también importantes proyectos de inversión del área productiva demuestran que los proyectos de inversión, en general, pueden tener resultados con diferentes grados de satisfacción, dependiendo de que se hayan aplicado o no las buenas prácticas de la gestión de proyectos.
- En el ámbito público, el cumplimiento de presupuestos y de plazos no es garantía de que los proyectos puedan ser percibidos como exitosos por la comunidad. El concepto de éxito de un proyecto, está más bien relacionado con el cumplimiento de las expectativas creadas, al proponerse un proyecto, en un vasto espectro de interesados o «*stakeholders*». Por otra parte, en el ámbito productivo, el éxito se medirá más bien por el cumplimiento de la capacidad productiva y los costos de operación asociados, más allá del cumplimiento del presupuesto y plazo de la etapa de inversión.
- Se advierte en muchos casos un desconocimiento de las buenas prácticas de conceptualización y gestión de proyectos. Además, se confirma que la Gestión de Proyectos de Inversión no se aborda adecuadamente, o no se aborda en absoluto, en la mayoría de las Escuelas de Ingeniería del país, algo preocupante, considerando que en una alta proporción son ingenieros quienes actúan en la dirección de proyectos de inversión.
- Aspectos relacionados con la cultura de gran parte de las instituciones públicas y privadas del país ha impedido que se difundan y discutan ampliamente las experiencias positivas o negativas de muchos de los proyectos de inversión, perdiendo así el país la valiosa oportunidad de mejorar progresivamente en la gestión de los mismos.

ASPECTOS MÁS CRÍTICOS EN LA GESTIÓN DE LOS PROYECTOS ANALIZADOS

- La falta de precisión, claridad y consistencia en la definición de los **Objetivos del Proyecto** y comunicación de los mismos, es decir, una débil conceptualización del proyecto y el negocio.
- La existencia o no de una **Gerencia de Proyectos** con experiencia, autoridad y respaldo de las instancias superiores de la organización. Respaldo que debe ser complementado con los recursos humanos y económicos necesarios para llevar adelante el proyecto. Es importante precisar que la autoridad no sólo se define frente a los consultores y contratistas, sino también frente al área operativa, cuando se trata de un proyecto que se inserta dentro de un ambiente productivo.
- En varios de los casos analizados se detecta que faltó la elaboración temprana de un completo **Plan de Ejecución del Proyecto** que permita planificar adecuadamente las principales fases e interrelaciones del proyecto y su trayectoria crítica, y que deje clara constancia de los supuestos sobre los cuales fue elaborado. Estos supuestos permitirán al tomador de decisiones evaluar adecuadamente el nivel de riesgo asociado a la ejecución e implementación del proyecto.
- Una adecuada **Estrategia y Gestión de Contratos** con especial atención a la estrategia de contratación de la ingeniería en las etapas de preinversión y en la etapa de ejecución inversional.
- La realización de **Análisis de Riesgo y de Oportunidades** y la gestión de éstos en las diferentes etapas de un proyecto, es una práctica no considerada en muchos de ellos. En algunos, esta práctica se limita al análisis de riesgos operacionales. Esto, no obstante que existe una madurez en el conocimiento de análisis de riesgo, pero no se percibe la utilidad de su gestión.

ALGUNAS RECOMENDACIONES

- Incentivar el análisis, discusión y difusión de los resultados, al término de los proyectos de inversión, a fin de que lleguen a constituir una parte integral del proceso de mejoramiento progresivo de la gestión de proyectos. Una tarea donde deberían estar involucradas las instituciones públicas y privadas responsables de proyectos de inversión, así como las asociaciones gremiales y profesionales interesadas, como la Cámara Chilena de la Construcción, la Asociación de Empresas de Ingeniería de Chile, la Asociación de Oficinas de Arquitectura de Chile, los Colegios Profesionales, el Instituto de Ingenieros de Chile, el Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, las Facultades de Ingeniería, de Arquitectura y de Ingeniería Comercial; instituciones como ICARE, CORFO y otros.
- Difundir, a nivel nacional, el conocimiento de las buenas prácticas de la gestión de proyectos incluyendo, entre otros, aspectos tales como su conceptualización, el análisis de costos, el análisis de riesgo y la estrategia/gestión de contratos de ingeniería y construcción.
- Introducir los conceptos de gestión de proyectos al interior de las Facultades de Ingeniería y otras, mediante la discusión de casos de proyectos reales como parte del currículo de la carrera de ingeniería. Incluir el análisis de resultados de los proyectos de inversión como temas de investigación y tesis de grado.
- Se recomienda, además, difundir los aspectos legales y de responsabilidad asociados a los diferentes tipos de contrato, tanto de ingeniería como de construcción.
- Se recomienda establecer un Código de Ética para los gestores de proyectos, que promueva, sobre todo, la seguridad de las personas y la adecuada relación con el medio ambiente y la comunidad, en la futura construcción y operación del proyecto, y que enfatice un actuar constante que incorpore las buenas prácticas de la industria y el proceso de mejoramiento continuo.

LA INGENIERÍA EN EL DESARROLLO DE CHILE

2

Desde fines del siglo XIX, el país ha sido testigo del gran y destacado aporte de la ingeniería nacional en el desarrollo de la infraestructura pública e industrial del país, obteniendo de esta forma un muy merecido prestigio, no sólo en Chile sino también en el mundo y en especial en América Latina.

En particular, la ingeniería chilena ha tenido un permanente desarrollo en diferentes áreas, destacándose su rol impulsor de importantes iniciativas, tales como: red nacional de ferrocarriles, red de alcantarillado de Santiago, sistemas de riego en la agricultura como iniciativa privada, electrificación del país, red de puertos, redes de agua potable y sistemas de tratamiento de aguas servidas, proyectos petroquímicos, plantas de celulosa, centrales de generación eléctrica, plantas de cemento, refinerías de petróleo, industrias químicas, trenes metro de Santiago y de Valparaíso, red de aeropuertos y muchos otros.

Especial mención cabe hacer al papel de la ingeniería chilena en el desarrollo de la minería del cobre, luego de la nacionalización de esta industria en 1970. El rol fue impulsado por las empresas mineras recién nacionalizadas y luego por la Corporación Nacional del Cobre de Chile, CODELCO Chile que, en corto plazo, implementó no sólo sus propios cuadros de ingeniería sino que también incentivó el crecimiento y fortalecimiento de lo que hoy constituye la prestigiosa y dinámica industria de ingeniería de consulta y de proyectos.

La ingeniería de proyectos de infraestructura, tanto pública como privada, ha contribuido de manera fundamental al desarrollo social y económico del país, consolidando al mismo tiempo un sólido patrimonio tecnológico. Un caso que amerita ser especialmente destacado es el proyecto de las concesiones de obras de infraestructura pública, impulsado por el Ministerio de Obras Públicas de Chile a partir de 1990, lo que le ha permitido al país dar un salto cuantitativo y cualitativo en términos del crecimiento de la red de autopistas y de aeropuertos a lo largo del territorio nacional, otorgando un servicio de alta calidad. El país se encuentra actualmente iniciando lo que se ha denominado la segunda generación de las concesiones de servicios públicos, con recintos carcelarios y hospitalarios. Cabe destacar que Chile y el Reino Unido, lideraron mundialmente esta tendencia, que hoy se extiende por varios otros países.

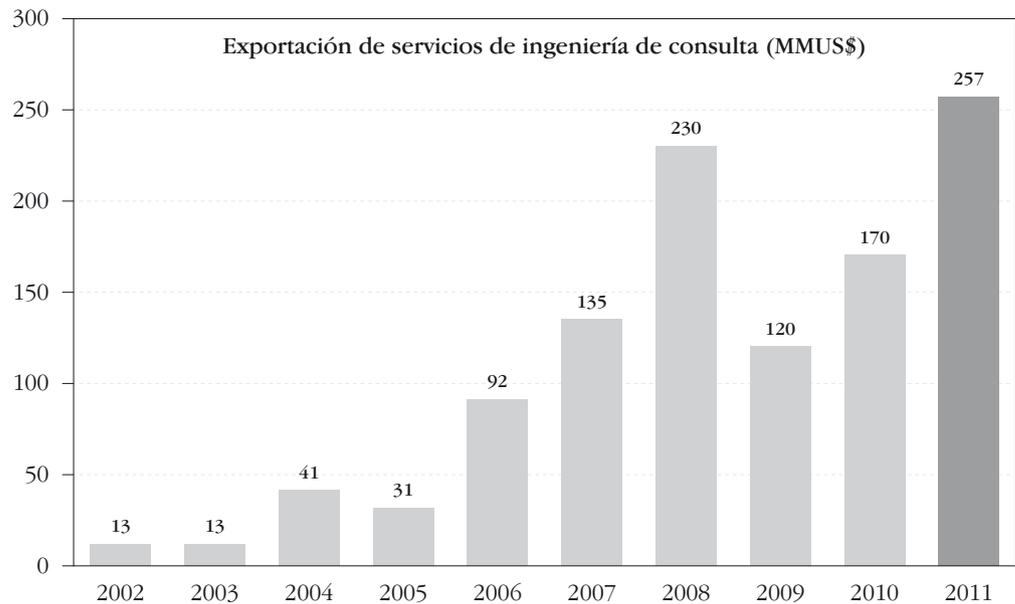
De gran importancia ha sido también la participación de la ingeniería nacional en la modernización de la industria sanitaria del país. Este proceso, que tuvo un acelerado desarrollo entre los años 1999 y 2005, permitió alcanzar niveles de cobertura y de calidad de servicio con estándares a nivel mundial, con una inversión sobre los 2.500 millones de dólares y todavía creciendo en 1.000 millones de dólares adicionales hacia el año 2011. La cobertura actual de agua potable es prácticamente total, alcanzando además un 96% en alcantarillado y un 85% en tratamiento de aguas servidas recolectadas. Este mejoramiento se extendió a la gestión de las empresas sanitarias regionales donde la participación del sector privado en la propiedad o en las concesiones de los servicios sanitarios ha sido también un factor de importancia.

El excelente comportamiento de las estructuras, edificios e infraestructura, durante el violento sismo del 27 de febrero de 2010, uno de los 6 sismos de mayor magnitud registrados en la historia sísmica mundial, ha demostrado, además, que la ingeniería chilena

de diseño se ha desarrollado aun alto nivel, comparable al de los países más desarrollados (Kawashima et al., 2010)¹. En el Anexo F del presente informe se comenta esta situación en más detalle.

Es así como la ingeniería chilena ha alcanzado un considerable prestigio nacional e internacional, siendo el grado de avance de la misma una de las bases en que se ha sustentado el desarrollo del país. Como confirmación de este prestigio, se puede citar el espectacular crecimiento de la exportación de servicios de Ingeniería de Consulta y de Proyectos en los últimos 10 años, alcanzando en el año 2011 una cifra del orden de los 260 millones de dólares anuales.

**FIGURA 2-1.
INGENIERÍA
DE PROYECTOS
EN LOS ÚLTIMOS
10 AÑOS**



Fuente: Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile A.G. 2012.

¹ Kawashima, K., Unjoh, S., Hoshikuma, J. and Kosa, K. (2010). «Damage of Transportation Facility due to 2010 Chile» (Presentation). Earthquake Bridge Team Dispatched by Japan Society of Civil Engineers, April 5.

CONSIDERACIONES SOBRE LA SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROYECTOS

3

Las consideraciones anteriores sobre el positivo desarrollo de la ingeniería en Chile no parecen ser consistentes con el hecho que algunos proyectos relativamente recientes hayan presentado un desempeño poco satisfactorio y a veces inaceptable, al menos para algunos sectores de la comunidad nacional. Es precisamente esta inconsistencia la que hace imperativo analizar los factores que han determinado ese cometido. Se consideró que a partir de este análisis debían surgir necesariamente lecciones que era conveniente rescatar, con el fin de implementar, en los futuros proyectos, las medidas para evitar la repetición de las deficiencias observadas o para aprovechar las lecciones positivas derivadas de los casos exitosos.

Se han incluido en el informe aquellos tipos de proyectos que culminan en la construcción de una obra civil, industrial o minera, la instalación de equipos y finalmente en la operación de los mismos, a fin de producir un servicio o un bien que contribuya a aumentar el patrimonio del país, ya sea en términos de mejorar las condiciones de vida de sus habitantes o de incrementar la actividad económica de éste. Proyectos típicos considerados en este trabajo han sido proyectos de inversión en carreteras, autopistas y ferrovías, proyectos de obras sanitarias, proyectos industriales, proyectos mineros y otros de similar naturaleza.

El análisis de los proyectos se ha efectuado teniendo como referencia las buenas prácticas de la ingeniería de proyectos y en especial las tendencias modernas que se refieren a su gestión integral y a las recomendaciones de diversas instituciones internacionales que se dedican al análisis de éstos temas.

La Comisión tenía dos alternativas básicas para la elaboración de su estudio, así como para la presentación de sus conclusiones y recomendaciones:

- a. Referirse a los proyectos en forma amplia, sin identificar los casos específicos analizados, y elaborar conclusiones de tipo general basadas en la discusión de las teorías y normas de la práctica de la ingeniería de proyectos o, alternativamente,
- b. Usar como ejemplos los casos reales analizados para que las conclusiones y recomendaciones fueran claramente entendidas por los lectores del informe, los cuales pueden responder a muy distintas formaciones y experiencias profesionales.

Reconociendo las dificultades de la segunda alternativa, principalmente en lo que se refiere a la obtención de la información de detalle de los casos analizados, se estimó que aun así, esa alternativa permitía de mejor manera llegar a alcanzar el objetivo principal, que es el de dar a conocer las lecciones aprendidas en diversos proyectos de importancia, con el fin de que, en el futuro, se consideren los factores que condicionan la ejecución eficiente o deficiente de los mismos. Este ha sido el objetivo último del trabajo y por ello, obviamente, no interesan ni se han abordado los aspectos relacionados con las responsabilidades que diferentes actores pudieran haber tenido en ellos.

Para mayor claridad, principalmente en lo que se refiere a las conclusiones generales y a las recomendaciones que se derivan del Estudio, se consideró conveniente usar como ejemplos diversos proyectos emblemáticos, en la confianza que de esa forma se

entenderán de mejor manera las características de los factores que inciden en los mismos. Sin embargo, debe tomarse debida nota del hecho que, en general, existe muy poca información disponible sobre los grandes proyectos de inversión, en especial los privados, y por lo tanto se podría llegar a estimar que la selección de los casos analizados pudiera no ser completamente representativa del total de los proyectos realizados en el país. Debe por tanto tenerse en cuenta que ellos han sido seleccionados porque de los mismos se dispone de un mínimo de información pública. Estos casos han sido utilizados con fines didácticos y principalmente a modo de ejemplos, sin pretender realizar un estudio estadístico de la realidad del total de los proyectos ejecutados.

En el sentido señalado, también debe destacarse de que es posible, ante las dificultades en obtener información detallada de los proyectos en un plazo compatible con los objetivos del Estudio, que la Comisión haya accedido a información incompleta o limitada en algunos de los casos que se comentan.

Se ha constatado a este respecto que existe una menor dificultad en encontrar información de proyectos del área pública, los cuales en general, por requerimientos legales y administrativos, deben cumplir con procedimientos de transparencia, que permite en la mayoría de las veces acceder libremente a los documentos originales del proyecto. Por otra parte, en el caso de proyectos de inversión del sector productivo, tanto estatal como privado, hay áreas en que existe gran celo por mantener la confidencialidad de los proyectos, especialmente si éstos han enfrentado dificultades, ello debido al medio altamente competitivo en que desarrollan sus actividades. En este contexto, las dificultades de acceso a información antes descritas han impedido que el país aproveche integralmente las lecciones aprendidas a partir de los problemas encontrados en el desarrollo de los proyectos.

Subsanar al menos en parte esta situación justifica, en opinión de la Comisión, la elaboración de este informe en base al análisis de casos utilizados como ejemplo, aceptando que en varios de ellos no se dispone de toda la información que hubiera sido deseable tener, priorizando el carácter didáctico de los casos-ejemplo sobre la precisión de la información utilizada. En este sentido la Comisión hace notar que los antecedentes y opiniones incluidos en el presente informe no pueden ni deben ser utilizados para ningún otro fin que no sea el ya comentado.

ALCANCES SOBRE LAS MEJORES PRÁCTICAS EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

4

Ya desde el inicio del trabajo de la Comisión, y después de revisados los casos de varios proyectos desarrollados en el país con diversos grados de estados de avance, fue evidente que los problemas que han afectado a la mayoría de los proyectos con desempeño insatisfactorio, no están relacionados con deficiencias en la ingeniería de diseño (ingeniería dura) sino que con problemas de gestión de proyecto. Inclusive cuando han existido problemas serios de diseño de ingeniería, los mismos han estado estrechamente relacionados con una deficiente gestión general del proyecto.

Por lo anterior, es importante destacar que el análisis de los proyectos de inversión seleccionados como ejemplos en el Capítulo 5, se ha realizado utilizando como marco general de referencia las «Mejores Prácticas en la Gestión de Proyectos de Inversión» que se comentan en el Anexo A de este informe; se resumen a continuación los conceptos más importantes para una mejor comprensión del análisis que, en los siguientes capítulos, se realiza de los proyectos de inversión.

Como se mencionó anteriormente, este informe considera que un proyecto de inversión es *«un emprendimiento temporal, con un principio y un fin definido, y concebido para crear un determinado producto, servicio o resultado y que para su materialización requiere del diseño, construcción y operación de instalaciones físicas y equipos de diversa naturaleza»*. Por lo tanto no se ha incluido en el análisis otra clase de proyectos como, por ejemplo, proyectos de gestión u otros que no contemplan la construcción de instalaciones físicas ni montaje de equipos productivos de relevancia.

Las mejores prácticas de la ingeniería en la formulación, desarrollo y gestión de proyectos de inversión han sido reconocidas por varias organizaciones e instituciones internacionales, siendo una de ellas el Project Management Institute o PMI, que difunde estas buenas prácticas, elabora procedimientos para guiar la gestión de proyectos, y certifica a profesionales en Project Management². Otra institución que aborda el tema es la Independent Project Analysis, Inc. o IPA, que analiza proyectos de inversión en cada una de sus etapas, desde la de preinversión y hasta el cierre de la ejecución, consolidando así una base de datos internacional de más de 11.000 proyectos industriales³. En el Anexo B «La Sutil Frontera entre el Éxito y el Fracaso de un Megaproyecto» se presentan las principales causas de fracasos en los proyectos de inversión a nivel internacional⁴.

Las mejores prácticas en el desarrollo y gestión de proyectos de inversión reconocen que un buen proyecto se caracteriza por la elaboración progresiva del mismo, la que se implementa por fases y etapas incrementales, en que cada una de ellas se apoya en una o varias fases y etapas anteriores, existiendo condiciones que deben cumplirse al inicio de cada una, para garantizar el adecuado comportamiento del conjunto.

El éxito de un proyecto depende de muchos factores, en primer lugar de las personas involucradas en el proyecto, en particular del liderazgo y competencia de los que

² Fuente: PMI® www.pmi.org [<http://www.corepmsa.com/index.php?leng=es&modulo=47&id=134>].

³ Fuente: <http://www.ipaglobal.com/Industries/Pharmaceuticals>

⁴ «Industrial Megaprojects» (2011) de E.D. Merrow, fundador de IPA.

ejercen autoridad, tanto por el lado del dueño como por el lado de los ejecutores, lo que se debe reflejar en una organización eficaz y efectiva, en un buen estudio preinversional, en una relación oportuna y de entendimiento con los distintos grupos de interés, en una útil planificación y control de costos, tiempos, calidad y recursos, y en una excelente ejecución y gestión de riesgos y oportunidades.

Entre todos los factores se debe destacar la importancia fundamental que tienen las fases de la etapa preinversional del proyecto, donde se establecen los objetivos y se define, evalúa y decide la solución más adecuada para el proyecto, ya que es en esta etapa donde existen las mejores oportunidades y el mayor potencial para agregar valor al negocio para el cual se realizará el proyecto, al menor costo y un mínimo riesgo. En contraste, en la etapa inversional del proyecto, el margen de agregación de valor al negocio es relativamente bajo y existe un alto riesgo de perder valor por una deficiente gestión del proyecto en aspectos técnicos, económicos, ambientales o sociales que afectan el cumplimiento de los objetivos del proyecto, lo que redundará al final en mayores costos y tiempos de ejecución a los presupuestados, como también en problemas de calidad. Lo anterior, así como otros conceptos que se mencionan a continuación, tienen su demostración práctica en los ejemplos proporcionados por los proyectos analizados y que se comentan en el Capítulo 5.

Un concepto a destacar en las **mejores prácticas**, es la necesidad de realizar una «**gestión integral de proyecto**» en todo el ciclo de vida de éste, que incluye aspectos más amplios que aquellos relacionados directamente con la gestión del desarrollo físico del proyecto, tales como, la gestión social y ambiental, la gestión legal y contractual con los trabajadores, contratistas y proveedores, entre otras.

También es muy importante en este ámbito realizar una adecuada «**gestión del riesgo y oportunidades del proyecto**», para evitar oportunamente posibles pérdidas o deficiencias del proyecto, así como para aprovechar las oportunidades de incrementar los beneficios del proyecto a medida que éste se desarrolla.

En la fase inicial del proyecto la adecuada definición de los **objetivos** es fundamental ya que el resultado final del emprendimiento deberá medirse a la luz de esa definición. Para lograr esto, es imprescindible que haya un alineamiento entre el grupo ejecutor y el cliente o dueño, para contar con una misión clara para todos y se establezcan explícitamente los objetivos de todas las partes.

En la formulación y desarrollo del proyecto resulta de suma importancia considerar y realizar una gestión con los diversos grupos de interés del proyecto («*stakeholders*») que pudieren ser afectados o beneficiados con el mismo, tales como, las comunidades vecinas, las autoridades, los trabajadores, los contratistas y proveedores, los accionistas, los clientes y las organizaciones no gubernamentales, cuyos intereses y posiciones pueden ayudar o entorpecer el proyecto.

Para una toma de decisión objetiva respecto de la aprobación del proyecto a ejecutar o implementar, se debe disponer de una correcta planificación de las actividades, así como de un modelo adecuado para el control de los costos, plazos y calidad. Estos atributos son fundamentales para el éxito del proyecto, junto con una adecuada gestión de los riesgos y oportunidades, previamente identificados y valorados en la etapa preinversional. Dentro de este concepto, no se puede dejar de destacar la importancia que tiene que el proyecto cuente desde un inicio con un completo «**Plan de Ejecución del Proyecto**» o PEP.

Desde otro punto de vista, y en forma complementaria, los proyectos de inversión pueden ser vistos como una red de clientes y servidores en pos de metas y objetivos comunes. Para el éxito del emprendimiento es, por lo tanto, fundamental contar con una matriz que claramente identifique la responsabilidad de cada uno de los participantes (consultores, proveedores, contratistas y también del equipo del cliente o dueño) y luego una alta calidad de las relaciones contractuales en dicha red, en términos de competencias de

los proveedores de bienes y servicios, de calidad y oportunidad de entrega de los productos, del cumplimiento de obligaciones y responsabilidades, de la gestión y financiamiento de los recursos, y de la adecuada gestión de los riesgos en manos de aquellos que mejor pueden controlarlos y enfrentar eventuales pérdidas. Lo anterior requiere de una adecuada planificación de los contratos, selección de la mejor modalidad de éstos y de un conjunto de cláusulas que permitan maximizar la creación de valor en el desarrollo del proyecto, asociado a una justa retribución y reconocimiento por los servicios o bienes entregados.

En definitiva, el proyecto podrá ser considerado exitoso, en la medida de que se cumplan los objetivos del mismo. Desde un punto de vista más amplio se puede decir que el grado de éxito o fracaso de un proyecto dependerá de cuán lejos resultan estar las expectativas creadas por él y los resultados del mismo.

Un resultado que coincide con las expectativas correspondería a un 100% de satisfacción (o pleno éxito). A partir de cierto porcentaje del grado de satisfacción, bajo el 100%, se podrá considerar como falla del proyecto, siendo que tal porcentaje varía para los distintos tipos de proyectos y para diferentes variables de comparación (costo, rentabilidad, plazo, seguridad, aceptación pública, etc.).

Como ejemplo de lo anterior se puede citar el caso de grandes proyectos de inversión industriales, en los cuales un desvío de 25% en el costo final de inversión o en el plazo de implementación del mismo, o la presencia de problemas significativos en la operación, son considerados por el IPA como el límite entre éxito y fracaso, existiendo toda una gama de valores o grados de satisfacción (o de insatisfacción) por encima y por debajo de dicho límite subjetivo. El IPA ha estudiado estos aspectos y su estadística de los resultados de grandes proyectos de inversión, principalmente industriales, ha mostrado que aproximadamente sólo el 45% de los proyectos estudiados (de una base de 300 megaproyectos de inversión) han obtenido resultados satisfactorios.

Pero, evidentemente, puede haber también otros parámetros, no económicos, para estimar el grado de satisfacción. En un proyecto de un sistema de servicio público, la diferencia que el público pueda percibir entre la expectativa creada al inicio del proyecto y el resultado final en términos de servicios, puede ser la variable más importante al determinar el grado de satisfacción de ese proyecto.

En el Anexo C «Gestión de Contratos y Nuevas Tendencias en la Generación de Proyectos» se incluye una presentación de los aspectos de gestión de contratos, como marco de referencia a algunos de los análisis y comentarios que se indican en los análisis de los proyectos ejemplo, así como también se comentan las actuales tendencias en la contratación y gestión de grandes proyectos de inversión; tendencias que traerán nuevos desafíos tanto a la ingeniería como a la gestión de proyectos de inversión.

En el Anexo D «Concepto de Sustentabilidad de los Proyectos» se discute la importancia del concepto de sustentabilidad en los proyectos de inversión, otro de los aspectos que tiene gran relevancia, como se aprecia en varios de los casos analizados.

5

EJEMPLOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN RECIENTES

Tal como se indicara previamente, para fines de una mejor comprensión del desarrollo y conclusiones de este informe, se consideró de interés incluir el análisis de algunos ejemplos reales de proyectos de inversión, tanto de buen desempeño relativo como también de algunos que pudieran calificarse de deficientes.

La selección de los casos trató de incluir, en la medida de lo posible, proyectos representativos de diferentes áreas, tanto públicas como privadas, de los cuales existiera un mínimo de información pública disponible. Los ejemplos analizados fueron finalmente 11, que representan a los sectores de transporte público, servicios sanitarios, industrial privado, obras públicas y minería.

Los proyectos específicos que se analizan desde la perspectiva anotada en el presente informe, son los siguientes:

- 5.1. Sistema de Transporte Público de Santiago - TRANSANTIAGO.
- 5.2. Tren Urbano Valparaíso - MERVAL.
- 5.3. Saneamiento Gran Valparaíso - ESVAL.
- 5.4. Saneamiento Gran Santiago - Aguas Andinas.
- 5.5. Puente Loncomilla - MOP.
- 5.6. Sistema Chileno de Concesiones de Obras Públicas - MOP.
- 5.7. Estación de Transferencia M1 K1 Chuquicamata - División CODELCO Norte.
- 5.8. Cambio Tecnológico Proceso Electro Refinación - División CODELCO Norte.
- 5.9. Mina y Planta Radomiro Tomic - CODELCO Norte.
- 5.10. Planta de Regasificación de Gas Natural Licuado de Mejillones - GNLM.
- 5.11. Planta Celulosa Valdivia - Celulosa Arauco.

La Comisión encargada del estudio y de la edición de este informe hubiera deseado incluir otros ejemplos de proyectos de la gran minería y de la industria productiva, tanto exitosos como insatisfactorios, sin embargo no fue posible obtener la información mínima necesaria para realizar su análisis.

Se destaca el hecho de que los factores de buen o deficiente cometido identificados en el análisis de los proyectos seleccionados como ejemplos, no son exclusivos de ellos, sino que están presentes, de alguna forma, en la mayoría de los proyectos de inversión. Recurrir al análisis de los proyectos específicos seleccionados como ejemplos, sólo responde a la convicción acerca de la necesidad de ilustrar las conclusiones generales del informe haciendo referencia a proyectos reales reconocibles por el lector.

Este informe pretende crear conciencia en las instituciones públicas y privadas de la importancia de aprender de las experiencias pasadas, como una forma de mejorar progresivamente la formulación, ejecución y gestión de los proyectos y el ahorro de recursos, evitando al mismo tiempo que se repitan errores, aumentando el grado de satisfacción y aceptación por parte de los usuarios de ellos e impactando positivamente en la competitividad del país.

La falta de información disponible y accesible llevó en algunos casos a recurrir a antecedentes no oficiales o indirectos de otros trabajos relacionados como Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y otros. Se está consciente, en este escenario, que se pudieran haber cometido algunas imprecisiones u omisiones al no disponer de la información completa, pero se ha adquirido la convicción que el aporte de un análisis como el efectuado, que permitió identificar los principales factores determinantes del desempeño relativo de los proyectos de inversión, compensa con creces las imprecisiones en que se pudo incurrir.

Como consecuencia de lo explicado en el párrafo anterior, los juicios o comentarios contenidos en este informe han sido hechos con un objetivo principalmente de carácter didáctico y ejemplarizador, razón por la cual ninguna de las conclusiones, opiniones o comentarios emitidos podrán ser comprendidos fuera del contexto del informe, ni pueden ser usados fuera de este contexto para otros fines o propósitos.

En el Anexo E «Descripción Resumida de los Proyectos Seleccionados» se describen las principales características de los proyectos seleccionados como ejemplo, de la forma en que se conocieron por parte de la Comisión, y a continuación se incluyen los principales comentarios sobre cada uno de ellos. Los Anexos E 1 a E 11 presentan dicha información. El análisis de los proyectos fue realizado en base a talleres de análisis en los que participaron cerca de 15 ingenieros, todos con experiencia en la gestión de proyectos y con una importante trayectoria profesional.

Como ya se ha mencionado, los proyectos se analizaron teniendo como marco de referencia los conceptos modernos de Gestión Integral de Proyectos y sus componentes de Gestión de Procesos del Ciclo de Vida del Proyecto, Gestión del Valor, Gestión de Funciones y Gestión de Riesgos y Oportunidades, de acuerdo con lo que se comenta en mayor detalle en el Anexo A «Mejores Prácticas en la Gestión de Proyectos de Inversión».

Es evidente que los proyectos de inversión más importantes en el país se dan en la minería, por el gran desarrollo de ella; sin embargo, esta industria guarda celosamente los varios casos de proyectos con resultados poco satisfactorios, o de fracasos, que han ocurrido. En ese sentido, a la Comisión le pareció que la experiencia de CODELCO resultaba particularmente interesante por la variedad de sus proyectos y por el hecho de que respecto de algunos de sus proyectos, tanto exitosos como poco satisfactorios, existe cierto conocimiento mínimo, parte del cual está disponible en documentos públicos.

Por otra parte, el hecho de que se hayan seleccionado proyectos mineros sólo de CODELCO, no significa que los casos de proyectos poco satisfactorios sean exclusivos de esa empresa en particular. De hecho, de acuerdo a información de IPA, un porcentaje importante, del orden del 45% de todos los megaproyectos industriales, incluida la industria minera, ha tenido problemas y resultados poco satisfactorios, por lo menos en términos de montos finales de inversión y costos y plazos de implementación, que han superado el 25% de lo estimado inicialmente o que han tenido problemas significativos en la etapa de operación.

Finalmente la Comisión decidió seleccionar cuatro proyectos de CODELCO: dos considerados exitosos y dos con resultados poco satisfactorios. De esta manera, al tratarse de proyectos desarrollados en una misma empresa, quedarían mucho más claras las conclusiones sobre los factores que habrían determinado el comportamiento de ellos.

En general, el grado de satisfacción o de éxito de cada uno de los proyectos será considerado bajo el concepto de la importancia relativa de la diferencia entre las expectativas que generó el proyecto y los resultados del mismo, reconociendo que ese grado de satisfacción puede ser diferente para los distintos «*stakeholders*», dependiendo precisamente de cuáles fueron sus expectativas. Una determinada obra pública, por ejemplo, podrá ser juzgada bajo el prisma del mandante (un Ministerio o Servicio Público), o del

usuario, o de las instituciones encargadas de velar por el eficiente y correcto uso de los fondos públicos. Inclusive para proyectos de inversión privada puede existir más de una visión posible como ser el monto final de inversión, costos, plazos, eficiencia operacional, grado de aceptación por la comunidad y otros.

En noviembre de 2011 durante una convención del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile el ingeniero Christian Thiele, a la sazón gerente general de Minera Esperanza, realizó una valiosa presentación en la que expuso y analizó las lecciones aprendidas en la etapa del proyecto Esperanza. Este caso constituye uno de los pocos ejemplos que existe en el país donde se ha discutido el aprendizaje de la etapa de proyecto en 7 grandes temas: EPCM e ingeniería; Construcción; Organización y gestión; Personas y RR.LL; Gestión de compras y abastecimiento; Definición de proyecto/negocio y Tecnologías.

La especial importancia que este proyecto tiene es que se trata de uno de los proyectos de la minería del cobre que junto con representar una alta inversión de aproximadamente US\$2.600 millones, incluía importantes innovaciones a nivel mundial: uso en el proceso de un 100% de agua de mar sin desalinizar y depósito de relaves espesados a una gran escala no antes experimentada a nivel mundial. Este proyecto si bien cumplió finalmente los principales objetivos del mismo tuvo un período de puesta en marcha superior al estimado originalmente con el consecuente mayor costo para la empresa.

Entre las lecciones aprendidas citadas por el ingeniero Thiele cabe mencionar: necesidad de evaluación de riesgo ante cada cambio de ingeniería; avance de ingeniería de por lo menos 90% antes de iniciar el proyecto; mayores precisiones de responsabilidades en la gestión del contrato EPCM; mayor empoderamiento del gerente de proyecto; administrar adecuadamente diferencias entre proyecto y operación; evaluación y comunicación de la modalidad de *«fast-track»*; explicitar y evaluar los riesgos asociados a cada tecnología utilizada y varios otros. Estas lecciones coinciden en general con las conclusiones alcanzadas por la Comisión en el análisis de los proyectos ejemplo que se comentan en este informe.

5.1. Sistema de Transporte Público de Santiago - TRANSANTIAGO

El objetivo declarado del proyecto, cuando el Gobierno lo presentó en noviembre del año 2000, fue que representaba *«el incentivo al transporte público como medio de transporte principal de la ciudad y la racionalidad al uso del automóvil»*. Este objetivo inicial, fue complementado con diversas declaraciones de altas autoridades políticas y campañas publicitarias donde se prometía que el proyecto TRANSANTIAGO dotaría a la población del Gran Santiago de un sistema de transporte moderno, seguro, amigable, eficiente, confiable y no contaminante, eliminándose para siempre el sistema existente hasta entonces denominado de las «micros amarillas». A continuación se presentan algunos alcances del proyecto, los que se describen en mayor profundidad en el Anexo E 1.

Se trata de uno de los proyectos de infraestructura pública más importante y ambicioso de las últimas décadas, cuyo resultado es percibido prácticamente por todo el país como un fracaso, independientemente de las medidas de corrección que se han tomado, a un gran costo, después de su puesta en marcha en febrero de 2007.

Desde el punto de vista de la Hacienda Pública, se trata también de un proyecto tremendamente insatisfactorio, ya que no ha sido posible colocar límite a las cuantiosas inversiones y gastos que se requieren para tratar de completarlo. Se han sobrepasado largamente los plazos y los costos, a la vez que se han producido serias disputas contractuales que pueden significar costos adicionales significativos.

El análisis de los pasos seguidos en la elaboración de este proyecto ha indicado que, independientemente de que en algunas partes de él se aplicaron tecnologías modernas y procesos de ingeniería adecuados, el global del proyecto contenía, desde el inicio, elementos que comprometían seriamente el cumplimiento de los objetivos declarados.

Existen falencias evidentes en la gestión integral del valor del proyecto. De hecho, al objetivo tan general y ambicioso arriba indicado, complementado por declaraciones aún más ambiciosas, se le impuso una importante restricción: *«el sistema debía autofinanciarse»*. En ese momento el objetivo ó alcance del proyecto debió revisarse y explicitarse. Es evidente que la incompatibilidad entre objetivos y la restricción financiera ya constituía un germen de posible fracaso o resultado futuro deficiente. El costo de utilización de este servicio en sistemas similares en otros países es substancialmente mayor que el valor definido para el TRANSANTIAGO, produciendo una lógica desviación de la restricción impuesta.

Por otro lado, existió también una deficiente gestión integral de funciones, con desaciertos evidentes en los aspectos comunicacionales, financieros, legales (contratos), comerciales y de adquisiciones, los cuales no colaboraron al cumplimiento de los objetivos del proyecto. Las restricciones presupuestarias impuestas por el Ministerio de Hacienda, por ejemplo, impidieron que se pudieran construir a tiempo las vías segregadas, que eran una componente importante del proyecto. La adquisición temprana de los buses llevó a que los mismos se usaran en condiciones absolutamente desfavorables y así muchos otros casos de escasa gestión integrada de funciones. En los contratos elaborados con las empresas de buses no se consideraron los incentivos adecuados a la oferta (operadores o choferes) para captar pasajeros y evitar la evasión, dejando la parte más importante del financiamiento del sistema en manos del comportamiento de la demanda (los usuarios).

Respecto de la gestión del ciclo de vida del proyecto, que es la parte de la gestión más relacionada con los procesos de ingeniería propiamente tales, no se cumplió con la premisa básica de la adecuada gestión de proyectos de inversión, cual es, la necesidad de implementar el proyecto mediante etapas sucesivas, cada una de las cuales debe completarse satisfactoriamente y ser formalmente aprobada antes de iniciar etapas posteriores. La falta de un plan de ejecución del proyecto, completo y consistente con las nuevas definiciones de objetivos y restricciones, es evidentemente una falla importante de la gestión de éste.

Debido a las grandes dificultades enfrentadas, según se comentó, se tomaron muchas decisiones que se apartaban de los supuestos del proyecto original sin que se hiciera análisis de riesgo respecto de esas desviaciones. Por lo tanto, podemos concluir que tampoco hubo una gestión de riesgos y oportunidades.

De todo lo anterior se desprende una serie de faltas a la buena práctica en la ejecución y gestión de proyectos de inversión, que se concentran en lo que se considera la parte fundamental de un proyecto: la adecuada definición de los objetivos y alcances. El objetivo inicial y la serie de objetivos secundarios y restricciones contienen finalmente un alto grado de incompatibilidad e inconsistencia entre ellos, que por sí solos explican en gran parte la evolución que ha tenido este proyecto a la fecha.

Especialmente notoria es la falta de un análisis del comportamiento social frente a un sistema de transporte basado en la confianza mutua entre prestador y usuario, la cual es diferente en Chile que en otros países donde operan sistemas similares. Un análisis de este tipo habría arrojado conclusiones que habrían influido en el diseño del equipamiento, infraestructura y sistema de control.

Probablemente una de las razones de por qué un proyecto de la envergadura e importancia del TRANSANTIAGO fracasó en un principio, es que la gestión e implementación del mismo estuvo a cargo de un organismo, el Ministerio de Transportes, que en el inicio del proyecto no tenía cuerpos técnicos preparados y con experiencia en la gestión de grandes proyectos multidisciplinarios. La delegación de la responsabilidad de la gestión y ejecución del proyecto a una Gerencia de Proyectos dotada de todos los recursos técnicos y económicos para esa tarea y que pudiera ejercer el necesario liderazgo en su

conducción, podría haber cumplido en forma más satisfactoria la difícil tarea de gestionar tan complejo proyecto. Esta ha sido la decisión adoptada en varios proyectos exitosos, inclusive del área pública, que se comentan más adelante.

5.2. Tren Urbano Valparaíso - Merval

Con la finalidad de poder ejemplarizar los factores que pueden determinar el éxito o fracaso de un proyecto de inversión, en el Anexo E 2 se presentan detalles de otro proyecto, también de carácter público, de transporte urbano que la comunidad, en general, percibe como exitoso.

El proyecto Merval significó el soterramiento de la antigua faja ferroviaria en su paso por el centro de Viña del Mar, en una extensión de 5,2 km, generando en la superficie una gran avenida de 45 m de ancho en toda su extensión, entre Caleta Abarca por el poniente hasta el Salto por el Oriente. Simultáneamente, se planificó la renovación de la infraestructura ferroviaria entre las estaciones Puerto y Limache (43 km) y de la totalidad del material rodante, adquiriendo y poniendo en servicio trenes de moderna tecnología y alta calidad de servicio.

La materialización del proyecto fue ratificada a comienzos del año 2000. La figura administrativa adoptada para el emprendimiento fue la de una Gerencia de Proyecto, independiente y autónoma, creada especialmente y que reportaba directamente al Directorio de Merval S.A. El Gerente de Proyecto tenía un mandato claro del Directorio, recibiendo los medios y recursos para cumplirlo. La exitosa materialización del proyecto en plazos, costos y calidad, a pesar de su complejidad técnica, se atribuye en gran medida a la estrategia organizacional y administrativa utilizada.

El plan maestro definido para el proyecto debió satisfacer varios objetivos simultáneos, entre estos; plazo de puesta en servicio para fines del año 2005, presupuesto máximo de US\$340 millones (basado en un detallado estudio de costos), mantención permanente y continua del servicio ferroviario de carga y pasajeros existente y la conectividad vial en toda la extensión del proyecto. Para cumplir con el objetivo final, satisfaciendo de paso todas las restricciones comentadas, fue necesario desarrollar un proyecto de ingeniería en extremo complejo, que requirió conocer y adaptar experiencias de proyectos similares desarrollados en otros países. Así, los estudios de ingeniería básica y de detalles consumieron algo más de dos años de trabajo sistemático y riguroso, que apuntó a minimizar errores, optimizar diseños y controlar los riesgos, manteniendo siempre los costos dentro del rango previsto inicialmente.

A pesar de las complejidades constructivas, el impacto de la construcción del proyecto en la trama urbana y la dinámica de la ciudad, fue adecuadamente controlado y en retrospectiva, y revisando la prensa de la época, se puede asegurar que las medidas implantadas para el manejo del tránsito, tanto vehicular como peatonal, fueron sumamente exitosas y bien evaluadas por la ciudadanía.

La adecuada gestión del ciclo de vida del proyecto se manifiesta a través de varias acciones y decisiones que tuvieron una gravitación relevante en el buen resultado del proyecto y que cumplieron con las premisas básicas de avance según etapas sucesivas, las cuales eran completadas y aprobadas antes de iniciar la etapa siguiente.

Entre las principales razones que permiten explicar el éxito de este proyecto se pueden mencionar las siguientes:

- La creación de una Gerencia de Proyectos, dependiendo directamente del Directorio, con un mandato claro y una asignación de recursos suficiente para formar un equipo técnico-administrativo de alta competencia y rendimiento.
- La elaboración de un detallado Plan de Ejecución del Proyecto, que se cumplió rigurosamente durante toda la elaboración e implementación del proyecto.

- La adjudicación de los estudios de ingeniería a empresas con capacidad y experiencia probada. En particular se debe destacar la importancia que tuvo en las asignaciones la experiencia y competencias de los equipos profesionales propuestos, por sobre los precios de las ofertas. Todo ello en el ambiente competitivo de una licitación.
- La asignación de plazos suficientes para el desarrollo de los análisis y estudios requeridos para resolver las complejidades del proyecto.
- El permanente balance entre costos y calidad, ejercido en todas las fases de la ingeniería y de su ejecución, manteniendo el presupuesto del proyecto dentro del rango exigido.
- La Política de Relaciones Públicas implantada desde un comienzo y la asertiva estrategia comunicacional practicada a lo largo de todo el desarrollo del proyecto.
- La reingeniería y transformación de la empresa Merval para adaptarla a las nuevas circunstancias y escenarios operacionales, con un enfoque orientado al Cliente y con un claro sentido de Responsabilidad Social, lo que permitió visualizar y responder adecuadamente a las necesidades de la comunidad.

5.3. Saneamiento Gran Valparaíso - ESVAL

El caso del llamado colector de ESVAL ha sido seleccionado como ejemplo en este estudio, pues en sus 2 fases de implementación contiene los elementos o factores principales que pueden determinar el éxito o fracaso de un proyecto de inversión.

El análisis ex-post de la primera fase, correspondiente al proyecto financiado por el Banco Mundial, es muy interesante, por dejar de manifiesto y con extrema claridad la situación crítica que puede alcanzar un proyecto de inversión de gran magnitud, al no contar con la capacidad de gestión necesaria para su desarrollo y no implementar un adecuado y completo Plan de Implementación o Ejecución del Proyecto desde su inicio.

Por tratarse de un proyecto urbano, responsable de la recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas de una importante zona urbana del país, el fracaso inicial del mismo no solo se tradujo en una pérdida económica para la empresa sanitaria, sino que originó un impacto de proporciones en la comunidad, al no contar con el servicio básico correspondiente, pero también por afectar otros servicios públicos (como el transporte público), así como numerosos inmuebles públicos y privados.

La contratación de los servicios de ingeniería privilegiando los menores costos en esta importante fase no fue adecuada, lo que se tradujo en carencias importantes en la etapa preinversional, que es fundamental en la definición técnica, económica y de planificación del proyecto. Desde su inicio, el proyecto contenía elementos que no permitirían llegar a satisfacer las expectativas de la población, creadas por las propias declaraciones de la empresa y de las autoridades del sector, que ofrecieron un proyecto que resolvería los problemas ambientales derivados de la descarga de aguas servidas en las costas de Valparaíso y Viña del Mar. Al mismo tiempo, la empresa no mencionaba adecuadamente los impactos que produciría la construcción en la ciudad de Valparaíso.

El proyecto original consideraba un punto bajo en la plaza Sotomayor y el bombeo de las aguas servidas hasta el túnel Bustamante, a partir de donde las mismas serían lanzadas desde una altura considerable y sin tratamiento hacia el océano Pacífico. El proyecto original no consideraba ninguna instalación adicional en Viña del Mar para proteger sus playas en el caso de obstrucción del colector principal. Tampoco se realizó un adecuado reconocimiento del subsuelo por donde se desarrollaría el nuevo colector y sus instalaciones auxiliares, ya que el proyecto original consideraba un trazado relativamente superficial y no en túnel, como era la alternativa que logró imponer el consorcio constructor una vez que se le asignó la propuesta.

Las modificaciones al proyecto original, introducidas durante las negociaciones con el contratista seleccionado, al no estar adecuadamente respaldadas por estudios mínimos (se cambió de construcción en zanja abierta a construcción en túnel para disminuir el impacto de construcción) agravaron el problema al producir serios trastornos en diversas construcciones, provocados por el avance de la construcción del túnel, obligando a la detención del proyecto a mediados del año 1995 y el cambio total de la Administración de la Empresa por instrucciones del propio Presidente de la República. A fines de 1995 la situación del proyecto había llegado a un estado de absoluto fracaso: el proyecto concebido originalmente no cumpliría los objetivos que la autoridad había publicitado.

A partir de enero de 1996 se inicia una nueva fase del proyecto, con estudios que tuvieron la complejidad adicional del aprovechamiento de lo existente, previa revisión minuciosa de su estado. Se agregó el restablecimiento de servicios públicos dañados y la reparación de instalaciones, fundamentalmente en Valparaíso. Esta fase debió hacerse en medio de la desconfianza de la comunidad y autoridades de la Región, debido al precedente exhibido en la fase anterior, de los numerosos juicios en marcha y otras dificultades propias de una institución en reestructuración.

Se definió una Gerencia del Proyecto al interior de la empresa, con dependencia directa del Directorio. Esta Gerencia procedió con los pasos propios de un proyecto en estas condiciones, a saber: a) conocimiento de lo existente, b) revisión de objetivos y redefinición de alcances, c) decisión respecto de los recursos necesarios, d) planificación de la materialización, e) estimación de costos, y f) diseño de una metodología de control durante su implementación.

En el Anexo E 3 se describen los cambios del alcance del proyecto (necesarios por cierto, debido a los problemas del original), que se materializaron en 3 años, poniéndose en marcha al primer año la parte de Viña del Mar, Quilpué y Villa Alemana, que resolvía temporalmente cerca de un 70% del problema.

El costo del nuevo proyecto resultó un 75% mayor al estimado por el Banco Mundial para el proyecto inicial, que era de diferente alcance e inferiores especificaciones técnicas y medio ambientales. Este nuevo costo representó, sin embargo, una inversión razonable por habitante, para cumplir con el objetivo y alcance del proyecto declarados por la autoridad y la empresa. A pesar de este costo significativamente mayor al original, la comunidad lo consideró un proyecto exitoso en la medida que permitió el saneamiento de la Región y de sus playas. La calidad técnica económica del proyecto definitivo fue considerada positivamente durante el proceso de incorporación de capital privado en la empresa ESVAL, en el que varias compañías internacionales mostraron un alto interés en participar.

El caso del colector de ESVAL es tremendamente esclarecedor respecto de los factores que determinan el fracaso o éxito de un proyecto. En este caso el proyecto definitivo realizado en la segunda fase, ha sido percibido como exitoso por parte de la comunidad y de la propia industria sanitaria a pesar de que, como ya se señaló, su costo fue un 75% mayor que el presupuesto original, basado en una ingeniería poco adecuada. Es decir, lo que valoran la comunidad y las diversas instituciones, es que se cumplan las expectativas declaradas del proyecto.

Los factores que en este caso explican en gran parte el éxito de la fase 2 son los siguientes:

- Creación de una Gerencia de Proyectos dedicada exclusivamente a él y dotada de los recursos humanos y económicos necesarios para llevar adelante el proyecto.
- Elaboración en su inicio de un completo Plan de Implementación del Proyecto.
- Selección cuidadosa de las empresas de ingeniería y de construcción con experiencia en ese tipo de obra.

- Levantamiento topográfico y reconocimiento geotécnico adecuados en el trazado del proyecto definitivo del colector e instalaciones complementarias.
- Gestión comunicacional y de relaciones adecuadas a la sensibilidad del proceso.

En resumen, una adecuada gestión integral del proyecto en todos sus aspectos, asociada a una adecuada solución de ingeniería, permitieron que se cumplieran las expectativas de la comunidad e instituciones interesadas.

5.4. Saneamiento Gran Santiago - Aguas Andinas

El Plan de Saneamiento de la Cuenca de Santiago se inició el año 2000 e incluyó la construcción de 16 plantas de tratamiento y diversos colectores e interceptores de aguas residuales. Dentro de las obras ya realizadas se destacan las Plantas de Tratamiento de La Farfana y El Trebal, siendo la primera una de las más grandes en su tipo a nivel latinoamericano. Además, el proyecto incluyó el Interceptor Mapocho que permite eliminar las descargas a ríos y cauces naturales dentro de las áreas urbanas. A continuación se presentan algunos alcances del proyecto y en el Anexo E 4 se presentan los detalles del mismo.

La Planta El Trebal, la primera gran planta de tratamiento construida en Chile, inició sus operaciones en octubre de 2001 y se ubica en la ribera norte del río Mapocho, en la comuna de Padre Hurtado. Cuenta con tecnología de última generación que le permite descontaminar un caudal de 4,4 m³/s. Su construcción se realizó en 18 meses, desde la primera piedra hasta su puesta en operaciones y significó para Aguas Andinas S.A. una inversión de 150 millones de dólares aproximadamente.

Al entrar en operación, la planta ha permitido recuperar una superficie cercana a las 60.000 hectáreas destinadas al cultivo agrícola, que eran regadas con aguas servidas.

La planta de tratamiento La Farfana es una de las obras emblemáticas del Plan de Saneamiento. La planta tiene una capacidad de tratamiento de 8,8 m³/s de caudal promedio, que corresponde al 50% del caudal de aguas servidas del Gran Santiago. Su puesta en marcha en septiembre de 2003 ha sido un hito decisivo, tanto para el cumplimiento del plan de desarrollo comprometido por Aguas Andinas como para el avance del proyecto sanitario a nivel país, significando una inversión de 315 millones de dólares.

El Interceptor Mapocho, con una longitud de 28,5 kilómetros, fue puesto en marcha en el año 2010, luego de 3 años de construcción. Ha permitido sanear el río Mapocho de las aguas servidas, gracias a la construcción de un ducto subterráneo que corre, paralelo al lecho del río, desde las comunas de Las Condes hasta Maipú.

El proyecto requirió una inversión de 115 millones de dólares y ha permitido incrementar de 72,8% a 81% el tratamiento de aguas servidas en la Región Metropolitana, debido a la derivación de 2 m³/s que se tratarán utilizando la capacidad disponible en las Plantas La Farfana y El Trebal.

Actualmente, el Proyecto de Saneamiento de la Cuenca de Santiago se encuentra muy cerca de cumplir la meta trazada de tratar el 100% de las aguas residuales del Área Metropolitana de Santiago. Desde el año 2000 se ha realizado una continua estrategia de inversiones, que ha permitido ir avanzando de manera progresiva en aumentar la cobertura de tratamiento, desde el 3% existente el año 1999 hasta situarla en el 86% en el año 2010.

El presente año, mediante la construcción de la planta Mapocho, en el sitio de la planta El Trebal, se completará el Plan de Saneamiento iniciado a fines de la década de 1990. De este modo, el Plan de Saneamiento completo finalizará con una inversión total estimada de 870 millones de dólares. Dicho Plan ha permitido valorizar productos generados en las etapas de tratamiento, tales como el biogás y los biosólidos, agregando un valor medioambiental adicional que inicialmente no estaba considerado, permitiendo

ubicar a Santiago de Chile como una de las ciudades de vanguardia en tratamiento de aguas residuales a nivel mundial.

A diferencia del proyecto del colector sanitario de ESVAL, que en su fase primera correspondiente al proyecto original fracasó, inclusive con escándalo público, el proyecto del saneamiento del Gran Santiago tuvo desde su inicio un objetivo claro y todo el desarrollo del complejo proyecto fue planificado en forma detallada en todas sus etapas. Un objetivo tan ambicioso, como lograr el saneamiento total de la cuenca de Santiago, crea evidentemente grandes expectativas que, de no haberse cumplido, pudieran haber llevado a este proyecto a un gran fracaso.

Sin embargo, en proyectos de esta magnitud y complejidad es difícil evitar que surjan problemas en alguna fase del mismo. Ese es el caso de la planta de tratamiento de La Farfana, uno de los grandes logros de la ingeniería del país en los últimos años, donde se produjo un problema importante de generación de malos olores desde el depósito de lodos, durante el proceso de puesta en marcha de la planta y durante un período de unos 2 años, fenómeno que afectó a una parte de la población de la zona poniente de la ciudad. Este hecho, atrajo la atención de la prensa y la comunidad. La empresa finalmente pudo identificar las causas precisas y ejecutar las medidas que permitieron solucionar el problema a niveles satisfactorios.

Es probable que la realización de análisis de riesgos efectuados en profundidad durante la etapa preinversional y aun en la etapa inversional pudieran haber identificado este riesgo, así como las posibles medidas de mitigación, en una etapa más temprana y haber evitado un problema que afectó a una población cercana y que impactó temporalmente en la percepción que una parte de la comunidad tuvo del proyecto. Éste proyecto es percibido por la comunidad, y las autoridades en general, muy positivamente y podría considerarse como un caso de relativo éxito, por la manera que se programó, proyectó e implementó, utilizando las tecnologías más recientes, a no ser por los problemas mencionados, los cuales derivaron en acciones judiciales recientemente finalizadas y que significaron el pago de compensaciones económicas a los afectados. La lección adicional que deja este proyecto y La Farfana en particular, es la necesidad de efectuar tempranos análisis de riesgo, incluyendo los tecnológicos y ambientales, que cubran todas las posibles vulnerabilidades y los ámbitos que eventualmente puedan ser afectados.

5.5. Puente Loncomilla - MOP

Este puente, construido como obra de infraestructura pública por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), funcionó, en forma aparentemente normal, entre la fecha de la terminación de su construcción en mayo de 1996, hasta abril de 2002. En esta última fecha se dictaminó finalmente que existían problemas con la fundación de la cepa oriente, comprobándose un descenso de la rasante. El MOP ordenó entonces la elaboración de un proyecto de reparación y se autorizó el llamado a licitación privada para su ejecución.

La empresa que se adjudicó el contrato propuso un proyecto de reparación alternativo, que fue aprobado por el Departamento de Puentes del MOP, después de varias revisiones y complementaciones. No obstante, es posible afirmar que hubo falta de estudios de ingeniería y principalmente de investigaciones geotécnicas que eran básicas para el desarrollo del proyecto de reparación.

El proceso de reparación de la estructura, entre el mes de octubre de 2003 y el 18 de noviembre de 2004, cuando colapsó el puente, se convirtió en una sucesión de modificaciones de proyecto y paralizaciones de obra, derivadas de nuevos antecedentes geotécnicos, recabados durante la ejecución de las reparaciones y de carencias de equipos y de competencias de la empresa contratista para abordar satisfactoriamente la obra.

En este lamentable caso, que afortunadamente no cobró vidas humanas, es necesario señalar que en la secuencia de eventos registrada durante todo el proceso de desarrollo del proyecto, incluyendo su reparación, se evidencian falencias severas en términos de la gestión de un proyecto importante, que bien pudiera considerarse de tipo convencional y sin complejidades extraordinarias.

Lo anterior quedó reflejado en la actuación poco rigurosa del MOP en los diferentes roles que le cabía desempeñar como regulador, ejecutor, contratante y fiscalizador. Por otro lado, no se advierte tampoco, en toda la secuencia de eventos, una línea de acción clara y eficaz, conforme a las prácticas modernas de la ingeniería y de la administración de proyectos, apreciándose más bien improvisaciones y la búsqueda de soluciones parciales, que resolvieran las situaciones coyunturales, obviando en todo el desarrollo del proyecto elementales conceptos y prácticas de la gestión integral de proyectos.

Finalmente, se debe destacar que la organización y procedimientos adoptados por el MOP en la construcción de obras de infraestructura con fondos públicos, no se ajusta a los principios y prácticas modernas de la gestión de proyectos de inversión, al no existir el concepto de gestión integral de los mismos, uno de cuyos elementos claves es la continuidad y coherencia en la gestión a lo largo de todo el proceso de desarrollo de un proyecto, en la que debe existir una adecuada precedencia en las diferentes fases de las etapas preinversional, inversional y operacional, según se comenta en el Anexo A. En el Anexo E 5 se presentan mayores antecedentes de este ejemplo.

5.6. Sistema Chileno de Concesiones de Obras Públicas - MOP

A comienzos de la década de 1990, diversos estudios determinaron que existían en el país carencias de infraestructura vial y aeroportuaria que significaban pérdidas anuales por competitividad, que alcanzaban a los US\$2.300 millones y que había un déficit en obras de infraestructura pública que alcanzaban los US\$11.000 millones.

Por ello, el Estado de Chile convocó al sector privado, nacional e internacional, a participar en la construcción y operación de grandes obras viales y aeroportuarias a través del Sistema de Concesión de Obras Públicas.

Importantes son los logros del Sistema a la fecha, y en el Anexo E 6 se indican los montos que alcanzan las obras concesionadas. La sociedad en general ha apreciado positivamente este programa, al considerar que sus expectativas han sido inclusive superadas por los beneficios recibidos. Esta misma percepción positiva es la que ha tenido y tiene la comunidad internacional que ha reconocido el modelo chileno de concesión de obras públicas como una experiencia en gran parte pionera y en extremo exitosa, a tal punto que el modelo fue adoptado en varios países de América del Sur y Central.

No obstante lo anterior, también es posible citar algunos problemas surgidos durante su aplicación, a saber:

1. Expropiaciones más complejas (en términos legales y de plazos) y de monto mayor a lo presupuestado. Cabe hacer notar que el proceso expropiatorio puede ser extremadamente largo, especialmente si hay litigios judiciales involucrados.
2. Aumento de obras a solicitud de diferentes instituciones o de la comunidad, después de adjudicado el contrato de concesión.
3. Adjudicación de la concesión con proyectos a veces incompletos por distintos motivos.
4. Algunos proyectos se adjudicaron sin haber realizado declaración o estudio de impacto ambiental y en algunos casos, teniendo dichos estudios, no se consideraron todas las implicancias ambientales.

Algunos de los problemas anteriores han sido agravados, en algunos casos, debido a deficiencias en la calidad de los servicios profesionales de algunas Inspecciones Fiscales y Asesorías a la Inspección Fiscal, estas últimas probablemente debidas a los criterios del MOP en la asignación de tales contratos al menor precio, sin una consideración adecuada de la calidad técnica requerida.

Para dar solución a los problemas anteriores ha sido necesario modificar varios de los contratos de concesión, mediante convenios complementarios. Éstos corresponden a una modificación contractual que permite la ejecución de obras adicionales, no incluidas en el contrato original y que hubieran requerido la misma tramitación que el contrato de concesión. Se estima que ha habido un aumento global del monto de los contratos adjudicados, por causa de convenios complementarios, del orden del 18% sobre la suma de los montos de los contratos iniciales.

También a causa de la variedad de los problemas encontrados en la implementación de las obras, no siempre fue posible llegar a acuerdo entre las Sociedades Concesionarias y el MOP, y las primeras han presentado reclamaciones a Comisiones Conciliadoras y Arbitrales. Se estima que hasta la fecha las Comisiones han dictado fallos que han significado al MOP pagos por un valor del orden del 2,5% del valor total de la suma de los contratos adjudicados y entregados en concesión (valor del presupuesto de obras).

En resumen, se puede concluir que, en general, el proyecto de las concesiones de obras viales y aeroportuarias, que se ha denominado la Primera Generación del Sistema de Concesiones, ha cumplido largamente las expectativas de la comunidad y de los actores principales del proceso (autoridades y sociedades concesionarias), pudiendo considerarse un proyecto exitoso, a pesar de los problemas mencionados.

Una de las razones que explica que un organismo como el MOP, responsable de algunos otros proyectos de resultados poco satisfactorios, haya llevado a cabo exitosamente un proyecto tan complejo y de tan grandes proporciones, como el de las concesiones de obras viales y aeroportuarias, se debe principalmente a que, para la gestión de tal proyecto, el MOP creó una organización técnica especialmente dedicada a ello, la Coordinación General de Concesiones, que dependía directamente del Ministro de Obras Públicas y que contó con los recursos profesionales necesarios para llevar a cabo su tarea, en general con profesionales de experiencia contratados en el mercado de la ingeniería y construcción.

Como es natural, con el tiempo la comunidad usuaria del sistema, aun habiéndose cumplido largamente sus expectativas iniciales, ha comenzado a expresar sus preocupaciones en relación a algunos detalles de diseño, en especial en lo que se refiere a las obras de acceso y salida de las autopistas urbanas concesionadas, las que por razones de dificultades de expropiación quedaron en muchos casos muy estrechas y fuera de las normas internacionales. Actualmente se encuentran en desarrollo proyectos de mejoramiento de estas obras.

El sismo ocurrido en Chile en febrero de 2010 puso en evidencia, además, algunos problemas en el diseño de ingeniería de numerosos pasos elevados. Estos pasos elevados fueron diseñados por empresas constructoras extranjeras, que desconocieron técnicas del diseño sísmico de este tipo de obras, que se aplicaban en Chile desde hace algunos años. Las condiciones del sismo y los daños producidos en diversas estructuras se comentan en el Anexo F «La Ingeniería Chilena y el Sismo del 27 de febrero de 2010».

Distinto ha sido el caso de la denominada Segunda Generación del Sistema de Concesiones de Obras Públicas, que comenzó el año 2001 y que debería incluir recintos carcelarios, hospitales y establecimientos educacionales, entre otros, como ha estado sucediendo en países de América del Norte y de Europa. Problemas graves de diferente índole se presentaron en el inicio del Programa de Concesiones de Infraestructura Penitenciaria, en el que la Coordinación General de Concesiones actuó por mandato del Ministerio de

Justicia. En este caso se utilizó un esquema diferente al de las concesiones viales y aeroportuarias: en lugar de licitar los contratos teniendo como base un proyecto de referencia elaborado por el MOP (contratando empresas de ingeniería especializadas) esos contratos se licitaron teniendo como referencia solamente especificaciones técnicas de gran complejidad. Aunque los anteproyectos presentados por los licitantes fueron revisados y los ganadores aprobados por comisiones técnicas de ambos ministerios, posteriormente las diferencias de criterio aplicadas por cada Ministerio a las revisiones de los proyectos definitivos, llevaron a grandes desvíos respecto de los anteproyectos presentados, ocasionando importantes reclamos por parte de las sociedades concesionarias, lo que finalmente resultó en sobrecostos importantes, que en algunas de estas obras fueron superiores al 50% del monto originalmente presupuestado. Claramente, la causa de esta nueva y poco satisfactoria experiencia se debe a que el organismo responsable por la gestión integral del proyecto dejó de ser una instancia con el poder de decisión y de acción que tenía anteriormente, debiendo negociar continuamente con otras instancias, provocando enormes perjuicios no sólo al Estado sino que a todos los actores, empañando así el prestigio del exitoso modelo iniciado por el MOP en el caso de las concesiones de Primera Generación. Todo lo anterior trajo como consecuencia una modificación a la Ley de Concesiones en lo relacionado a la Solución de Controversias.

Se agrega al caso de la infraestructura penitenciaria, el mal resultado de la concesión del Centro de Justicia de Santiago, aún con problemas para su operación normal, como también el atraso significativo que ha tenido el Programa de Infraestructura Hospitalaria, cuyo inicio fue planificado por el Estado para el año 2006, considerando la necesidad de cubrir las necesidades impuestas por el Plan AUGE, y que aún a la fecha presenta un atraso importante.

Finalmente, es conveniente precisar que el desarrollo de las concesiones de infraestructura pública o proyectos PPP («*public/private partnership projects*») es algo diferente a los proyectos de inversión que se han tratado en este Informe, con un Dueño que gestiona bien o mal su diseño, construcción y puesta en marcha, dentro de un giro productivo mucho más amplio (por ejemplo CODELCO y un proyecto en una de sus Divisiones). En el caso de la concesión, la empresa dueña (concesionaria), especialmente formada y de objeto único por ley, asume en condiciones de alto riesgo el financiamiento del proyecto (precisamente por ser de objeto único), además de construir y operar una obra pública, que la mayoría de las veces no diseña. La organización de sus recursos de gestión será diferente al de la empresa productiva que emprende un proyecto de inversión más.

5.7. Estación de Transferencia M1 K1 Chuquicamata - División CODELCO Norte

En el mes de julio de 2006 se produjo el derrumbe de una de las paredes de la caverna de la estación de transferencia M1 K1, construida hacia el interior de una de las paredes del rajo abierto de la mina Chuquicamata, provocando el colapso parcial de la caverna e impactando seriamente el terminal K1 de las correas transportadoras, quedando por lo tanto inoperantes. Esta estación de transferencia constituía un elemento fundamental del proyecto de traslado del chancador M1 a un banco en cota superior, desde donde se iniciaba el túnel M1 hacia superficie alojando al sistema de correas K1. El colapso de la caverna, que se construyó en el año 2003, produjo un impacto económico muy importante, al impedir llevar el mineral extraído de la mina a la superficie y a las plantas de tratamiento. Debe hacerse notar que el sistema de correas M1 K1 era responsable de transportar del orden de 2/3 de la producción de la mina. En la prensa especializada de la época se mencionaron perjuicios del orden de los US\$400 millones, pero ese monto pudiera ser significativamente mayor ya que, durante un tiempo considerable, se debió transportar mineral por medio de camiones desde la mina Radomiro Tomic, a fin de alimentar la concentradora de Chuquicamata, a un costo muy superior al existente antes del colapso de la caverna.

El proyecto de la estación de transferencia presentaba dificultades adicionales a las comunes de toda obra subterránea de grandes dimensiones: ubicación relativamente cercana a la superficie del talud del rajo de la mina y construcción y operación de la estación de transferencia en forma paralela a la operación de la mina, lo que implica un talud del rajo que se modifica en forma permanente. Lo anterior se detalla en el Anexo E 7.

A pesar de que tanto en la etapa preinversional como en la de construcción, CODELCO delegó aparentemente una parte significativa de la coordinación y administración del proyecto en empresas especializadas, la participación e injerencia de CODELCO fue importante, principalmente en la coordinación general del proyecto y su administración, que fue realizada por la mina, fundamentalmente a través de la Superintendencia de Ingeniería Geotécnica. Las diversas actividades del proyecto fueron distribuidas entre diferentes empresas que estuvieron encargadas de las diferentes actividades del proyecto.

Debe destacarse que en el proyecto y construcción de esta obra participaron empresas de ingeniería y de construcción, tanto nacionales como internacionales, de reconocido prestigio y experiencia. Por otro lado, tuvo un importante rol la Superintendencia de Ingeniería Geotécnica de la División CODELCO Norte, que actuó coordinando gran parte de los estudios geotécnicos, siendo que en las instancias de anteproyecto se contaba con una empresa «general contractor» internacional, la que aparentemente no tomó la responsabilidad de los estudios geotécnicos. Lo mismo pasó en las etapas posteriores, en la que el grupo de ingeniería geotécnica del dueño continuó liderando las decisiones geotécnicas, a pesar de haber un grupo de empresas a cargo del contrato general tipo EPCM⁵.

La coordinación y administración del proyecto fue llevada de tal manera, que finalmente las responsabilidades quedaron en gran medida diluidas, debido a la falta de continuidad de los actores principales y la permanente intervención del dueño, proponiendo soluciones técnicas respecto de importantes aspectos como modelamiento numérico de la caverna, tipo y detalles de fortificación, definición de la instrumentación geotécnica y otros, que finalmente dieron como resultado un proyecto diseñado sobre bases no del todo consistentes.

La principal lección que se desprende del percance de este importante proyecto, del cual lamentablemente no se conocen en detalle los análisis post que la empresa y terceros deben haber realizado, es la importancia que tienen varios aspectos esenciales de la gestión de proyectos de inversión, los cuales parecen no haberse respetados:

- La necesaria continuidad de los principales actores durante el proyecto y la puesta en marcha del mismo. En este caso los consultores de la etapa conceptual y del modelamiento matemático deberían haber continuado participando en el proyecto en el rol de «*owner's engineer*», colaborando directamente en el desarrollo del mismo.
- El rol de Gerente del Proyecto (*Project Manager*) debe estar separado claramente del rol técnico que pueda tener en otro nivel de la organización del proyecto. En este caso la confusión del rol de dueño y de consultor geotécnico parece haber sido especialmente perjudicial al proyecto.
- La falta de análisis de riesgo en las diferentes etapas del proyecto, hizo que no se conociera el verdadero impacto de algunas de las decisiones tomadas en el proyecto (algunas de ellas aparentemente por parte del dueño).

Finalmente, parece relevante señalar que no es una situación poco común en la industria minera, que un departamento de la operación de una unidad minera tome un papel preponderante dentro de un proyecto de inversión. Este tipo de situación puede,

⁵ Se ha indicado como EPCM el contrato de ingeniería de detalles y construcción pero en realidad no se tuvo acceso al detalle de ese contrato.

en muchos casos, afectar el normal desarrollo de un proyecto, pudiendo llevar a que las responsabilidades finales se confundan. El rol del operador en un proyecto es muy importante para definir de la mejor manera posible los requerimientos de operación que debe cumplir el proyecto, pero su participación en el proyecto mismo debe limitarse a aspectos técnicos específicos, evitando imponer soluciones que, en muchos casos, pueden no ser las más apropiadas o convenientes.

5.8. Cambio Tecnológico Proceso Electro Refinación - División CODELCO Norte

El objetivo del Proyecto Cambio Tecnológico Proceso de Electro Refinación de la División CODELCO Norte (DCN), era mejorar la posición de liderazgo que CODELCO posee en el contexto mundial de productores de cobre electro refinado, manteniendo la más alta calidad de cátodos y maximizando el valor económico de la Refinería Electrolítica N° 2.

Para lograrlo, se consideró aumentar la capacidad de producción de la Refinería a 855.000 toneladas por año (855 KTPA) con la tecnología de cátodos permanentes, transformando el 100% de las instalaciones existentes e incorporando 200 celdas nuevas. La producción de cobre fino de DCN antes del proyecto era de 710 KTPA, y se lograba con las Refinerías N° 1 y N° 2, con capacidades de producción de 180 y 530 KTPA, respectivamente.

Desde el punto de vista tecnológico, esta Refinería sería única en el mundo, por cuanto incorpora el manejo totalmente automatizado de cátodos y ánodos, buscando mejorar su productividad al reducir sus costos de operación.

En el Anexo E 8 se describe el alcance del proyecto, indicando en forma general el plan para su ejecución así como el presupuesto inicial de inversión de 146 millones de dólares.

El proyecto consideraba el cierre operativo de la Refinería N° 1, por lo que con este proyecto la Refinería N° 2 debería aumentar su producción de 530 a 855 KTPA. Cabe señalar que la Refinería N° 2 de DCN era, aun antes del proyecto, la Refinería más grande del mundo y con este proyecto doblaría en tamaño a la siguiente.

El programa y presupuesto del proyecto sufrió importantes desviaciones. Esto se debe a problemas en la gestión integral del proyecto, lo que se ha manifestado en problemas importantes de planificación de ingeniería, de compras de equipos y de administración de la construcción.

Se agregan a lo anterior, diversas dificultades en la constructibilidad del proyecto, dado su espectacular tamaño, como también por el cambio tecnológico que debe ser introducido con la refinería en operación. Especial dificultad representa el tamaño del cátodo del proyecto, que es mayor que el estándar mundial de 1x1 metro, lo que hace que las nuevas máquinas de manejo automatizado de cátodos sean verdaderos prototipos, con todo lo que eso significa para su fabricación, montaje y puesta en marcha.

Los problemas mencionados indican que en la etapa preinversional no se identificaron adecuadamente las dificultades de un proyecto tan complejo, lo que al tratar de ser subsanadas una vez iniciada la implementación del mismo, resultaron de difícil y costosa solución como se ha demostrado hasta la fecha. A modo de ejemplo se puede citar el hecho de que el proyecto utilizaba el edificio existente, que tenía una rigidez inferior a la necesaria para resistir el tráfico de los nuevos puentes grúa.

Ejecutivos de CODELCO han reconocido que el problema de manejo de los diferentes elementos y equipos por la misma gente que operaba la refinería original no fue advertido en su total dimensión, constituyéndose este factor en uno de los mayores problemas enfrentados durante la ejecución del proyecto. Pasar de un sistema semi manual a uno altamente automatizado utilizando el mismo personal hubiera requerido un esfuerzo de capacitación significativo, aún mayor al realizado. Fuera de los problemas operacionales, estas dificultades también significaron un mayor costo que el visualizado previamente, al utilizar un número de operadores mayor al previsto.

En la etapa preinversional, se debió haber identificado y debidamente evaluado los diferentes riesgos asociados al proyecto, sobre todo considerando que su producción iba directamente al mercado (cátodo).

Se tuvo entonces como resultado inicial una producción mucho menor a lo anticipado, lo que en algún momento (julio 2007) llevó a un ejecutivo de CODELCO a declarar «La refinería de Chuquicamata está hoy prácticamente en la UCI y cualquier mala maniobra, podría llevarla a su muerte, es decir se debiera cerrar y con ello se involucra inclusive a la Fundición de concentrado, dado que las dos funcionan de manera correlativa y una depende de la otra».

Dos años después (mayo 2009) el mismo ejecutivo indicaba que en ese período se había pasado «de la desesperanza a la confianza con la tecnología de cátodo permanente implementada en un 71% de la planta» y que a fines de 2009 esperaban producir de 530 a 550 KTPA de cobre fino.

En la actualidad se ha implementado la nueva tecnología en el 100% de la planta, sin embargo la producción de cobre fino es del orden de 700 a 750 KTPA, un 15% inferior a las 855 KTPA del proyecto original y similar a la producción histórica de DCN con sus 2 refinерías, ello, aparentemente por falta de ánodos de cobre, lo que indica que probablemente no hubo suficientes análisis de riesgos estratégicos. Estas situaciones han significado cuantiosas pérdidas y problemas operacionales, después de haberse invertido recursos económicos por sobre los 250 millones de dólares.

Tal como se ha visto en un gran número de proyectos de inversión que han tenido dificultades o han mostrado deficiencias importantes, las decisiones tomadas al inicio del proyecto, en las fases preinversionales de ingeniería de perfil e ingeniería conceptual, son las que determinan en gran medida el resultado final de los proyectos de inversión.

5.9. Mina y Planta Radomiro Tomic - CODELCO Norte

En el Proyecto Radomiro Tomic, se establecía en el llamado a propuesta por el contrato EPCM (ingeniería, compras y administración de la construcción) un programa objetivo de 27 meses, pero fue adjudicado con un plazo contractual de 24 meses. El contrato incluyó incentivos y multas por resultados de costos y plazos. Los resultados del proyecto fueron óptimos, ya que se concluyó con un ahorro de un 15% del Presupuesto de Control, y en un plazo de 22,5 meses. Además, durante la ejecución del proyecto base, se procedió a realizar una primera expansión, llamada Proyecto de Optimización, a 180.000 ton/año, mediante inversiones marginales que no superaron el 6% del presupuesto original, y que también se completó en menos de 25 meses.

Los factores principales de éxito de este proyecto, que se detallan en el Anexo E 9, se pueden agrupar en los siguientes aspectos:

- Equipo de CODELCO, que innovó en la forma de contratar y de administrar un importante proyecto de inversión, y que se extendió a la forma de administrar la nueva División.
- Un Plan de Ejecución del Proyecto, sólido y detallado, que recogía las experiencias del Proyecto El Abra, de similares características y ejecutado por el mismo Consorcio encargado de este EPCM, plan que se desarrolló con mínimas variaciones y con control riguroso de los cambios.
- Un equipo de proyecto con sólido liderazgo, consolidado, con la experiencia de dos años de trabajo anterior en El Abra.
- Sistemas probados de la más alta tecnología para el desarrollo de la Ingeniería, el control de proyecto (planificación y costos), adquisiciones y control de avance, accesibles en tiempo real desde cualquier punto de la ejecución de obras, desde la oficina central y empresas proveedores y contratistas.

- Sistema de adquisiciones, incluyendo inspección y activación, eminentemente proactivos, en una situación de mercados mundiales sobrecargados de órdenes de compra de proyectos de inversión.
- Un plan de construcción de obras muy acertado, que consideraba siempre dividir las obras de forma de tener al menos dos contratistas importantes en paralelo, en cada especialidad. A ello sumaba un plan de relaciones laborales que, manteniendo la independencia de la relación de los contratistas con sus trabajadores, aseguró la mantención de estándares mínimos adecuados, incluyendo un campamento común, de muy buen nivel, que servía hasta el personal superior del Consorcio.
- Motivación especial de cada miembro del equipo de proyecto, que sabía que participaba en forma concreta del éxito del Proyecto.
- Controlar estrechamente los cambios, como mejor forma de preservar el presupuesto y mantener el Plan.

5.10. Planta de Regasificación de Gas Natural Licuado de Mejillones - GNLM

Con el objetivo de superar la escasez de gas natural en el norte de Chile, generada por la crisis del gas argentino, se requería disponer de un terminal de regasificación de gas natural licuado (GNL) que pudiera suministrarse en el corto plazo (2010-2012), como combustible alternativo para los generadores. La única solución técnica posible para cumplir con este objetivo era construir una planta y un terminal de descarga que utilizara un buque estanque metanero como unidad de almacenamiento flotante (FSU), en una primera etapa «*fast-track*», ya que los plazos de construcción de un estanque de almacenamiento de GNL en tierra imposibilitaban la operación del terminal en el año 2010.

Durante la primera etapa del proyecto el objetivo fue la construcción de una planta y terminal, y lograr su puesta en marcha en un plazo de 22 meses desde el inicio de la construcción del mismo. El proyecto se logró construir en el plazo prefijado, sin sobrepasar el presupuesto inicial, manteniendo al mismo tiempo el alto estándar de calidad y de seguridad que requiere este tipo de instalaciones, además sin ningún conflicto laboral ni incidentes ambientales, cumpliendo totalmente el objetivo inicialmente acordado.

Principales Acciones Aplicadas

- Soluciones técnicas innovadoras: uso de buque estanque metanero como FSU.
- Adecuado enfoque contractual: se dividió la construcción del proyecto en varios contratos EPC:
 - Muelle.
 - Terminal, Planta de Regasificación e Instalaciones.
 - Ducto de Entrega de Gas y City Gate.
 - Ingeniería del Dueño (suma alzada por servicios de ingeniería)
- Emisión anticipada de órdenes de compra de los equipos principales del Terminal.
- Integración de equipos en terreno (dueño e Ingeniería del dueño).
- Programa de incentivos y multas para alcanzar los objetivos (bonos y multas contractuales).
- Estrecha colaboración con entidades y actores externos.
- Estrategia de capacitación: se capacitó a todo el personal contratista y subcontratistas, en temas de prevención de riesgos, buenas prácticas laborales y medio ambiente.
- Soporte de accionistas y terceros: seguimiento por parte de expertos en industria GNL.
- Cercana relación con autoridades comunales, regionales y nacionales, así como una fluida comunicación con los servicios públicos involucrados.

La Sociedad GNL Mejillones S.A. tenía durante toda la primera etapa como accionistas a GDF SUEZ y a CODELCO en partes iguales, participación que se modificaría en la segunda etapa (construcción de un estanque en tierra).

El diseño básico y supervisión de la construcción del Terminal lo realizó una empresa internacional, que cuenta con experiencia reconocida mundialmente en tecnología criogénica. El Terminal se construyó y opera hoy de acuerdo con los más altos estándares internacionales de seguridad, tecnología y protección del medio ambiente. En el Anexo E 10 se presenta el detalle del proyecto en mayor extensión.

Durante la primera etapa del proyecto se invirtieron aproximadamente 550 millones de dólares en contratos de ingeniería, suministro y construcción. El proyecto fue completado respetando el plazo originalmente previsto y con un costo final ligeramente inferior al presupuesto de control, cumpliendo además con excelentes indicadores de seguridad. La empresa se encuentra actualmente construyendo un estanque de almacenamiento de gas, con una inversión estimada de 210 millones de dólares.

Desde abril 2010, GNLM entrega en forma continua más de dos millones de metros cúbicos de gas natural por día a sus clientes, de acuerdo a contratos de compraventa y suministro de gas natural ya firmados con cada una de las cuatro empresas mineras involucradas en el proyecto desde su comienzo, para así generar el equivalente a cerca de 400 MW de energía por un período de tres años, a partir de abril del 2010. Es decir, aproximadamente el 25% del mercado eléctrico en el SING se basa en gas natural. Adicionalmente, GNLM inició ventas de gas natural para uso industrial.

5.11. Planta Celulosa de Valdivia - Celulosa Arauco

El proyecto Valdivia de Celulosa Arauco y Constitución S.A., (ARAUCO), está ubicado en las cercanías de San José de la Mariquina de la Provincia de Valdivia, Región de Los Ríos, a 500 metros de la ribera sur del Río Cruces y 32 kilómetros aguas arriba del Santuario de la Naturaleza Carlos Adwanter. Consiste en una planta industrial para la obtención de 550 mil toneladas anuales de pulpa de celulosa Kraft blanqueada, de pino radiata y eucaliptos. En Anexo E 11 se hace una descripción más amplia del proyecto.

El proyecto Valdivia ha sido conocido, tanto nacional como internacionalmente, no por la excelencia del diseño y construcción de la planta misma, sino que por la polémica que acompañó su puesta en marcha como consecuencia de los eventos ocurridos aguas abajo de la planta misma, en el Río Cruces y el Santuario Carlos Adwanter.

El proyecto Valdivia fue originalmente sometido a la consideración de la COREMA X Región con fecha 8 de octubre de 1995 y aprobado por ésta mediante resolución de fecha 30 de mayo de 1996, con la condición principal de que se modificara la disposición de los efluentes de la planta. En esa oportunidad organizaciones ecologistas interpusieron un recurso de protección en contra de la resolución aprobatoria, el que fue rechazado, primero por la Corte de Apelaciones de Valdivia y finalmente por la Corte Suprema, por sentencia del 23 de septiembre de 1997. Antes de esta resolución ARAUCO ya había decidido rehacer completamente el EIA tomando en consideración los planteamientos de la COREMA y de la ciudadanía.

Con fecha 1° de agosto de 1997, la empresa presentó a la consideración de la COREMA de la X Región un nuevo Estudio del Impacto Ambiental de su proyecto Valdivia en conformidad con la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y su Reglamento, Decreto Supremo N° 30 del 27 de marzo de 1997. Finalmente, después de varias reuniones con la comunidad, intercambio de peticiones de la autoridad y análisis de los antecedentes, el 30 de octubre de 1998 el Comité Técnico de COREMA aprobó el proyecto CELCO Planta Valdivia mediante la Resolución Exenta N° 279.

La fábrica Valdivia se construyó y se puso en operaciones el primer trimestre del año 2004, después de 31 meses de trabajo continuado, comenzando desde la etapa de Ingeniería Conceptual hasta la puesta en marcha. El plazo antes indicado es considerado como un record para este tipo de proyectos tanto a nivel nacional como internacional, considerándose en ese entonces claramente como un proyecto exitoso desde el punto de su diseño y construcción y de la gestión del ciclo de vida del proyecto en sus etapas preinversional e inversional.

Posteriormente a la puesta en marcha de la planta y sin mediar a la fecha una clara explicación científica o técnica, a fines de mayo de 2004 se inició un proceso de migración de cisnes de cuello negro desde el medio acuático Santuario de la Naturaleza Carlos Adwanter. Este fenómeno causó en un comienzo extrañeza en la población cercana, tanto ribereña como de los poblados vecinos y posteriormente de las autoridades nacionales ligadas con la preservación del medio ambiente. Durante el desarrollo de las investigaciones se comprobó que, junto con la migración de las aves, también se había producido una cierta mortandad de ellas, lo cual causó una rápida reacción pública en el país, que posteriormente se extendió al exterior. Este fenómeno no afectó a otras especies u organismos que habitan el santuario.

Una primera investigación llevada adelante por la CONAMA, a través de entidades especializadas, concluyó que los cisnes de cuello negro migraron o murieron debido a la falta de un alimento esencial que se encontraba en el Santuario llamado «luchecillo», que corresponde a una planta invasora y que crece en las aguas bajas del humedal.

Frente a esta situación, y consecuente con sus principios, la dirección de la empresa ARAUCO, el 18 de enero del 2005, ordenó la detención de la fábrica para realizar todos los estudios y verificaciones necesarias para clarificar los sucesos antes mencionados, y buscar solución a un potencial efecto ambiental, debido a la operación de la planta. Las operaciones se reanudaron el 17 de febrero con la aprobación de CONAMA.

Prosiguiendo con su afán de clarificar la situación, en junio de 2005, ARAUCO, de mutuo propio, cerró nuevamente las actividades de la planta Valdivia para proceder a revisar en forma interna y exhaustiva los alcances de las nuevas exigencias impuestas por la COREMA. Posteriormente, el 12 de agosto de 2005, la planta reanudó su operación con la aprobación de COREMA, pero con una producción restringida a un 80% de su capacidad total. Actualmente, después de contar con un continuo monitoreo de sus efluentes, la planta fue autorizada para trabajar al 100% de su capacidad de diseño original.

¿Podría decirse que el proyecto Valdivia fue exitoso?, ¿o más bien que fue un proyecto que presentó problemas en su puesta en marcha, impactando negativamente el medio ambiente?

Desde el punto de vista estrictamente técnico, el proyecto de la planta fue un real ejemplo de lo que puede hacer un empresa nacional empleando extensivamente los recursos de ingeniería de Chile, los cuales con un apoyo tecnológico exterior logró diseñar y construir un proyecto mayor y complejo en un lapso de poco más de 31 meses. Considerando que la curva de «aprendizaje» de un proyecto de esta envergadura es de alrededor de 10 a 12 meses, aún estaría dentro del proceso normal si se consideran sus detenciones durante ese período. En consecuencia, desde ese punto de vista, podría decirse que el proyecto fue un éxito. Además por otro lado, el proyecto Valdivia fue sometido oportunamente a la consideración ciudadana y aprobación de las autoridades correspondientes.

Sin embargo, desde la perspectiva circunstancial del comportamiento de las aves en el Santuario de la Naturaleza Carlos Adwanter, en fecha posterior a su puesta en marcha, con una migración masiva de los cisnes de cuello negro, lo cual redundó en dos detenciones de la planta que totalizaron alrededor de casi cuatro meses, podría decirse que el

proyecto tuvo serias dificultades en sus primeros años. De hecho la imagen pública del proyecto quedó en gran parte asociada al evento de la muerte y migración de los cisnes de cuello negro del Santuario Carlos Andwanger.

Es posible que durante la elaboración del proyecto no se le haya prestado toda la atención que requería la sensibilidad de la comunidad a un potencial cambio en las condiciones ambientales del Santuario.

La conclusión y principal lección es que, en la mayoría de los casos, grandes proyectos implican riesgos de diversa índole que deben ser identificados oportunamente a fin de poder diseñar e implementar las medidas de mitigación correspondientes. Por tal razón, todo proyecto debe tener, como parte de la gestión integral del proyecto, una adecuada y cuidadosa gestión de riesgos y oportunidades. El análisis de riesgo, en varias etapas del proyecto, debe ser realizado con la participación de profesionales de reconocida experiencia y habilidades en diferentes disciplinas, que deben aportar los puntos de vista de sus respectivas áreas.

Como parte de una adecuada gestión de riesgos se debe dar especial consideración a las relaciones con actores externos al proyecto, como son las comunidades interesadas y organizaciones civiles de diversas orientaciones. No existen detalles que, por menores que sean, se puedan dejar al azar. Una vez identificados los riesgos –y determinados los planes de seguimiento y de acciones a realizar– resulta clave la asignación de responsabilidades para cada uno de estos planes a las personas que participan en el proyecto. Más de un proyecto, a pesar de haber contado con un buen levantamiento y análisis de riesgos, ha fracasado en este ámbito por no haber asignado responsabilidades específicas a personas «reales» del grupo ejecutor o del cliente o dueño que participaba en el proyecto.

CONCLUSIONES

6

Las conclusiones presentadas en este informe son aquellas más relevantes respecto del objetivo principal que se planteara la Comisión, es decir el de identificar los principales factores que determinan el desempeño de un proyecto y, finalmente, su éxito o fracaso. Estas conclusiones están basadas en el análisis de los 11 ejemplos presentados en el capítulo 5, pero además en la discusión de varios otros casos en los cuales no existía información suficiente, o cuyos antecedentes no contribuían a identificar nuevos aspectos o factores condicionantes del comportamiento o del resultado final de proyectos de inversión. La Comisión estimó que la inclusión de un número reducido de casos específicos, tomados de diversos sectores y tipos de problemas, sería mucho más efectiva que la mera cita de estadísticas sobre proyectos anónimos, estadística que por otro lado tampoco está disponible públicamente, aunque en el Anexo B se incluyen algunos datos generales colectados por la IPA para algunos sectores de la economía.

En el trabajo de la Comisión se ha considerado como medida del éxito o del fracaso de un proyecto la percepción general o sectorial, dependiendo del tipo de proyecto, a la relación entre el resultado final y las expectativas que existían respecto de ese proyecto, nuevamente desde un punto de vista general o sectorial. Es evidente que en el caso de proyectos de infraestructura pública, el punto de vista a tener presente es el del grado de satisfacción de la comunidad en general sobre el cumplimiento de las expectativas de servicio que se tenía al iniciarse o aprobarse dicho proyecto. Por otra parte, en el caso de un proyecto de inversión productivo, los puntos de vista sobre el grado de satisfacción respecto del resultado de un proyecto pueden ser en el corto plazo el resultado de los costos finales de inversión respecto de los inicialmente presupuestados y en el mediano y largo plazo las bondades o dificultades operacionales expresadas, ya sea en términos de costos operacionales de eficiencia productiva o de satisfacción de los «*stakeholders*».

Conclusiones Básicas

Una de las preocupaciones básicas de la Comisión era identificar cuáles serían los aspectos relacionados con la ingeniería que pudieran incidir en el resultado final de un proyecto y, en especial, en aquellos proyectos que han tenido notorias deficiencias o han sido percibidos como un fracaso total o parcial. A este respecto las principales conclusiones, denominadas como básicas por lo trascendente de las mismas, son las siguientes:

- Prácticamente en todos los proyectos analizados por la Comisión el factor condicionante del éxito o fracaso de los mismos se relaciona con la gestión del proyecto. Se advierte que en todos aquellos proyectos con dificultades serias, no se han respetado las recomendaciones y reglas básicas de la buena práctica en la gestión de proyectos.
- Existen pocos casos en que deficiencias importantes en los diseños de ingeniería han constituido el factor determinante del resultado deficiente o del fracaso de un proyecto de inversión. Inclusive en aquellos casos en que sí se han reconocido deficiencias importantes en la ingeniería de diseño (ingeniería dura) como son el puente de Loncomilla, la primera fase del proyecto ESVAL y la caverna de

Chuquicamata; los problemas de ingeniería han estado estrechamente relacionados con serios problemas en la gestión de esos proyectos.

Conclusiones Complementarias

Como complemento de las conclusiones básicas o fundamentales ya comentadas, el análisis de los proyectos que se tomaron como ejemplo, más otros antecedentes relacionados, permiten identificar las siguientes conclusiones complementarias:

- En el caso de proyectos de inversión pública, el mayor o menor grado en que se cumplen las expectativas creadas al inicio de los proyectos son fundamentales para explicar la percepción del grado de éxito o fracaso por parte de la comunidad. Por ejemplo, los casos de las autopistas concesionadas y de la segunda fase del proyecto del colector de ESVAL han sido percibidos en general como proyectos públicos exitosos, independientemente de que su costo final haya sido mayor al presupuestado inicialmente. En cambio, el proyecto del TRANSANTIAGO ha estado lejos de cumplir las expectativas creadas y justificadamente se percibe como un fracaso.
- Hay proyectos de infraestructura pública que no han cumplido con los más básicos procedimientos de las buenas prácticas de la gestión de proyectos, como ser la adecuada definición de objetivos; la periódica revisión de la factibilidad técnica y económica del proyecto a medida que se avanza en las distintas fases de la etapa de preinversión; o la clara distribución de responsabilidades entre los participantes en el proyecto.
- La importancia de dotar a los proyectos de una Gerencia de Proyectos de experiencia y que cuente con los recursos humanos y económicos que le permita llevar adelante el proyecto se demuestra fundamentalmente en el caso de proyectos de infraestructura pública, ello se ha comprobado con el buen resultado de proyectos como el Sistema de Concesiones de autopistas y aeropuertos, la segunda fase del colector de ESVAL, el tren urbano de Valparaíso (MERVAL) y en parte las obras de saneamiento del Gran Santiago. Lo anterior es también válido en proyectos de inversión industriales como los casos de Radomiro Tomic y GNLM entre otras.
- En el caso de proyectos de inversión del área productiva, los 4 ejemplos de proyectos asociados a CODELCO permiten confirmar que también en un área industrial tan competitiva y de alta tecnología como lo es la minería del cobre, los proyectos pueden tener resultados muy variables, desde deficiente hasta fracaso (casos Refinería CODELCO Norte y Caverna Chuquicamata) a muy bueno y exitoso (casos mina Radomiro Tomic y Planta GNLM), dependiendo de si se han aplicado o no las buenas prácticas de la gestión de proyectos. Es necesario hacer notar que esta situación se da en otras grandes empresas mineras y en general en todas las grandes industrias. Se han utilizado los casos de CODELCO por el hecho de que se disponía de información de 4 proyectos con distintos grados de satisfacción respecto de sus resultados, lo que permitía despejar la variable respecto de la incidencia de la empresa misma.
- Existen casos especiales en que los proyectos han sido desarrollados de acuerdo a lo que se consideran en general las buenas prácticas de la gestión de proyectos, excepto que en su implementación se ha subvaluado el impacto de dicho proyecto en alguno de los «*stakeholders*» o grupos de interés, lo que ha llevado a que esos proyectos no hayan sido considerados como exitosos por parte de la comunidad. Este es el caso de la planta de celulosa de Valdivia y en menor grado el del proyecto de saneamiento del Gran Santiago, específicamente la planta de tratamiento de aguas de La Farfana. A medida que aumenta la importancia relativa de la posición de los grupos de interés externos al proyecto, estas situaciones tenderán a aumentar y a repetirse magnificadas en otros proyectos.

Conclusiones Generales

El análisis de los casos ejemplo mencionados, y de otros casos de proyectos de inversión así como de documentos relativos a la ingeniería discutidos en la Comisión, permite identificar las siguientes conclusiones de carácter general:

- En muchas de las instituciones u organizaciones públicas y también privadas del país, existe un grado relativamente alto de desconocimiento de las buenas prácticas de la gestión de proyectos, lo que se manifiesta en el gran número de problemas en todo tipo de proyectos, en relación por ejemplo, a la práctica cada vez más frecuente de proyectos llamados «*fast-track*», que en varios casos no respetan las reglas básicas de efectuar una evaluación intermedia de los proyectos o las carencias observadas en lo que a veces se denomina «ingeniería contractual», con un número cada vez mayor de contratos que terminan en disputas económicas significativas.
- No existe en el país la práctica o la cultura de difundir las lecciones aprendidas en cada proyecto e inclusive existen dudas si realmente se hace una adecuada evaluación de los resultados de los proyectos una vez terminados, al interior de las diferentes instituciones, públicas o privadas. Al no difundir las lecciones aprendidas, el país pierde una valiosa oportunidad de aprender de los aciertos y errores, para así mejorar progresivamente la eficiencia de los proyectos de inversión. El Instituto de Ingenieros de Chile, a través del trabajo de la Comisión y del presente informe pretende llamar la atención sobre este hecho fundamental que debe cambiar definitivamente.

Es sabido que los ingenieros civiles tienen en general una participación significativa en la dirección de proyectos de inversión, pero al mismo tiempo es posible constatar que los programas de enseñanza de las principales escuelas de ingeniería del país no tienen cursos o actividades en que se considere el análisis y discusión de los métodos modernos de gestión de proyecto, ni de los resultados de proyectos de inversión públicos o privados.

- En general los factores de éxito en proyectos de inversión corresponden y se agrupan como en un Modelo de Excelencia, en los que los conceptos fundamentales son:
 - Liderazgo
 - Orientación al Cliente
 - Procesos definidos
 - Planificación
 - Personas adecuadas en la ejecución
 - Responsabilidad social
 - Información oportuna
 - Resultados de acuerdo a los objetivos

7

RECOMENDACIONES

La Comisión, sobre la base del análisis de los diferentes casos de proyectos de inversión, considera conveniente adoptar las siguientes líneas de acción, a los niveles que correspondan en cada uno de los sectores:

- Incentivar el análisis, discusión y difusión de los resultados de los proyectos de inversión, tanto públicos como privados, al interior de las instituciones y organizaciones responsables, así como también en las universidades e instituciones académicas.
- Incentivar el análisis de casos concretos de proyectos de inversión en las escuelas de ingeniería, como forma de enseñanza práctica de los métodos de gestión de proyectos. Utilizar las prácticas de vacaciones para que los alumnos de ingeniería sigan en el tiempo (tres años o tres vacaciones) el desarrollo de un mismo proyecto de inversión en sus diversas etapas.
- Incentivar el análisis de los resultados de proyectos de inversión como temas de tesis de pregrado y eventualmente de posgrado de estudiantes de ingeniería.
- Incentivar la certificación de los profesionales en gestión de proyectos y promover la exigencia de tal certificación para dirigir un proyecto de cierta importancia. La certificación y habilitación del ejercicio profesional, que el Ministerio de Educación debería haber reglamentado de acuerdo a lo indicado en el artículo 5° de la Ley N° 20.129 Art. 5° Transitorio sobre la calidad del ejercicio profesional, en el caso de la ingeniería civil debería permitir establecer condiciones mínimas para administrar proyectos de cierta envergadura.
- Difundir las buenas prácticas para la gestión de contratos de ingeniería y construcción. A modo de ejemplo se debe evitar utilizar modelos de contratos que no sean los adecuados a cada etapa del proyecto, de acuerdo a los fines perseguidos en cada una de ellas.

Se recomienda asimismo introducir en los contratos de ingeniería y construcción los mecanismos de resolución temprana de controversias, tales como el *Dispute Review Board* (DRB), para evitar conflictos contractuales no deseables. Este sistema se ha aplicado con éxito en varios países y recientemente en Chile en algunos contratos de CODELCO.

- Fomentar la elaboración y difusión de manuales de gestión de proyectos de inversión así como manuales de temas asociados, como análisis y gestión de riesgos; gestión de contratos; análisis de costos y programas de implementación del proyecto.
- La contratación de la ingeniería de proyectos, sobre todo en las fases preinversionales y de ingeniería básica, no debe basarse en la selección de las ofertas de menor precio. El impacto del costo de la ingeniería en el monto de la inversión total es mínimo y por el contrario la selección de la mejor ingeniería para cada proyecto es garantía de un mejor y más económico proyecto final.

ANEXOS

- A. Mejores Prácticas en la Gestión de Proyectos de Inversión
- B. La Sutil Frontera entre el Éxito y Fracaso de un Megaproyecto
- C. Gestión de Contratos y Nuevos Escenarios para la Materialización de Proyectos de Inversión
- D. Concepto de Sustentabilidad de los Proyectos
- E. Descripción Resumida de los Proyectos Seleccionados
 - E 1. Sistema de Transporte Público de Santiago - TRANSANTIAGO
 - E 2. Tren Urbano Valparaíso - Merval
 - E 3. Saneamiento Gran Valparaíso - ESVAL
 - E 4. Saneamiento Gran Santiago - Aguas Andinas
 - E 5. Puente Loncomilla - MOP
 - E 6. Sistema Chileno de Concesiones de Obras Públicas - MOP
 - E 7. Estación de Transferencia M1 K1 Chuquicamata - División CODELCO Norte
 - E 8. Cambio Tecnológico Proceso Electro Refinación - División CODELCO Norte
 - E 9. Mina y Planta Radomiro Tomic - CODELCO Norte
 - E 10. Planta de Regasificación de Gas Natural Licuado de Mejillones - GNLM
 - E 11. Planta Celulosa Valdivia - Celulosa Arauco
- F. La Ingeniería Chilena y el Sismo del 27 de febrero de 2010
- G. Enseñanza de la Ingeniería y la Gestión de Proyectos
- H. Publicaciones del Instituto de Ingenieros de Chile

ANEXO A

MEJORES PRÁCTICAS EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN⁶

1. Aspectos Generales

Las mejores prácticas en la gestión de proyectos tienen sólidas bases en la experiencia adquirida, tanto en nuestro país como en el extranjero. Existe una amplia gama de modalidades con las cuales hoy se administran importantes proyectos de inversión tanto públicos como privados. Con el fin de homologar estándares en la formulación, desarrollo y gestión de proyectos de inversión, instituciones reconocidas internacionalmente como el «Project Management Institute» (PMI) y el «Independent Project Analysis, Inc.» (IPA) consolidan y difunden estas buenas prácticas para diversas actividades económicas a nivel mundial, analizan proyectos en diversas fases de desarrollo, elaboran procedimientos y certifican a proyectos y profesionales en la gestión de proyectos o en el «Project Management»⁷. En el Anexo B «La sutil frontera entre el éxito y fracaso de un proyecto», se encuentran detallados los conceptos de IPA para analizar estos aspectos.

Este Anexo tiene por objeto proporcionar una resumida descripción del marco de referencia de las mejores prácticas en la gestión de proyectos de inversión, marco que ha utilizado la Comisión «Desafíos Recientes de la Ingeniería» del Instituto de Ingenieros de Chile en el análisis de los proyectos de la presente edición. Ese marco de referencia consolida la experiencia adquirida en Chile en la gestión de proyectos de inversión utilizando los principios internacionales ya comentados, y que es el resultado del trabajo desarrollado inicialmente al interior de la Comisión.

Resulta interesante visualizar el presente Anexo A y el B en su conjunto. El primero con la visión de la Comisión «Desafíos Recientes de la Ingeniería» del Instituto de Ingenieros de Chile, y el segundo con los criterios y resultados que IPA ha obtenido en el mundo, que son mencionados en el libro publicado en 2011 por E.D Merrow, fundador de IPA, llegando ambos a conclusiones semejantes: el éxito o fracaso de un mega proyecto depende en gran medida de que se cumplan las etapas de revisiones y contar con equipos de excelencia, siendo fundamental las decisiones tomadas con sólidos respaldos técnicos en las etapas preinversionales.

2. Ciclo de Vida de un Proyecto

El eje central en el éxito de la ejecución y operación de un proyecto, es una gestión que considera todo el **ciclo de vida del proyecto**, realizando al mismo tiempo una **gestión integral del proyecto** desde las etapas de preinversión hasta el poscierre de las operaciones, incluyendo en esta gestión, los aspectos tradicionales de administración de proyectos como son los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, y aquellos aspectos que pueden llegar a ser igualmente importantes, como son los intereses o posiciones de todos los grupos que de alguna manera están relacionados con el proyecto («*stakeholders*»).

⁶ Corporate Management, Governance and Ethics: Best Practices. S.Rao Vallabhaneni. John Wiley & Sons, Inc. 2008.

⁷ Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) Tercera Edición 2004 Project. PMI® www.pmi.org [<http://www.corepmsa.com/index.php?leng=es&modulo=47&id=134>]. <http://www.ipaglobal.com/Industries/Pharmaceuticals>.

Dentro del ciclo de vida, cada etapa de un proyecto está ligada con su etapa anterior, no debiendo ser administradas como elementos estancos sin conexión, sino más bien como etapas sucesivas y continuas, en que cada una de ellas se apoya en una o varias etapas anteriores, existiendo condiciones que deben cumplirse al inicio y término de cada una, a fin de garantizar el adecuado comportamiento del conjunto.

La **Figura A-1** muestra las etapas de un proyecto, al término de las cuales deben existir procesos formales de revisión que aseguren el cumplimiento de las metas de cada una de las etapas, para la adecuada y oportuna toma de decisiones, tanto desde el punto de vista del desarrollo del proyecto como del negocio.

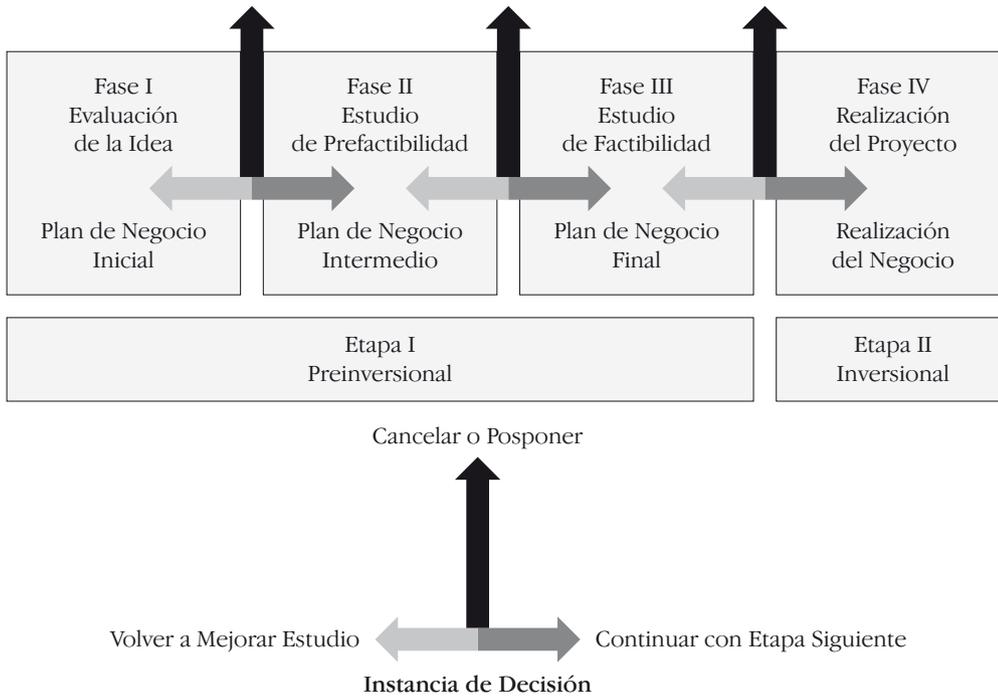


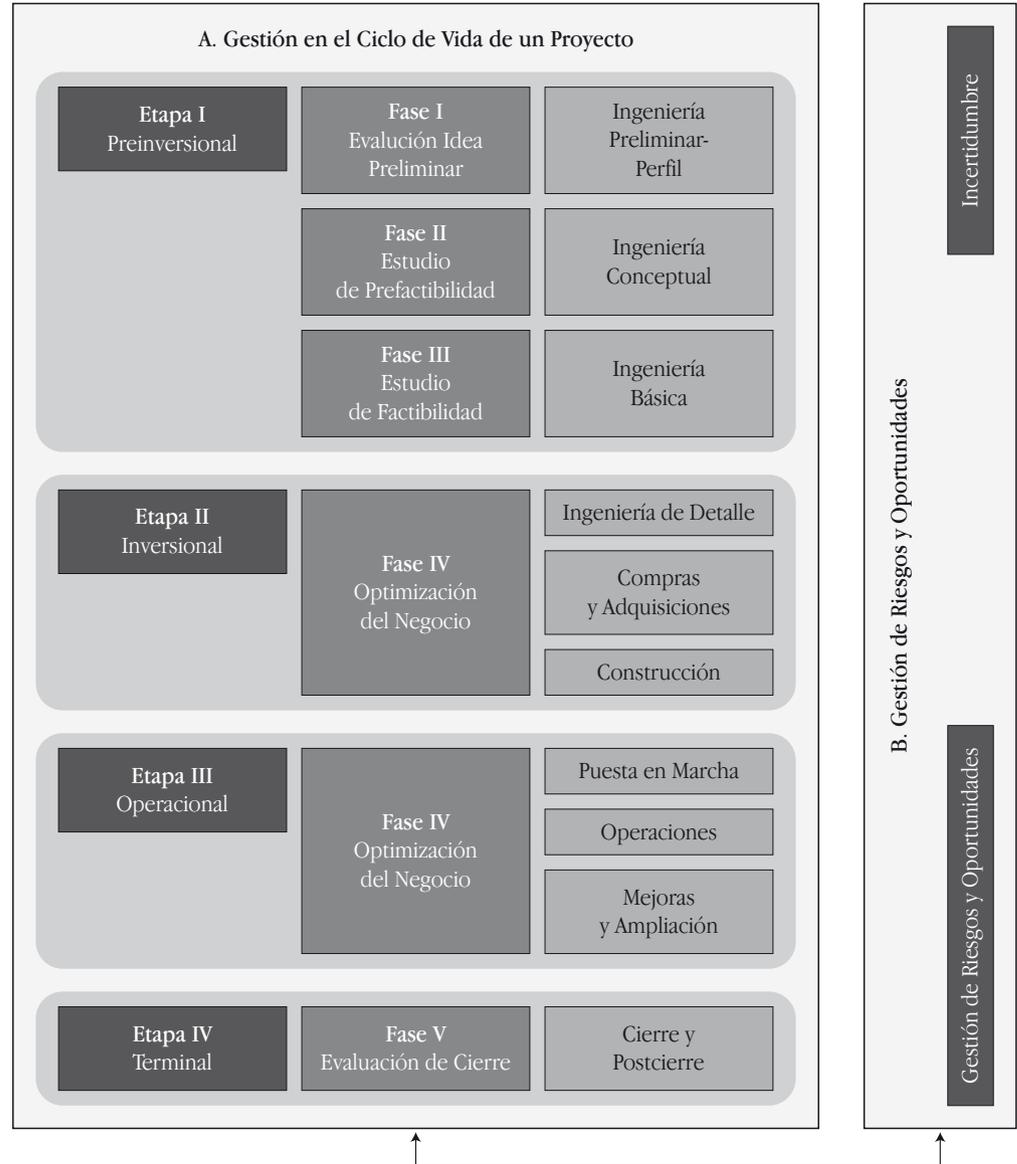
FIGURA A-1.
ESQUEMA
DE INSTANCIAS
DE APROBACIÓN
DE ETAPAS
DEL PROYECTO
BASADO EN
CONCEPTO IPA

Fuente: Elaboración propia de la Comisión IICH.

La **Figura A-2** esquematiza el concepto de gestión integral de proyectos. Específicamente es en la Etapa I, de preinversión, donde las organizaciones internacionales mencionadas y otras han focalizado sus esfuerzos para establecer estándares y procedimientos para la correcta gestión de proyectos y esto principalmente debido a que es en esa etapa en la que se juega y define gran parte del resultado final del proyecto. La **Figura A-3** esquematiza una relación típica entre las diversas etapas de un proyecto y el potencial de aporte de valor, a un costo razonable, que se puede dar en cada una de ellas.

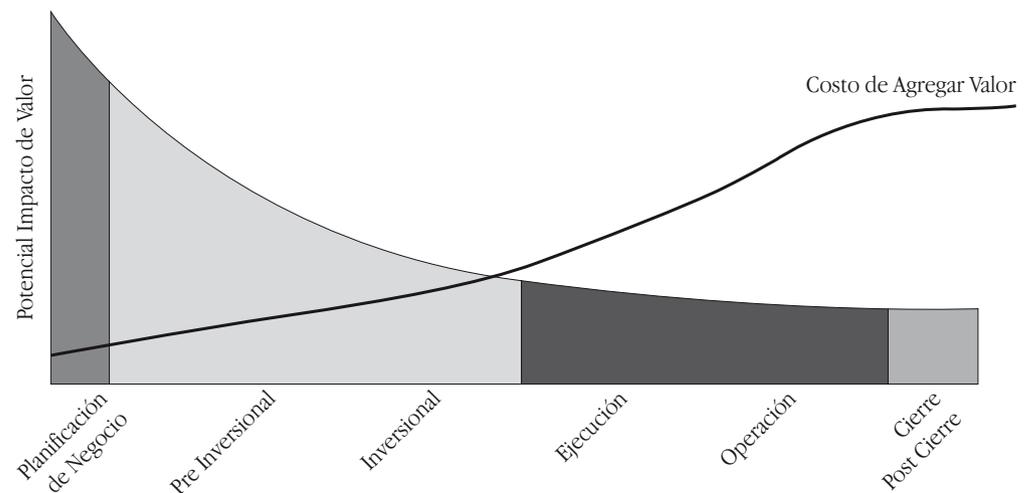
Cabe destacar la importancia fundamental que tienen las fases iniciales de la elaboración de un proyecto, que es precisamente el período de su desarrollo, donde existen las mejores oportunidades para agregarle valor y donde los costos incurridos son todavía relativamente menores. En contraste, en las fases y etapas de implementación de un proyecto, el monto acumulado de los costos es significativo y las oportunidades de agregar valor al proyecto a costo razonable son mínimas.

**FIGURA A.2.
GESTIÓN
INTEGRAL
DE PROYECTOS.
ESQUEMA
SIMPLIFICADO**



Fuente: Elaboración propia de la Comisión IICH.

**FIGURA A-3.
ETAPAS DE UN
PROYECTO Y
EL POTENCIAL
DE APOORTE DE
VALOR A COSTO
COMPETITIVO**



Fuente: Elaboración propia de la Comisión IICH (modificado de IPA).

3. Identificación de las Principales Mejores Prácticas en cada Etapa de un Proyecto

ETAPA I PREINVERSIONAL: Es la etapa previa a la inversión, y en la cual se desarrolla un plan de negocio para decidir la conveniencia de invertir en el proyecto que se formula y que se evaluará en fases sucesivas. Es la etapa donde las decisiones correctas pueden crear más valor, como también limitar o destruir valor si éstas no lo son. El valor de esta etapa es muy superior al costo de ella.

MEJORES PRÁCTICAS:

- Aprobar cada fase de acuerdo a sus méritos, para asegurar una mejor formulación del proyecto en su objetivo de negocio y sus soluciones técnicas.
- Considerar asesores independientes para realizar análisis y recomendaciones en los aspectos técnicos y económicos.
- Aprobar cada fase a través de un comité de inversión, que debería estar formado por los ejecutivos superiores de la compañía u organización, según la importancia del proyecto y los recursos que se comprometen.
- Evaluar la idea de negocio, cuidando de definir bien los objetivos del mismo y de las soluciones a estudiar en la ingeniería conceptual, contando con la participación de los mejores consultores internos o externos, considerando que el aporte de valor en esta fase es muy superior al costo que representan esas actividades.
- Realizar análisis de riesgos considerando todos los factores externos e internos que inciden en el proyecto, tanto positivos como negativos, como ser; apoyo u oposición de la comunidad y autoridades, beneficios y conflictos legales (nacionales /internacionales), avances o limitaciones tecnológicas, seguridad de trabajadores, impactos ambientales, variaciones de precios de insumos relevantes, y otros.
- Considerar los tiempos y recursos necesarios para asegurar el buen resultado de la decisión tomada.
- Acotar la incertidumbre y el riesgo de pérdida.
- Desarrollar la ingeniería básica de la solución seleccionada en la ingeniería conceptual a un nivel suficiente, para poder estimar costos de inversión y operación con un alto grado de precisión y confianza.
- Contar con toda la información necesaria. La falta de ésta y los errores en la ingeniería básica normalmente tienen un alto impacto en el negocio.

ETAPA II INVERSIONAL: Es la etapa en que se ejecuta el proyecto formulado en la etapa anterior, de acuerdo al presupuesto y plan de trabajo elaborado. Esta etapa incluye 3 fases traslapadas que corresponden a la de Ingeniería de Detalle, Adquisiciones y Construcción. Es la etapa de mayor aumento de valor real asociado a la disminución de los niveles de incertidumbre. Los errores de gestión y ejecución en esta etapa pueden causar una gran pérdida de valor.

Respecto de Adquisiciones, es la fase de suministro de materiales, equipos, maquinarias y otras tecnologías, la cual tiene por objetivo entregar estos recursos al proyecto en forma oportuna, con calidad y con costos alineados a los objetivos del negocio. Incluye la ingeniería y/o servicios necesarios para la fabricación, transporte, manejo, almacenamiento e instalación de los equipos y materiales como también la gestión de la logística. Se incluye la administración de contratos y el proceso de control de cambios.

La fase de Construcción incluye, entre otras actividades, las excavaciones, los movimientos de tierra, las construcciones de obras, los montajes de equipos, y todos los desarrollos necesarios para que el proyecto pueda operar; contempla la ingeniería necesaria para realizar las obras en forma segura y según la calidad estipulada. La construcción es la

fase más compleja de administrar por la gran cantidad de procesos interrelacionados que se deben desarrollar en forma sincronizada, por la cantidad de personal y recursos que se despliegan, por los impactos que provoca en las vías públicas y comunidades y por los riesgos de seguridad que esta implica.

MEJORES PRÁCTICAS:

- Realizar una gestión integral del proyecto que asegure el cumplimiento de los objetivos, alcances, calidad, costo y tiempo, alineados a los objetivos del negocio, con relaciones positivas con los distintos grupos de interés en las dimensiones económica, social, ambiental y de seguridad.
- Desarrollar la ingeniería de detalle de la solución realizada en la ingeniería básica a un nivel tal que sus componentes puedan ser adquiridos y construidos sin contratiempos.
- Analizar los riesgos de la construcción y mantención de la solución.
- Aplicar prácticas de aseguramiento de calidad en la ingeniería de detalle.
- Asegurar la calidad en las especificaciones de las compras y realizar una cubicación precisa de equipos y materiales.
- Realizar una gestión de compras planificada con anticipación y controlada en los hitos claves del proceso de compra.
- Asegurar la calidad y el transporte de los equipos, dado que los problemas que pueden ocurrir tendrían un alto impacto en el plazo y calidad del proyecto.
- Contar con los recursos de equipos, maquinarias y materiales en forma oportuna, de acuerdo a la calidad especificada y en la cantidad requerida para no provocar atrasos.
- Utilizar empresas con experiencia en el proceso de adquisición que dispongan de las redes para optimizar el proceso de compra.
- Documentar los requerimientos de productos, servicios y resultados.
- Revisar ofrecimientos y negociar contratos escritos con cada proveedor.
- Administrar el contrato entre compradores y proveedores, revisar y documentar como un proveedor está rindiendo o ha rendido, para establecer acciones correctivas.
- Administrar cambios relacionados con los contratos.
- Desarrollar la construcción en base a una buena planificación y control de equipos, materiales y recursos humanos, de modo que las obras se ejecuten empleando métodos y tecnologías eficientes y eficaces.
- Realizar la construcción con contratistas solventes y experimentados en obras de envergadura similar.
- Contar con sistemas que aseguren el control de avances de las obras y velar por las coordinaciones entre contratos, de modo de evitar o reducir los tiempos por interferencias.
- Asegurar la salud y seguridad de los trabajadores y el respeto de la legislación ambiental.
- Gestionar el cierre de contratos o de una fase determinada del proyecto.

ETAPA III OPERACIONAL: Es la etapa en la que se producen los bienes y servicios definidos y se empiezan a recibir los beneficios, ya sea en forma de ingresos, como resultado de las ventas, en disminución de costos por mejor calidad, mejor seguridad, o por la satisfacción de los clientes beneficiarios en el caso de proyectos sociales. Es en

esta etapa cuando se concreta el valor del negocio. El éxito de producción al inicio de la operación agrega valor real, al disminuir drásticamente el riesgo de fracaso en un momento en que la magnitud del riesgo es alta por la inversión realizada, la cual se perdería ante un fracaso.

En esta etapa se considera la Puesta en Marcha, fase en que se inician las pruebas de operación del proyecto hasta que la operación se estabiliza y logra los objetivos de producción/servicio. En ella se prueban las instalaciones, por parte y en conjunto, se corrigen y solucionan los problemas y se completan las obras auxiliares. Todos los componentes y equipos deben funcionar de acuerdo a lo previsto. Cualquier contrat tiempo debe ser solucionado a la brevedad posible para no provocar un perjuicio mayor al negocio. El grado de éxito inicial de un proyecto puede tener una incidencia muy importante en el costo financiero del mismo, ya que dependiendo del esquema de financiamiento adoptado, una vez superado el riesgo de construcción y de puesta en marcha, el costo financiero podría bajar significativamente.

La fase de Operación en sí, es el período en que se optimiza el proyecto para lograr la mejor producción en términos de cantidad, calidad, productividad y costos, y lograr que responda adecuadamente a la demanda de los productos y servicios. La disponibilidad de los equipos, la continuidad operacional, las mantenciones y reparaciones, la calidad de los insumos y de los productos son relevantes; como también todas las funciones del negocio tales como la gestión comercial, legal, financiera, abastecimiento, personal, contratos, tecnología, comunicaciones y otras.

Durante la operación se pueden realizar mejoras o ampliaciones para optimizar la operación, desarrollando proyectos para resolver cuellos de botella; mejorar la calidad de los productos, la seguridad de las instalaciones, la productividad; disminuir costos, etc.

MEJORES PRÁCTICAS:

- Asegurar el éxito en la producción de los bienes y servicios realizando una gestión de excelencia en la calidad técnica, la seguridad y el cuidado del medio ambiente.
- Asegurar que todos los componentes cumplan con las especificaciones para su operación de acuerdo a diseño. Para esto la oportuna realización de análisis de riesgo operacional tipo HAZOP, es fundamental.
- Considerar las interferencias que pudieren ocurrir, en caso que los proyectos se realicen dentro de instalaciones en operación.
- Optimizar la operación verificando la eficiencia de los equipos y la productividad de los recursos, así como la demanda de los productos y servicios.
- Mantener Unidades o Áreas de Proyecto en las empresas u organizaciones, que estén permanentemente estudiando los problemas y limitaciones de la operación, así como pensando en las posibles soluciones que puedan dar lugar a acciones de mejoras o expansiones.
- Trabajar coordinadamente las Unidades/Áreas de Proyectos y la de Operaciones, abordando en conjunto las mejoras a realizar.

ETAPA IV TERMINAL: Es la etapa en que las operaciones se detienen por un plazo que puede ser definido, indefinido o sin límites. La producción debe mantenerse operativa mientras los ingresos superen los costos, de lo contrario es necesario analizar la posibilidad de detener las operaciones en forma temporal o indefinida. Dependiendo de cuál sea el tipo de paralización, es necesario tener un plan que minimice los costos de cierre y aproveche los recursos que puedan ser reutilizados.

La fase de Cierre debe contar con una planificación, ejecución y control para detener las operaciones en un plazo definido y no incurrir en externalidades negativas.

MEJORES PRÁCTICAS:

- Considerar los costos de cierre en la etapa preinversional.
- Mantener planes de cierre vigentes a fin de contar con la información de sus costos en el análisis y evaluación de un cierre o paralización.
- Planificar la etapa de cierre, post cierre y paralizaciones de los proyectos, considerando todas las externalidades positivas y negativas que se puedan presentar y los potenciales negocios o sinergias que se puedan producir.

Finalmente el concepto de **Gestión de Riesgos y Oportunidades**, es transversal a todas las etapas del proyecto y es uno de los aspectos de mayor grado de integración e interrelación de todo el ciclo de vida. Aquí se gestionan las incertidumbres para evidenciar y evaluar los riesgos a tiempo y establecer acciones para controlarlos, mitigarlos o compensarlos de forma de minimizar las pérdidas y maximizar las ganancias en el tiempo. Las Mejores Prácticas relacionadas con esta gestión están asociadas a:

- Realizar una gestión integral del proyecto.
- Identificar y determinar el grado de incertidumbre de las distintas variables del proyecto, sus posibles impactos y controles.
- Analizar y realizar las mejores opciones de control.
- Realizar análisis de riesgo (estratégico, operacional, de construcción y de mantenimiento) en las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos, para identificar los peligros, sus causas y consecuencias, planificando y ejecutando las medidas de control necesarias en forma oportuna, estableciendo responsables y controlando su efectividad.
- Utilizar metodologías de análisis de riesgo internacionalmente probadas.

ANEXO B

LA SUTIL FRONTERA ENTRE EL ÉXITO Y EL FRACASO DE UN MEGAPROYECTO⁸

1. Introducción

El resultado de todo emprendimiento humano se debate siempre, e inexorablemente, entre dos condiciones finales: el éxito o el fracaso y los proyectos, paradigmas del emprendimiento, no constituyen una excepción. La pregunta es: ¿Qué factores, condiciones, actores, acciones o circunstancias determinan el resultado de un megaproyecto?⁹

Sobre estas interrogantes se ha discutido, investigado y escrito lo bastante como para que las causas que explican el resultado estén lo suficientemente claras, aunque no siempre cabalmente comprendidas por los practicantes. Lo anterior ha dado origen a un conjunto de reglas o recomendaciones llamadas mejores prácticas, que no siempre son correctamente aplicadas por los encargados de dirigir los proyectos, para asegurar que el resultado siempre sea el buscado.

En las páginas siguientes se resume conceptos básicos y se comenta las «lecciones aprendidas», que permiten explicar las causas que condicionan el fracaso de un proyecto y por consiguiente entonces, prever y/o resolver aquellas situaciones que de otra manera empujarán a un megaproyecto irremediablemente hacia el «lado oscuro» del mismo.

Es importante señalar que, si bien muchos de los conceptos que aquí se comentarán aplican por igual a megaproyectos de inversión tanto privados como públicos, existen algunas diferencias que ameritan una discusión particular para el caso de los proyectos de inversión pública.

2. Conceptos Básicos

2.1. El Concepto FEL y las Etapas de un Proyecto¹⁰

El acrónimo FEL (*Front End Loading*) es desde hace ya algunos años universalmente utilizado para referirse a todo el proceso previo a la decisión de inversión en un proyecto. En general, el proceso FEL se compone o divide en tres o cuatro etapas según IPA (ver **Figura A-1**, Anexo A), las que reciben diferentes nombres dependiendo del tipo de industria, aunque su contenido es muy similar en términos de las actividades y definiciones que se establecen en cada etapa.

Entre etapas sucesivas del FEL existe un proceso formal de evaluación y una instancia de toma de decisión (denominado «*gate*» o «puerta»); donde el dueño o mandante debe decidir si el proyecto tiene méritos suficientes para continuar siendo estudiado, de modo que finalmente éste sea autorizado y se comprometa la inversión al final de la tercera fase de la etapa preinversional.

Empleando la terminología común utilizada para las etapas de un proyecto, se puede señalar que la fase I (o FEL-1) corresponde a la identificación de una oportunidad

⁸ Basado parcialmente en el texto «Industrial Megaprojects» (2011) de E.D. Merrow, fundador de IPA.

⁹ En general se habla de megaproyecto cuando un proyecto representa una inversión significativa, es complejo y de importancia estratégica para el dueño. Así entonces, esta acepción es habitualmente usada para grandes proyectos de infraestructura, pública o privada y para grandes proyectos industriales. Este tipo de emprendimientos son en ocasiones políticamente controvertidos y objeto de la atención de los medios.

¹⁰ Ver Anexo A para mayores detalles.

de negocio y su formalización concreta en términos tanto técnicos como económicos, habiendo considerado todos los factores relevantes que involucran la materialización del proyecto. Entre ellos se puede mencionar aspectos legales, ambientales, sociales y regulatorios. En la terminología tradicional esta es la etapa conocida como «*scoping study*» o «estudio de perfil», esta fase puede concluir con más de una alternativa viable.

La fase II (o FEL-2) corresponde al desarrollo conceptual del proyecto y las definiciones básicas del mismo tales como; la ubicación, los requerimientos ambientales y la estrategia a seguir, servicios básicos e infraestructura requerida, datos básicos de los procesos, diagramas de flujos completos, lista de equipos principales con sus definiciones, una estimación de costos confiable (-15%/+25%) (tanto para inversión como para operación), estrategias para su ejecución (diseños, compras, contratación de la construcción), y una planificación suficientemente completa de las etapas siguientes (plazos y recursos). En la terminología local ésta etapa se conoce como «pre-factibilidad» o ingeniería conceptual.

De acuerdo a la opinión de los expertos, esta fase es la más importante en el desarrollo de un proyecto o megaproyecto, ya que como conclusión de esta etapa se debe poder decidir, sobre bases confiables, si el proyecto puede continuar o no a las siguientes etapas de su desarrollo.

En la siguiente tercera fase (o FEL-3) el proyecto entra en sus etapas de definiciones y preparación para ser materializado. En el léxico común esta etapa es referida como de «factibilidad» o ingeniería básica. Por consiguiente se entiende que a su término la ingeniería está completa (sólo falta la fase de ingeniería de detalles para construir) lo que significa que las estimaciones de costos se basan en diseños completos, en especificaciones de equipos terminadas (con los equipos principales y de largo tiempo de entrega con cotizaciones y muchas veces ya con órdenes de compra colocadas) y las cubriciones y cantidades de obra basadas en planos con suficiente detalle.

Bajo estas condiciones, las estimaciones de costos de inversión y operación alcanzan altos niveles de confianza y precisión, unidos a un detallado Plan de Ejecución del Proyecto (PEP) donde están claramente estudiadas y definidas todas las variables que intervendrán en la ejecución del proyecto, esto es; organización del proyecto, equipos y participantes, estrategias de contratación, los permisos, planificación de la ingeniería, de las compras, la construcción, la puesta en marcha, el aseguramiento de la calidad, programación y control de costos. Esto es, todas las variables y procesos que permitirán al dueño o mandante, comprometer en forma fundada la inversión y proceder a su construcción.

2.2. *Parámetros para Determinar el Éxito o el Fracaso de un Megaproyecto*

Para el caso de proyectos de inversión privados los criterios propuestos por E.W. Merrow en su libro «Industrial Megaprojects»¹¹ son prácticos y claros para discriminar entre el éxito o fracaso de un megaproyecto, aunque evidentemente se limitan a los aspectos relacionados principalmente con plazos de implementación, costos y problemas de producción, no dando la debida importancia relativa a los aspectos relacionados con la sensibilidad y reacción de los «*stakeholders*» y principalmente las comunidades directamente impactadas por un determinado proyecto. Merrow (IPA) define 3 criterios¹² para medir la efectividad del proyecto así como sus umbrales para determinar cuando no cumple. El éxito bajo la perspectiva del IPA y según la definición limitada de E.W. Merrow se logra cuando el proyecto no experimenta ninguno de los problemas señalados. Por éxito se entiende que el proyecto se comportó como planificado al momento de ser aprobado para su ejecución,

¹¹ Edward W. Merrow es el fundador del IPA (Independent Project Analysis Inc.) y autor del libro «Industrial Megaprojects», John Wiley & Sons, 2011.

¹² En el texto de E.W. Merrow en realidad se proponen 5 criterios, los que por simplicidad en este artículo se han reducido a los 3 fundamentales.

esto es; se construyó en un plazo cercano al previsto, dentro de los márgenes de costos esperados y su producto, en calidad y cantidad, está dentro de una banda aceptable.

Tipo de Resultado	Umbral del Fracaso
Sobre Costos	> 25%
Incumplimiento de plazos	> 25%
Problemas de producción	Diferencias significativas respecto de lo planificado o con respecto a los estándares de la industria

TABLA B-1.
UMBRALES
DEL FRACASO
DE UN PROYECTO

Fuente: «Industrial Megaprojects» (2011) de E.W. Merrow.

Cabe señalar que aplicando los criterios descritos, del orden de dos tercios de los más de 300 megaproyectos que el IPA ha estudiado en los últimos años, han sido clasificados como fracasos.

La experiencia nacional en megaproyectos industriales y/o públicos indica que también es necesario incluir criterios que midan o consideren otros factores que pueden influir en el éxito o fracaso de un proyecto. Estos criterios son del tipo: cumplimiento de estándares ambientales, comprometidos o no; cumplimiento de ciertas expectativas de los «*stakeholders*».

Ahora bien, en el caso de proyectos del ámbito público y social a los criterios propuestos más arriba es preciso incorporar otros que dicen relación con la relevancia, el cumplimiento de expectativas y la sustentabilidad en el largo plazo de los megaproyectos.

Finalmente, pero no por ello menos relevante, es necesario considerar criterios de seguridad y salud ocupacional en la evaluación del éxito o fracaso de un megaproyecto. Siendo éste un aspecto que cobra cada vez más importancia y cuyo umbral no puede ser otro que el de cero accidentes, tanto durante su materialización como durante la operación.

3. Principales Causas de los Fracasos en Megaproyectos

3.1. Preámbulo

Antes de comenzar la discusión de las causas es interesante considerar lo que señala E.W. Merrow en el libro que ya ha sido citado, donde comenta que para los proyectos de tamaño normal, la distribución de los éxitos y fracasos se ajusta bastante a una curva del tipo distribución normal, esto es; un grupo importante de proyectos con resultados ni buenos ni malos en torno al centro, un pequeño grupo de proyectos exitosos y un grupo algo mayor de proyectos con problemas y/o pobres resultados. Sin embargo, cuando se analiza como conjunto separado los grandes proyectos, de inmediato se aprecia una circunstancia atípica, observándose que en general los resultados son o muy buenos o muy malos, con pocos casos en la zona intermedia. Para hacer la discriminación entre buenos y malos de manera racional se emplean los criterios y los umbrales ya reseñados en el párrafo 2.2.

También es necesario mencionar que la base de datos que sustenta las observaciones y conclusiones a las que se refiere E. Merrow pertenece al IPA (Independent Project Analysis Inc. de USA)¹³. A la fecha la base de datos acumulada por IPA en más de 20 años investigando por qué los proyectos fracasan, contiene del orden de 13.000 proyectos estudiados y clasificados estadísticamente, de los cuales algo más de 300 caen en la categoría de megaproyectos. La distribución geográfica de estos megaproyectos cubre todo el orbe y un 19% se localiza en América Latina. En el contexto total, Chile

¹³ IPA - Institute fue fundado por Edward Merrow en 1987.

está representado por una cifra de alrededor de 150 proyectos, de los cuales el 90% son proyectos de la minería.

Las evaluaciones que desarrolla el IPA requieren la recolección y codificación de un enorme número de variables así como entrevistas en profundidad y extensas discusiones con todos los actores del proyecto, esto es; dueño, proyectistas, contratistas, usuarios, clientes y otros «*stakeholders*».

3.2. *Las Causas más Frecuentes de los Fracasos*

El siguiente es un conjunto básico de las causas más frecuentes que explican los fracasos en megaproyectos. Luego de listarlas, se comenta y discute con algún detalle sus ingredientes, matices y sutilezas que permiten aquilatar su influencia en los resultados y los «por qué». Desde allí entonces se intenta entregar una visión de cómo administrar y sortear las múltiples dificultades que acechan desde todos los ángulos a un megaproyecto. Estas causas más frecuentes son:

- Deficiente formulación del proyecto
- Insuficiente o errada información básica
- Los equipos de personas y su liderazgo
- Definición incompleta o deficiente del proyecto
- Estrategias de contratación inadecuadas
- Pobre control de los riesgos durante la ejecución

3.2.1. *Formulación del Proyecto (FEL-1)*

Cabe tener presente que la etapa de formulación es previa y diferente a la etapa de definición del proyecto (FEL-3) que se discutirá más adelante.

La etapa de formulación del proyecto, corresponde a la evaluación de la idea y desarrollo del plan de negocio inicial. Es una fase de recolección de información y desarrollo de la idea original, necesaria para tomar decisiones. Una de las claves para una eficaz formulación es la búsqueda de razones que descalificarían al proyecto (fallas fatales). Así este proceso en megaproyectos requiere mentes abiertas, ya que muchos de los aspectos a considerar serán nuevos donde no existirá experiencia previa.

Para alcanzar una formulación robusta de un megaproyecto es preciso evaluar aspectos tan disímiles como el contexto del país y/o Región donde será desarrollado, la ubicación geográfica, consideraciones y exigencias medioambientales, el clima político y la institucionalidad regulatoria (¿estable?), aspectos socio culturales (¿comunidades?), disponibilidad de mano de obra y su calidad, otros proyectos competidores, en el área, en el país.

Enseguida y tempranamente, ya en esta fase, es necesario definir con claridad los objetivos del negocio y procurar que el equipo del proyecto los comprenda a cabalidad. No conseguir esto incuba el germen del fracaso. Cabe mencionar que es frecuente encontrar dentro del equipo de un megaproyecto, que los encargados de los aspectos comerciales se enfocan sólo a ello y del otro lado, los encargados del diseño se enfocan sólo a los temas técnicos, en una evidente descoordinación que normalmente termina en serias faltas de alineamiento con los objetivos del negocio.

En esta fase es de suma importancia identificar y comprender los intereses y posiciones de todos los actores involucrados/interesados («*stakeholders*»). Así se pueden mencionar grupos de interés medioambiental, ONG's, y/o «comunidades locales». En la actualidad es muy importante entender que en la era de la información y las comunicaciones instantáneas, aquellos que en el pasado no tenían voz hoy la tienen y la hacen escuchar con mucha fuerza, logrando en ocasiones imponer condiciones irracionales en los proyectos, que pueden hacerlo inviable o conducirlo al fracaso.

Así entonces, los errores y/u omisiones cometidas en esta fase de un megaproyecto generalmente pueden ser, con una alta probabilidad, la causa directa de su fracaso. Los siguientes son algunos de los errores más comunes observados:

- No conseguir el acuerdo y alineamiento de los «*stakeholders*».
- Efectuar concesiones desproporcionadas hacia algún «*stakeholder*», las que a la postre hacen inviable el negocio.
- No se desarrolla un conjunto coherente de objetivos. Por otra parte es preciso comprender que el proceso de ajuste de objetivos no puede ser indefinido. El riesgo que se corre al ajustarlos en fases siguientes es el de provocar confusión y contratiempos serios en el desarrollo del proyecto o bien que éste no opere como se había previsto.
- Fijarse metas demasiado conservadoras, dejará al proyecto no competitivo. Por ejemplo si se adoptan provisiones exageradas para contingencias.
- «*Trade-offs*» o análisis de balance entre costos, plazos y calidad, inalcanzables. Es bien sabido que los «*trade-offs*» entre estas tres variables atentan una en contra de la otra y no obedecen a reglas definidas, puesto que dependen de muchas variables, las que cambian de proyecto en proyecto.

Respecto de estos «*trade-offs*» cabe hacer algunos comentarios adicionales. No se recomienda bajo ningún punto de vista sacrificar calidad por costo (en particular una vez que se fijó la calidad), sin embargo este «*trade-off*» es muchas veces el subproducto de decisiones tales como aceptar una oferta a suma alzada excesivamente baja sin una razón justificada.

- Finalmente, fijar costos y/o plazos poco realistas (inalcanzables) termina generalmente en fracasos. Sin lugar a dudas el error más grave y común que se observa, es la fijación de plazos agresivos, sin respaldos o análisis fundamentados. Este hecho constituye el predictor de fracaso más consistente reportado en el IPA. Plazos poco realistas desencadenan un efecto en cascada desde los inicios del proyecto, que se confabulan en contra de los objetivos de éste. Entre los objetivos más importantes afectados está la seguridad. No hay duda que la velocidad que se pide en las fases de construcción atenta contra la seguridad de la obra y de las personas.

3.2.2. Insuficiente y/o Errónea Información Básica

Los megaproyectos para sus diseños en general requieren una importante participación de ingeniería de alta especialización. Todo desarrollo ingenieril se basa en información y datos que se denomina información básica. Como por ejemplo, topografía, estudios geotécnicos, hidrológicos, geológicos, mineralógicos, climatológicos, flujos y estadísticas de todo tipo. Por otro lado, son necesarios datos duros de los procesos, de los equipos, etc. Errores o datos básicos incompletos son responsables de grandes fracasos en los megaproyectos estudiados. De acuerdo a estadísticas IPA, sobre el 20% de los casos estudiados adolecían de errores en información básica y prácticamente todos ellos presentaron problemas de operabilidad y en un menor grado, problemas de fuertes sobrecostos y aumento de plazos.

Idealmente la información básica debe estar disponible al inicio de la fase FEL-2, pero no más allá de la mitad de su desarrollo. Cuando esta premisa no se cumple, los cambios que se producen «a posteriori» por estas causas, afectan al desarrollo del proyecto y retrasarán su definición y si se completan durante la tercera fase FEL-3, lo más probable es que se experimenten aumentos de costos significativos y posibles retrasos. En casos extremos cuando los datos básicos se completan o corrigen con posterioridad a la aprobación para inversión del proyecto, de acuerdo a las estadísticas IPA, el megaproyecto es serio candidato al fracaso, ya sea por aumento de costos, plazos u operatividad.

También existen ciertas circunstancias bajo las cuales los datos básicos adolecerán con mayor frecuencia de errores u omisiones y éstas son: uso de tecnología nueva, cuando conseguir la información es de alto costo, o bien, requiere plazos largos y/o muchas dificultades para obtenerla. También será el caso cuando se trate de dueños o equipos gerenciales inexpertos en el tipo de proyecto que se tiene entre manos.

Basado en la discusión anterior, no es difícil deducir que cuando se intenta acelerar los megaproyectos más allá de lo prudente, casi siempre se atentará contra la correcta obtención y generación de los datos básicos. Esta es una etapa que es difícil de acelerar y hacerlo sin los debidos resguardos constituye la causa más importante de errores. La segunda fuente más relevante de errores en datos básicos es la falta de comunicación o mala entre los diferentes miembros del equipo. Esta situación no es extraña en megaproyectos donde en la mayoría de los casos los equipos profesionales son numerosos, diversos y muchas veces no comparten lenguajes profesionales comunes.

Obviamente todo lo comentado más arriba es evitable y el mejor antídoto para desterrar errores en datos básicos es mediante el empleo de protocolos, listas de chequeo y sistemas de calidad que garanticen la confiabilidad, exactitud y completitud de los datos básicos.

3.2.3. Los Equipos de Proyecto y su Liderazgo

En la actualidad existe abundante literatura y conocimiento referente al denominado «trabajo en equipo» y como esta forma de abordar los desafíos del mundo moderno es mucho más efectiva que el trabajo aislado del mismo grupo de individuos. Se habla de equipos de «alto rendimiento» y de liderazgo eficaz y motivante. Sin embargo todos estos conceptos, si bien útiles y necesarios, no son directamente extrapolables para su aplicación a los megaproyectos. Se requiere también un profundo entendimiento acerca de cómo conformar los equipos y su dimensionamiento correcto, quiénes y cómo deben ser los líderes y cómo deben funcionar e interrelacionarse al interior y hacia el exterior.

El rol del equipo del dueño es sin duda muy complejo y trascendente para el resultado del megaproyecto y tal como su nombre lo indica debe estar conformado por profesionales que desarrollen las actividades y funciones propias del dueño para concretar la oportunidad de negocio. Esta es claramente una función no delegable a terceros equipos o subcontratistas. Al mismo tiempo es necesario que los objetivos del equipo estén claramente definidos y éstos deben ser motivantes, deben describir cómo y por qué el proyecto será un aporte de valor para la compañía y la sociedad. Sus prioridades deben estar nítidamente establecidas y definitivamente los objetivos deben ser percibidos por el equipo como desafiantes, pero alcanzables. Lo contrario provocará una baja moral y disminución en la calidad, lo que probablemente contribuirá a un fracaso si se combina con otras dificultades.

Algunos temas específicos que la experiencia indica deben considerarse para obtener equipos exitosos:

- El núcleo del equipo directivo debe ser integrado muy tempranamente en la vida de un megaproyecto, no debe aguardarse a tener la certeza que el proyecto será una realidad para iniciar su integración. En lo posible el núcleo del equipo debe quedar conformado temprano en la Fase FEL-1, de formulación de la idea. Esta temprana integración asegurará una fluida interacción entre los aspectos técnicos, y los del negocio en etapas fundamentales para la formulación correcta del proyecto. Otro beneficio de esta práctica es la temprana asignación del Director del proyecto, quien normalmente es la única persona que acompaña al proyecto de principio a fin. Una buena química entre las cabezas de un equipo directivo es un factor que colaborará para alcanzar un efectivo clima de equipo y de trabajo. Finalmente, la importancia de la continuidad de los responsables de un proyecto no puede dejar de ser enfatizada.

- El tamaño y composición del equipo es fundamental para su buen desempeño. Es necesario que todas las funciones estén cubiertas y el tamaño del equipo estará generalmente dictado por la complejidad y la cantidad de sub-proyectos en que sea necesario subdividir al megaproyecto y no por el tamaño del mismo.
- En la **Tabla B-2** que se ha adaptado del libro de E.W. Merrow (capítulo 8), se muestra las funciones que deben ser cubiertas o desarrolladas por el núcleo de un equipo del dueño «integrado». Aquí la acepción «integrado» se refiere a que dentro del equipo se cuenta con todas las posiciones funcionales requeridas para administrar correcta y eficientemente el megaproyecto. Las estadísticas señalan que sólo un 22% de los megaproyectos analizados que no utilizaron un «equipo integrado», tuvieron éxito, versus un 51% de éxito entre los que no contaron con él. Ahora bien, un 51% es relevante frente al 22%, sin embargo, también se refuerza el que para tener proyectos exitosos se requiere algo más que un «equipo integrado» del dueño.

Comercial	Control de Proyecto	Compras
Sponsor Comercial del Proyecto	Gerente Control de Proyecto	Coordinadores de Compras
Modelador Financiero	Ingeniero de Costo Jefe	Gerentes de Cadenas de Suministros
	Jefe de Planificación/ Programación	Supervisores de Materiales
	Gerente QA/QC	Especialista en Aduanas
Finanzas	Administración de Proyecto	Construcción
Consultores Financieros	Gerentes de Proyectos	Especialistas en Relaciones Laborales
Representantes de Inversionistas	Director de Proyecto	Gerentes de Construcción
	Coordinadores de Proyectos	
Contratos	Asesorías Profesionales	Relaciones con Autoridades y Gobierno
Gerente de Contratos	Legales	Gerente de Relaciones Públicas
Administradores de Contratos	Recursos Humanos	Coordinadores con Autoridades
		Encargado de Permisos
		Encargados de Comunicaciones y Medios
Operaciones/Mantenimiento	Ingeniería/Procesos	Medio Ambiente/ Seguridad y Salud
Gerente de Operaciones/ Producción	Gerentes de Ingeniería	Jefe de Medio Ambiente
Coordinadores de Operaciones	Jefes de Disciplinas	Especialista en Seguridad
(Cada área de importancia)	Jefes de Procesos	Especialista en Salud Ocupacional
Especialista en Mantenimiento	Especialistas (en temas específicos)	Consultor en Seguridad

TABLA B-2.
EL NÚCLEO
DE UN EQUIPO
DEL DUEÑO

Fuente: Adaptación propia de la Comisión IICH del libro de E.W. Merrow (Capítulo 8).

- Equipos integrados del dueño que son conformados oportunamente podrán actuar como contrapartes eficaces en las fases de pre-factibilidad y factibilidad, agregando valor al proceso. De igual forma, se debe esperar aportes significativos en las estimaciones de costos y en la programación del proyecto.
- Algunas de las características deseables que debe poseer el líder de un megaproyecto son: ser eminentemente generalista (especialistas en nada), capaces de trabajar eficiente y coordinadamente, tanto hacia el interior como hacia el entorno externo del proyecto. Ser capaces de entenderse con las distintas cabezas de su organización. Deben poseer competencias tanto en diplomacia como en negociación asertiva, capaces de exponer los problemas complejos en términos simples y claros.

3.2.4. La Definición del Proyecto (FEL-3)

Existe consenso en la industria referente a la relevancia que tiene el proceso denominado FEL (*Front End Loading*), en el cual a través de etapas sucesivas se alcanza la definición completa del proyecto, tanto técnica como económica.

En este proceso existen instancias de evaluación del negocio («*gates*»), al término de las fases I, II y III en las cuales se decide continuar, parar o reciclar el proceso de definición del proyecto. Es obvio entonces que al término de la fase III el proyecto debe haber alcanzado un nivel de desarrollo de la ingeniería suficiente como para sustentar la decisión de proceder y comprometer la inversión. En términos simples se puede señalar que la ingeniería básica debe estar completa, las especificaciones de los equipos de larga data de fabricación y entrega deben tener órdenes de compra prontas a ser activadas. Por otro lado, la estimación de costos basada en la ingeniería y especificaciones debe tener una alta precisión y nivel de confianza y el Plan de Ejecución del Proyecto (PEP) debe de haber alcanzado un adecuado nivel de desarrollo y detalle. Esto incluye la programación de las fases siguientes, las estrategias de construcción, las de contratación, el plan de comisionado y puesta en marcha suficientemente definidos y avanzados.

El IPA ha definido un conjunto de índices que permiten obtener un ranking de la calidad de los procesos FEL desarrollados. Luego estos índices se han correlacionado con el grado de éxito/fracaso de los proyectos.

Las estadísticas acumuladas para los megaproyectos indican de manera clara que existe una estrecha y directa correlación entre la calidad y completitud del proceso FEL desarrollado y los sobrecostos experimentados por el megaproyecto. A mejor calidad FEL, menor probabilidad de sobrecostos. La misma correlación se aprecia en el cumplimiento de los plazos en megaproyectos.

Desde el punto de vista de la operación y producción de un megaproyecto, las estadísticas también son claras en mostrar que la calidad del FEL es un predictor poderoso. Lo mismo se aprecia en los aspectos de seguridad y salud ocupacional. En este caso un PEP completo y detallado es un buen predictor de mejores índices de seguridad.

Los megaproyectos estudiados que alcanzaron las mejores calificaciones (índices) en el proceso FEL, obtuvieron resultados notables al término de su ejecución y puesta en marcha. En general, concluyeron con un ligero menor costo al estimado, con una distribución $-15 + 25\%$. Su ejecución estuvo de acuerdo a programa con desviaciones $\pm 10\%$ y las fallas operacionales estuvieron dentro de los márgenes previsibles. Lamentablemente sólo un 20% de los megaproyectos alcanzan índices que los sitúan en el rango «*Best Practical*».

Dadas estas evidencias irrefutables ¿por qué los megaproyectos no alcanzan mejores índices? La respuesta a esta pregunta guarda relación con la formación de los equipos. Cuando los equipos del dueño eran «integrados» y con dotación completa/adecuada, el índice promedio alcanzado por la evaluación del FEL estuvo en el rango superior, de buena a excelente. Cuando estas condiciones del equipo no se cumplieron, el índice cayó al

grado de pobre. Por otro lado, desarrollar un proceso FEL acorde a los estándares tiene un costo que oscila entre 2,5 y 5% del monto de la inversión y en muchas oportunidades las organizaciones consideran que pueden ahorrarse una parte de estos costos, saltándose algunas etapas o tareas. La experiencia y las estadísticas muestran que este tipo de ahorros atenta directamente contra el resultado final.

Para concluir este tema es necesario referirse a ciertos conceptos errados, que en oportunidades, dueños y mandantes de megaproyectos suelen esgrimir para no completar debidamente el proceso FEL, argumentando que el grado de completitud del proceso puede ser menor dependiendo de las estrategias de contratación para la ejecución de las obras. En particular se señala que si la estrategia considera contratos tipo EPC a suma alzada, entonces se puede «alivianar» los requisitos del proceso FEL. Nada puede estar más alejado de la realidad. La experiencia indica claramente que el proceso FEL tiene aún más relevancia en el aseguramiento de los costos y plazos en este tipo de contratos (suma alzada) que en otros esquemas contractuales. La razón es simple, mientras más completa y detallada la FEL, menos cambios se presentarán durante la construcción de las obras. Debe tenerse presente que bajo contratos a suma alzada, los cambios que introduce el dueño durante la construcción generalmente representan una fuente perturbadora para el desarrollo del contrato y de utilidades adicionales para los contratistas.

3.2.5. Estrategias de Contratación¹⁴

En general la mayor parte de los trabajos que se requieren para la materialización de un megaproyecto es desarrollada por contratistas, sean éstos de ingeniería, de construcción, de administración e inspección de obras, de certificación y otros. No obstante, para establecer y regular las relaciones contractuales existen múltiples opciones, sin embargo ningún sistema de contratación es garantía de éxito o fracaso. La realidad es muy clara, los sistemas de contratación no son determinantes en el resultado de un megaproyecto, aunque es sabido que los contratistas por regla general se desempeñan bien en proyectos que caminan bien y con dificultades de variada índole, en proyectos que marchan con problemas.

Vale decir que si los proyectos están bien definidos, los «*stakeholder*» alineados, se cuenta con un equipo directivo maduro y competente y el proceso FEL ha sido bien ejecutado, lo más normal es que el contratista alcance un buen desempeño. Por el contrario si el proyecto está formulado como un caso marginal, el equipo directivo con vacíos y con un FEL de baja calidad, los contratistas como regla general no lo harán mejor.

No obstante, siempre es posible encontrar estrategias de contratación que minimizan los riesgos y las sorpresas para el dueño, las que varían dependiendo de una multiplicidad de factores y circunstancias.

Las estrategias básicas de contratación deben ser ya abordadas en la fase de formulación del proyecto y terminadas de pulir y definir en la fase de definición del mismo, cuando se desarrolla el Plan de Ejecución del Proyecto (PEP). Ahora bien, la contratación en megaproyectos es particularmente compleja, tanto en ingeniería como en construcción, puesto que el número de contratistas que tienen la capacidad para ejecutar los diseños y las obras es limitado. En ocasiones se opta por subdividir los trabajos de manera de mejorar la competencia y participación, a costa de «aumentar las dificultades de administración y coordinación entre los participantes».

En el ambiente de los megaproyectos, normalmente son cuatro las formas básicas de contratación utilizadas, con innumerables variantes. Éstas son:

- a. **EPC (Ingeniería, Adquisición y Construcción) - suma alzada.** Internacionalmente es la forma de contratación más utilizada en megaproyectos. Involucra el desarrollo

¹⁴ Ver Anexo C «Gestión de Contratos y nuevos escenarios para la materialización de proyectos de inversión» para mayor información.

de la ingeniería de detalle, las adquisiciones y la construcción. Puede ser que se le contrate a un solo contratista o se subdivida en varios contratos EPC.

En ocasiones la suma alzada se fija una vez alcanzado un avance importante de la ingeniería de detalles.

- b. **EPC/EPCM a Costos Reembolsables.** En esta modalidad el contratista es responsable de la materialización del proyecto a base de un contrato a precios unitarios o alternativamente percibe un porcentaje sobre los costos reales, o bien, percibe el reembolso de los costos y su administración es pagada de diversas maneras, las que pueden incluir bonos e incentivos. En ocasiones esta modalidad es conocida también como «por administración».
- c. **Contratos Tipo Alianzas.** Es una forma de costos reembolsables unido a incentivos, donde todos los contratistas participantes son compensados bajo un mismo esquema, intentando alinear los objetivos del dueño con los de los contratistas a base de incentivos compartidos, si las metas se cumplen.
- d. **Mixtos.** Donde se combinan de la más diversa forma las modalidades ya mencionadas. Así por ejemplo, una modalidad bastante común es contratar la ingeniería y las adquisiciones a costos reembolsables, o precios unitarios, y la construcción mediante contratos a suma alzada.

Algunas consideraciones que es preciso tener presente en relación con las estrategias de contratación, son: las capacidades/competencias del dueño y/o su equipo gerencial, la naturaleza y características intrínsecas del proyecto y la situación del mercado de los servicios de construcción. Una pobre o errada evaluación de ellas puede resultar fatal para el proyecto.

Otros factores que influyen en las estrategias contractuales lo constituyen las fuentes de financiamiento. Cuando instituciones financieras concurren a financiar los megaproyectos, éstas generalmente exigen que se contraten vía EPC-suma alzada. Esto también es lo usual cuando se trata de proyectos financiados por los gobiernos o agencias públicas.

En relación a estas realidades los textos señalan la inconveniencia de insistir en los contratos a suma alzada, puesto que estos contratos no representan un techo o costo garantizado del proyecto, sino que más bien constituyen un piso del mismo. La preferencia por este tipo de contrato proviene de la aversión al riesgo de los mandantes, pretendiendo traspasar, vía el contrato, todos o la mayoría de los riesgos al contratista. Sin embargo, este tipo de estrategia contractual no da buenos resultados cuando las incertidumbres del proyecto y sus riesgos son importantes y no los puede controlar el contratista.

Por otra parte, los beneficios que se pueden obtener de este tipo de contratación viene determinado por el proceso de licitación competitiva, dentro del cual el mandante, si es hábil para ello, puede obtener una gran cantidad de información para administrar correctamente el proyecto y por otro lado alcanzar un mejor conocimiento de los reales costos que tendrá la construcción.

En el caso de proyectos financiados por los gobiernos, o agencias públicas, por regla general se exige licitaciones competitivas para adjudicar contratos por suma alzada. Normalmente se debe adjudicar a la oferta más baja, por lo que una de las maneras de protegerse contra ofertas excesivamente baratas y consecuentemente irrealizables, es establecer procesos de precalificación previa para conseguir una sana competencia entre pares. De todas maneras siempre es sano tener la posibilidad de descalificar ofertas desproporcionadamente bajas.

Finalmente, es importante reconocer que en el caso de proyectos innovadores o con fuertes incertidumbres y riesgos, la estrategia contractual más adecuada es una del tipo costos reembolsables o por administración.

3.2.6. Control y Mitigación de Riesgos durante la Construcción

Si bien el análisis, identificación y control de los riesgos en un proyecto es un proceso que debe iniciarse junto con la idea de él, el control y la mitigación de éstos cobra toda su importancia en el momento de iniciar su materialización y continúa durante toda la construcción. Es en el transcurso de esta fase donde se invierte del orden del 95% del presupuesto.

Por esta razón el control de los riesgos ya debe haberse iniciado en las etapas del proceso «FEL». Así por ejemplo, la elección de la estrategia de contratación seleccionada en la etapa FEL-2 debe haber propuesto el tipo de controles que será necesario implementar durante la ejecución, de manera de tener previsto un monitoreo de las variables críticas a controlar (costos, plazos, calidad, seguridad, medio ambiente, etc.). Es fácil comprender que en el caso de un contrato EPC sumaalzada, el mayor control estará en la calidad y en menor grado en el costo. Por contrapartida, en un contrato por administración el énfasis se centrará en el control de costos y plazos y en menor grado, en la calidad.

De una manera general los riesgos más relevantes a monitorear durante la ejecución de un proyecto son los asociados a: seguridad, programa y plazos, calidad y su interacción con el programa y los costos. En ese orden.

En relación a estos controles y su orden de precedencia, es muy ilustrativo lo que expresa E.W. Merrow en su texto. La seguridad es un valor intransable, por este motivo su control está por sobre cualquier otro. El compromiso con la seguridad que demuestre el dueño y su equipo gerencial fija el estándar y las pautas que serán seguidas por los contratistas y actores de la construcción.

En seguida aparece el programa como el riesgo más relevante a controlar y no el costo y la razón se basa en que un programa que muestra atrasos, es un claro indicador de futuros problemas durante la construcción y el costo final siempre depende fuertemente del cumplimiento del programa. Así por ejemplo, un retraso en los tiempos de entrega de equipos repercutirá en el plazo y costos del proyecto y también en su rentabilidad. Otro ejemplo es el retraso de la ingeniería, el que habitualmente tiene muchas aristas, pero que por regla general impactará finalmente en el plazo y costo del proyecto.

El actual panorama mundial de megaproyectos iniciando la segunda década del siglo XXI, con montos de inversión nunca vistos, también aporta una significativa cantidad de riesgos que es necesario entender y atender. Entre ellos se puede mencionar los siguientes:

- Escasez de ingeniería con las competencias requeridas, afectando de paso la calidad.
- Escasez de contratistas competentes y de mano de obra calificada para atender la demanda presente y proyectada.
- Escalamiento en los costos de equipos mayores y excesivos plazos de entrega.
- Sobredemanda por materias primas básicas (acero, cobre y otras) con el consecuente impacto en precios.
- Falta de capacidad de transporte marítimo para cubrir la creciente demanda.

¿Cómo se puede controlar/mitigar estos efectos? Sin duda es necesario apearse al máximo a los principios fundamentales que aquí se han expuesto y en particular los dueños y/o mandantes deberán prever acciones para mitigar las deficiencias que hoy presentan los distintos tipos de contratistas en: ingeniería (calidad), construcción (calidad y plazos), suministros por «vendedores» (inspección y plazos) administración de la construcción, control de programas y costos, etc. Pensar que estas son responsabilidades que los contratistas deben cumplir y que es posible exigir con contratos más estrictos, es simplemente un espejismo que no es posible cumplir y que finalmente repercutirá en el resultado del proyecto.

4. Particularidades de los Megaproyectos de Inversión Pública

4.1. *Conceptos Preliminares*

Se entiende por megaproyectos de inversión pública aquellos grandes emprendimientos que pertenecen al estado o algún organismo afín, y que son financiados ya sea por inversión directa del Gobierno, por sistemas de concesión, o a través de préstamos u otros.

En el caso de proyectos de inversión pública, a los tres parámetros ya establecidos en el apartado 2.2, para discriminar entre el éxito o el fracaso de un proyecto, es necesario agregar dos más: **la relevancia y la sustentabilidad**, que como se verá tienen un carácter estratégico. Estos conceptos han sido adoptados entre otros criterios por la OECD, para evaluar el resultado de proyectos de inversión pública.

Consecuentemente, un proyecto público exitoso será aquel que además de satisfacer los criterios del párrafo 2.2, también resulta en un proyecto relevante con efectos sustentables en el largo plazo. Si el proyecto no satisface estos dos últimos criterios será un fracaso aunque haya cumplido los tres primeros.

¿Qué se entiende por «relevancia»? Es la amplitud o extensión en la que los objetivos del proyecto son consistentes con los requerimientos o necesidades de los que se benefician de él. En el fondo es una cuestión de utilidad. Si no resulta útil, no es relevante.

¿Qué se entiende por sustentabilidad? Es la continuidad de los beneficios obtenidos de un proyecto, una vez que éste ha sido completado. Es la entrega de beneficios proyectada en el largo plazo.

4.2. *Causas Frecuentes de los Fracayos en Proyectos Públicos*

Esta materia ha sido analizada desde hace varias décadas por las instituciones internacionales que financian proyectos de desarrollo, llámese AID, BID, Banco Mundial u otros. Aquí se reproducirá un resumen de las causas más frecuentes que condicionan el resultado de un megaproyecto, obtenido a partir de estudios llevados a cabo por el Banco Mundial, pues parece englobar la mayoría de las causas reportadas¹⁵.

- Carencia de una percepción y acuerdo compartido sobre los objetivos del proyecto por el equipo del proyecto y los «*stakeholders*».
- Falta de compromiso con el proyecto, tanto del equipo, de la administración y los «*stakeholders*».
- Formulación débil, poco realista y sin el detalle suficiente en la planificación, el presupuesto y los recursos del proyecto.
- Falta de un liderazgo claro y fuerte en el proyecto.
- Líneas de autoridad y responsabilidad poco claras.
- Carencias de recursos (financiamiento, equipos, materiales y suministros).
- Falta de personal adecuado y competente (experiencia).
- Una organización no comprometida con, o estructurada, para una adecuada administración del proyecto.
- Pobre retroalimentación y control del proyecto que impide detectar tempranamente los problemas.
- Pobre análisis y administración de riesgos mayores.
- Demoras causada por la burocracia de los sistemas administrativos, incluyendo entre ellas:

¹⁵ Youker, Robert (1999) Managing International Development Projects – Lessons Learned. Project Management Journal, June 1999.

- Demoras en aprobaciones.
- Demoras en la liberación de los fondos.
- Demoras en las expropiaciones o compras de terrenos.
- Lentitud en las decisiones sobre administración de personas.

Es importante señalar que esta lista no está ordenada por mayor o menor gravitación del factor, y queda claro que cualquiera de ellos es suficiente para afectar seriamente el resultado de un megaproyecto.

Estrictamente, desde el punto de vista de la relevancia y la sustentabilidad, los problemas más recurrentes, que rutinariamente desembocan en fracasos pueden resumirse en la **Tabla B-3**¹⁶.

RELEVANCIA	
Problemas	Causas
Las necesidades de los usuarios se desconocen, son mal interpretadas o ignoradas.	Necesidades de los usuarios son ignoradas por los planificadores y autoridades debido a razones políticas o personales. La manera que los usuarios/beneficiarios son consultados o participan en el proceso previo entrega respuestas equivocadas o no revela las necesidades.
Los objetivos del proyecto son mal interpretados o se desconocen.	Los objetivos nunca son declarados o ellos se expresan de manera poco clara. Los que toman la decisión no entienden la formulación de metas y objetivos que proponen los planificadores.
SUSTENTABILIDAD	
Problemas	Causas
Conflictos entre objetivos y/o estrategias del proyecto.	Soslayando o no resolviendo los conflictos sobre prioridades entre actores clave. No considerando las organizaciones o individuos con poder que se oponen al proyecto.
Falta de compromiso con el proyecto de parte de actores clave.	No identificar que el resultado del proyecto tiene débil apoyo del dueño y de los organismos financieros.
Los beneficios económicos son marginales al compararlos con la inversión y los costos de operación.	Análisis optimistas hacen sobre estimar los beneficios, lo que induce a equivocación a las autoridades que deciden.
Las condiciones del proyecto cambian entre la fase de concepción y su puesta en marcha.	Optimismo y falta de un análisis de riesgos profesional lleva a subestimar costos y otros factores, induciendo a decisiones equivocadas.

TABLA B-3.

Fuente: Ver referencia 16.

Desde un punto de vista meramente estratégico ciertos problemas son más importantes que otros, entre ellos los mencionados arriba son claramente de un orden estratégico superior y deben ser abordados y resueltos prioritariamente antes de enfrentar

¹⁶ Ole J. Klakegg «Challenges in the Front End of Major Public Projects, Relevance and Sustainability, a Survey «Dept of Transport Eng. Norwegian University of Science and Technology. PhD Thesis (2008).

otros. No hacerlo oportunamente significa con certeza el fracaso del proyecto. Esta es una característica muy propia de proyectos de inversión pública, pero ¡cuidado!, algunos de estos aspectos y asuntos sobre relevancia y sustentabilidad también se encuentran en ciertos proyectos de inversión privada, que por su magnitud, localización, naturaleza u otras razones, afectan de alguna manera particular a ciertos grupos de «*stakeholders*». No enfrentar a tiempo y resolver tales situaciones pueden ser causa del fracaso del proyecto en cualquier etapa posterior.

Finalmente, es obvio que los temas que dicen relación con la relevancia y la sustentabilidad deben haber sido abordados y resueltos durante la etapa FEL del proyecto, esto es antes de autorizar su construcción y comprometer fondos.

4.3. *Los Sobrecostos en Proyectos de Infraestructura Pública*

En proyectos de infraestructura pública el tema de los sobrecostos es visto como una maldición ineludible, y por consiguiente es oportuno efectuar algunos comentarios y consideraciones al respecto.

En un trabajo reciente¹⁷ se presenta los resultados estadísticos de una muestra de 258 proyectos de transporte público, con una inversión superior a los 90 billones de dólares. Las conclusiones señalaron que el escalamiento de los costos era fuertemente dependiente del plazo de implementación, medido a partir de la decisión de invertir. Por otra parte, mientras más grande y por ende costoso el proyecto, más grande era el factor de escalamiento de costos observado.

El estudio indica que en promedio un proyecto de inversión pública se encarece del orden de un 5% por año. Por esta razón, una poco prolija planificación que no intenta acortar razonablemente los plazos de implementación, significará sobrecostos no contemplados para el proyecto. Otras fuentes de escalamiento de los presupuestos de inversión son atribuibles a costos por mitigación, incurridos por cambios regulatorios posteriores a la autorización para proceder.

Cualquiera sea la razón de los escalamientos de costos en proyectos públicos, éstos son perjudiciales no sólo al erario público sino que también desprestigia a los gobiernos y erosiona la confianza pública en sus autoridades.

En muchas ocasiones los grandes proyectos de infraestructura pública sufren retrasos y sobrecostos fuera de toda razonabilidad, siendo sus causas muchas de las ya comentadas, que aunque conocidas no se intenta controlar a tiempo por razones difíciles de entender.

5. **Conclusión**

Los proyectos son emprendimientos en los cuales intervienen e interactúan diversos grupos humanos, los que aplican técnicas, conocimientos y experiencia para materializar una idea. El éxito o el fracaso de este emprendimiento dependerá en última instancia en el liderazgo eficaz de los encargados de dirigir y en una sintonía fina entre los distintos grupos humanos participantes, que potencie el trabajo en equipo en pos de los objetivos superiores del proyecto.

Por estas razones el éxito o el fracaso de un proyecto depende siempre mucho más de las voluntades de las personas que participan, que de otros factores.

¹⁷ Flyvbjerg Bent, et al. «What causes cost overrun in Transport Infrastructure Project?» *Transport Reviews*, vol 24, N°1. January, 2004.

ANEXO C

GESTIÓN DE CONTRATOS Y NUEVOS ESCENARIOS PARA LA MATERIALIZACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

1. Gestión de Contratos

Para el desarrollo de un proyecto de inversión se definen un número importante de contratos, que pueden corresponder a ingeniería; asesorías técnicas, financieras y legales; construcción y montajes; suministros de equipos y materiales; control de calidad; tramitación de permisos sectoriales; oficinas y campamentos temporales, arriendo de equipos, etc.

Parte del éxito del proyecto dependerá de que la definición de estos contratos sea bien elaborada, teniendo en cuenta los objetivos del proyecto; también dependerá del adecuado desarrollo de la fase de licitación de cada uno de ellos y de cómo los mismos sean gestionados posteriormente por las partes.

Del gran número de posibles contratos, habrá algunos de carácter estratégico para el proyecto, si existen errores en su gestión, pueden impactar fuertemente el resultado del mismo, o en definitiva llegar a imposibilitar su término, como por ejemplo, su presupuesto, programación y calidad. Ejemplos de estas situaciones se han mostrado en el análisis de los proyectos, tanto en el sector público como privado, que se han incluido en el capítulo 5 de este informe.

Principios Básicos de los Contratos

Los principios básicos que deben inspirar la formulación y posterior gestión de los contratos, son los siguientes:

- Condición de igualdad de las partes.
- Consenso sobre el total del contenido y la redacción del contrato.
- Buena fe (en el pensar y en el actuar).
- Reconocimiento mutuo de honestidad de las partes - confianza.
- Voluntad para entender y aceptar la realidad de la otra parte.
- Voluntad de las partes para conseguir el objetivo común.

Lo anterior está basado en consideraciones éticas y de natural justicia, y es posible demostrar que su cumplimiento es además conveniente a los intereses de las partes.

Gestión de los Riesgos Contractuales

La identificación y cuantificación de los riesgos de un proyecto se debe realizar en la Fase preinversional y de diseño. Los criterios básicos a considerar en la distribución del riesgo son los siguientes:

- Asignarlo a la parte que mejor pueda manejar, controlar y mitigar el riesgo, y que sea capaz de soportar sus consecuencias.
- Los riesgos del contratista deben guardar relación con el tamaño del contrato.

Para definir las prácticas de preparación de contratos que aseguren un equilibrio en las prestaciones, es indispensable convenir entre las partes los riesgos de cargo de cada una.

Las cláusulas del contrato respecto del alcance del trabajo con sus cambios y modificaciones, y la definición del límite de responsabilidad del contratista, pueden ser las que más incidan finalmente en los riesgos del contrato.

Los documentos contractuales en el país son normalmente preparados por el Mandante o su Agente, a diferencia de la práctica en países de Europa Occidental, Nueva Zelandia, Sudáfrica, Australia y otros, donde los documentos son formulados por instituciones y asociaciones especializadas, las cuales recomiendan su aplicación a los contratos de ingeniería y de construcción.

Entre las instituciones especializadas destacan el Institute of Civil Engineers (Inglaterra) que generaron el NEC3, New Engineering Construction Contract (www.neccontract.co.uk). Existe también el Project Management Institute (PMI), el National Society of Professional Engineers (NSPE), el Construction Management Association of America (CMAA), la Federation Internationale de Ingenieurs - Conseils (FIDIC), entre las organizaciones profesionales. Participan también organizaciones gremiales como el Associated General Contractors of America (AGC) y la Associated Builders and Contractors (ABC), entre otros.

La preparación de los documentos contractuales tiene directa relación con la calidad del proceso de asignación de riesgos entre las partes de un contrato, siendo una mala práctica de administración de proyectos, hacerlo en forma unilateral.

Licitación de los Contratos

La fase de licitación es muy importante para la formulación y resultado posterior del contrato. Será en ella donde se elija la empresa que desarrollará los trabajos y se fijen las condiciones para ello.

La preparación de una oferta es un trabajo de alto costo y complejidad que requiere de tiempo y comprensión del asunto licitado. Además será necesario conocer el terreno donde se emplazará la obra, y las instalaciones existentes en el caso de una expansión o transformación, caso éste último que requiere más tiempo y análisis. Para las licitaciones de construcción, se llevarán a cabo también reuniones informativas con los proyectistas para complementar las Bases Técnicas.

La serie de preguntas y respuestas y reuniones sobre el proyecto, deberán ser las necesarias para un cabal entendimiento del trabajo a cotizar. Lo anterior, suponiendo que la documentación técnica y bases administrativas especiales están completas.

En los períodos de licitación, lamentablemente muchas veces el mandante no cumple con la claridad necesaria en las respuestas, ni con las charlas explicativas de los proyectistas, ni con la totalidad de la información técnica, ni con otorgar el tiempo necesario para preparar la oferta.

Por lo anterior quedan temas sin entender, y el proponente que tiene real interés en el trabajo, deberá cotizar asumiendo riesgos desconocidos, con el consecuente efecto negativo en el contrato.

Cabe destacar entonces, que una mala administración en este período de la licitación por parte del mandante, puede terminar en que los principales parámetros de la oferta y posterior contrato sean distorsionados, con el correspondiente impacto en el proyecto.

Solución de Controversias

Como es sabido y de uso corriente, existen alternativas de solución de controversias de contratos, de carácter «voluntaria y no vinculante» y de carácter «obligatoria o vinculante», que van desde la regulación de reclamos administrativos, pasando por la mediación hasta llegar al arbitraje o lisa y llanamente a la justicia ordinaria.

Lo anterior, sin perjuicio de la solución temprana de los conflictos a través de una correcta gestión de los contratos, mediante Paneles de Resolución independientes que

operen en forma permanente, como ser los *Dispute Review Board* (DRB), o bien con la participación de ejecutivos de las partes que actúen y resuelvan pronto, para evitar la escalada y complicación del conflicto.

En todo caso, siempre le asistirá el derecho a las partes de un contrato de recurrir a la instancia obligatoria de solución de controversias, sea ésta de carácter arbitral si así se convino, o en su defecto la justicia ordinaria.

Para las diferentes alternativas de solución de controversias se deberá tener en cuenta lo siguiente: a) conservar la relación entre las partes, b) minimizar costos, c) rapidez, d) privacidad, y e) establecer un precedente.

Los resultados en general, de las diferentes alternativas de solución de controversias son los siguientes:

- Solución temprana por parte neutral (DRB): muy buenos resultados.
- Mesa de solución de controversia: muy buenos resultados.
- Mediación: muy buenos resultados.
- El Arbitraje satisface sólo algunas veces los objetivos de las partes, en particular porque actúa ex post, y no durante.
- El Tribunal es poco probable que satisfaga los objetivos de las partes.

2. Nuevos Escenarios para la Materialización de Proyectos

En las últimas décadas han surgido nuevos escenarios de negocios, así como nuevos desafíos y exigencias que han impactado el desarrollo de los proyectos de inversión y en general la industria de la ingeniería y de la construcción en el país. No todos los actores ni las instituciones involucradas en el desarrollo de proyectos están conscientes de los efectos de los cambios que imponen estos nuevos escenarios. Estos son:

- Proceso creciente de globalización, que lleva no sólo a la difusión o importación de tecnologías y procesos, sino que también trae consigo la adopción paulatina de nuevas exigencias tanto técnicas como de carácter social o político.
- El proceso de privatización de empresas públicas de servicios (sanitarias, puertos) y la aplicación pionera del concepto de concesiones a privados de infraestructura y servicios públicos, ha significado un importante cambio del rol del Estado, el cual ha ido abandonando su antiguo papel de inversionista, para ir gradualmente concentrando su acción en funciones de regulación y control.
- Las fusiones y alianzas entre empresas, en la búsqueda por ampliar y consolidar mercados, aumentar el potencial tecnológico y reducir costos, ha llevado a la formación de empresas extraordinariamente grandes y con organizaciones a veces en extremo complejas, donde no siempre es evidente como se garantiza la gestión integral y eficiente de proyectos de inversión.
- Tendencia internacional a la implementación de proyectos de inversión utilizando contratos tipo D&B (design and build), EPC (engineering, procurement and construction) y BOT (build, operate and transfer), que permiten contratar la ejecución de un bien material completo, más que partes de un todo. Esto no elimina de ninguna manera la necesidad del dueño de mantener un equipo suficientemente capacitado en la gestión de los proyectos y su control, por lo contrario el hecho de delegar tan importantes responsabilidades al contratista en cualquiera de las modalidades indicadas obliga al dueño a estar mucho más preparado en la adecuada y detallada gestión de esos proyectos y contratos.
- Los proyectos deben ser en la actualidad analizados también desde el punto de vista de su sustentabilidad en las variables social (equidad social), económica (mejoramiento sostenido) y ambiental (conservación y protección del medio ambiente).

- Tendencia creciente en el desarrollo de proyectos en la modalidad denominada de «*fast-track*», que requiere de una muy detallada planificación y donde el riesgo de saltarse etapas esenciales en el desarrollo de la ingeniería es alto. En esta modalidad, el dueño debe tomar responsabilidades mayores en algunas de las actividades del proyecto.

Los nuevos escenarios para la materialización de proyectos requieren, cada vez más, de diferentes modos de participación conjunta entre los actores del proyecto de inversión y de la industria en general, donde cada uno aporte sus capacidades y experiencia, definiendo una nueva forma de relacionarse.

ANEXO D

CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD DE LOS PROYECTOS

1. Desarrollo Sustentable y sus Desafíos

Varias son las definiciones de Desarrollo Sustentable que se utilizan, desde la primera y más conocida, entregada a través del Informe Brundtland, elaborado por distintas naciones en 1987 para la ONU, el que enuncia que *«el Desarrollo Sostenible es el Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas»; incluyendo la establecida en nuestra propia legislación, que la define como «el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras»* (Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Artículo 2, Letra g).

Detenerse a analizar esta definición resulta necesario, de modo que, a través de un entendimiento común, se planteen los desafíos que integren las distintas visiones que existen al respecto.

Se define como sujeto de este **desarrollo**, la calidad de vida de las personas. Es entonces el ser humano el eje de este concepto; su calidad de vida es la materia de preocupación frente a la significación del desarrollo. Para que exista Desarrollo Sustentable, esta calidad de vida requiere cumplir con las siguientes condiciones:

- Que mejore sostenidamente;
- Que sea equitativa (es decir, que esté basada en un enfoque de equidad social), y
- Que esté fundada en medidas apropiadas de conservación, protección y uso racional del medio ambiente.

De esta forma, explica la definición, se podrá lograr *«no comprometer las expectativas de las generaciones futuras»*.

Del mismo modo, de nuestra definición local de Desarrollo Sustentable, podemos vislumbrar tres conceptos o pilares ampliamente descritos, que corresponden a la variable social (equidad social), económica (mejoramiento sostenido) y ambiental (conservación y protección del medio ambiente). Bajo la forma de tres «pilares», es fácil entender que no existe ni existirá Desarrollo Sustentable si falla uno de ellos.

Con frecuencia, y desde una visión ecológica más profunda de este concepto, se tiende a hacer referencia de lo exclusivamente ambiental físico o biológico, como única perspectiva, olvidando el sujeto (la calidad de vida de las personas) y su condición en el tiempo. Es decir, la conservación y protección del medio ambiente como única condición, prescindiendo de los requerimientos del hombre. Al respecto, se estima necesario, para efectos de acordar políticas públicas y decisiones en el ámbito privado, que sean socialmente aceptadas, ponderando adecuadamente cada componente.

Por ejemplo, cuando se acuerda una política económica o monetaria, se exige como premisa básica que sea socialmente formulada en forma equitativa y que proteja o use racionalmente los recursos, entre ellos los ambientales.

Sin embargo, del modo contrario, parece no existir la misma cadena lógica. No siempre las definiciones de «lo ambiental» se formulan integrando su viabilidad económica

y su soporte social, y muchas veces el medio ambiente no es visto como el medio que «soporta» las comunidades en su desarrollo integral sino más bien como por el compromiso que éstas asumen frente a la protección de los recursos naturales.

Dada esta permanente disociación o complejo engranaje entre «lo ambiental» y «el resto», cabe preguntarse si existe una justificación para insistir en la aplicación del concepto de desarrollo sustentable en las políticas públicas y en las decisiones privadas.

Es evidente la existencia de una creciente preocupación por el uso eficiente de recursos naturales limitados (nutrientes en el suelo, bosque nativo, agua, minerales, etc.), susceptibles de agotarse y que sustentan, de manera importante, la calidad de vida de las personas y comunidades. Además, se ha verificado que una creciente actividad económica, sin más criterio que la generación de riqueza, produce, tanto a escala local como global, un deterioro medioambiental, que puede llegar a ser irreversible. Pero también es cierto que dicho deterioro ambiental se presenta en aquellas economías precarias o de bajo desarrollo, donde el flagelo de la pobreza ha pasado a ser una de las más significativas amenazas a las condiciones sanitarias, al manejo inadecuado de recursos naturales y a la degradación paulatina de los componentes que sustentan el entorno. En síntesis, pobreza y medio ambiente parecen ser una relación que estimula el círculo vicioso del desarrollo sustentable.

Por su parte, en la medida que las sociedades disponen de mayor información y conocimiento público de los desafíos ambientales, estas preocupaciones han comenzado a tener cierto protagonismo y el término «desarrollo sustentable» puede encontrarse en aplicaciones y ámbitos muy diversos.

En el ámbito de lo privado, las empresas llevan la vanguardia desde un punto de vista de un avance sistemático en la implementación del concepto de Desarrollo Sustentable. Consientes de su responsabilidad en la sociedad al generar riqueza, empleo, utilizar recursos naturales (renovables o no) y estar insertos en la comunidad que las sostiene, integrar los conceptos del Desarrollo Sustentable, sumado a la aplicación de la ética empresarial (consecuencia con un grupo de valores definidos por la propia industria, además de aquellos emanados de la sociedad a través de sus leyes y normas), ha resultado ser clave para su éxito en el tiempo. Aquellas empresas que han internalizado estos conceptos en sus políticas internas y al más alto nivel (Directorios, Gerencias), han verificado beneficios de distinta índole, tales como financieros, de posicionamiento de marca y reputación.

Este mejoramiento de la «calidad de la empresa» (haciendo el símil con la calidad de vida de las personas, objeto del desarrollo sustentable) se verifica en todo tipo de empresas: nacionales, transnacionales, de distintos sectores productivos (energético, forestal, minero, etc.). Convencidos de sus beneficios o por presiones provenientes de consumidores, proveedores, comunidad, inversionistas, organismos públicos, organizaciones no gubernamentales (ONG) u otros «*stakeholders*», crecientemente los avances que se han propuesto las empresas son informados a la comunidad a través de Reportes de Sustentabilidad o Indicadores de Desempeño; inclusive, en algunos casos, es medido con fines financieros, permitiendo a algunas empresas cuyas acciones se transan en mercados bursátiles internacionales, lograr valores preferenciales (ej, Dow Jones Sustainability Index, Bovespa). En una industria nacional con clara vocación exportadora, el «blindaje» a través de la sustentabilidad, trae consigo claros beneficios en la posibilidad de «colocar» productos en mercados exigentes y frente a posibles barreras para-arancelarias o acusaciones de «*dumping ecológico*».

El mejoramiento continuo y el fijarse metas más desafiantes ha sido una constante de aquellas empresas que han ido incorporando el Desarrollo Sustentable en el «corazón» de sus políticas; no es de extrañarse que en sus organizaciones los «encargados» de estas materias han ido aumentando en número e importancia, en que el cargo de «Gerente de

Desarrollo sustentable» sea una posición «deseada» y en que su persona forme parte de las decisiones que rigen el destino de las más importantes políticas de la empresa.

No obstante lo promisorio de la visión anterior, es necesario reconocer que un gran número de empresas en Chile –muchas de ellas de tamaño mediano y menor– no han ingresado todavía, en forma sistemática, al círculo virtuoso del desempeño y desarrollo sustentable. Así, es posible encontrar aquí uno de los más importantes desafíos en esta materia.

En el ámbito de lo público, desde donde nacen las políticas que gobiernan nuestra sociedad y nuestro porvenir, se verifican iniciativas aisladas y desintegradas en la materialización del concepto del Desarrollo Sustentable. La visión y aplicación transversal del tema no es más que una declaración de principios, sin el despliegue práctico y necesario que una iniciativa de esta naturaleza requiere.

Una de las principales carencias y desafíos del país es el desarrollo e implementación de una política para el desarrollo sustentable.

En efecto, en nuestro país no existe una Política de Desarrollo Sustentable; lo que sí existe es una Política Ambiental para el Desarrollo Sustentable, por cierto ya obsoleta en muchos de sus aspectos (es decir, la visión desde uno de los pilares de la definición en cuestión, sin la necesaria integración de los conceptos, como hemos expuesto anteriormente). Este documento fue aprobado por el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, en el año 1998. Siendo este Consejo constituido por ministros de distintas carteras, que a su vez están llamados a incorporar este concepto en las políticas y programas que son de su quehacer. Es notable que esta Política Ambiental de 1998, tenga incorporados, como fundamentos, precisamente los conceptos de Calidad de Vida de las Personas; la complementariedad entre Desarrollo Económico y Sustentabilidad Ambiental; y, el concepto de Equidad Social y Superación de la Pobreza.

No obstante, gran parte del esfuerzo realizado a partir de dicha Política ha estado focalizado en «lo ambiental», no considerando con fuerza la integración de los otros pilares del desarrollo.

Chile ha desplegado un enorme esfuerzo, gradual y sostenido, para crecer y desarrollarse en las distintas áreas de interés nacional: económico, social, ambiental, financiero, salud, etc. A través del desarrollo de su democracia y de sus gobiernos estables, ha logrado llegar a ser reconocido internacionalmente en cuanto a indicadores económicos, de transparencia, ambientales, de competitividad, etc. Así, son varios los ingredientes que permiten dar el paso hacia el sueño de un desarrollo sustentable, a saber: esta condición de país «saludable»; la nítida declaración del Consejo Directivo de CONAMA respecto del concepto y necesidad de avanzar hacia un Desarrollo Sustentable; la necesidad del país de profundizar integradamente en este sendero y el deseo de la sociedad de desarrollarse sustentablemente; continuar creciendo económicamente con un uso intensivo y racional de los recursos naturales. La presión internacional de avanzar comparativamente (insertándonos en círculos de élite como la OECD), nos llaman a dar pasos claros, a permitirnos soñar, a avanzar sistemáticamente, y a demostrar que Chile sí cuenta y se proyecta con Desarrollo Sustentable.

Debido a que integrar los distintos ámbitos que componen este desarrollo integral requiere de tiempo, se estima necesario, desde el ámbito público, contar con una Política transectorial de Desarrollo Sustentable, con participación de la comunidad, que tenga claridad de los distintos roles (Estado y Privados); que sea gradual y que incorpore el concepto del mejoramiento continuo; que sea integrada en las diversas Políticas Públicas sectoriales, que tenga un plan de avance concreto, que sea medible objetivamente y sus resultados conocidos por todos pero, ante todo, que nos permita concordar acerca del país que queremos desde esta perspectiva.

2. Concepto de Proyecto Sustentable

Desde un punto de vista amplio se entiende por proyecto sustentable aquel que es compatible con el concepto más general de desarrollo sustentable de la zona, país o región en la que está inserto o sobre la que tiene o recibe influencia. Un proyecto agrícola destinado a la exportación de sus productos, por ejemplo, será sustentable en la medida que considere no sólo las condiciones de su entorno inmediato sino que también las condiciones actuales y futuras que le impondrá el medio más amplio donde se colocarán sus productos; condiciones que no sólo determinarán ese proyecto específico sino que también, en algunos casos, la cadena completa de producción, almacenamiento, *packing*, transporte, distribución y comercialización, como sería el caso, en este ejemplo, la huella del CO₂.

En este informe, el concepto de proyecto sustentable incluye variables no necesariamente consideradas como ambientales, de acuerdo a la acepción más común de ese término, sino que también variables como entorno económico, cambios tecnológicos y otros de similar naturaleza.

A N E X O E

DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LOS PROYECTOS SELECCIONADOS

ANEXO E 1. SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE SANTIAGO - TRANSANTIAGO

1. Introducción

Transantiago constituye uno de los proyectos de la ingeniería chilena más importantes y ambiciosos de las últimas décadas, siendo percibido todavía por gran parte del país como un fracaso de acuerdo a las grandes expectativas cifradas en él.

Este documento presenta una breve descripción y análisis del proyecto, enfocado principalmente a identificar las grandes enseñanzas que nos deja la pobre aplicación de la gestión integral de proyectos de ingeniería a una política pública de la magnitud y naturaleza de Transantiago.

2. Génesis del Proyecto

El sistema de transporte público en la década de los 80 presentaba en el área metropolitana una operación caracterizada por la libre competencia realizada por más de 14.000 buses. Esto mejoró con la licitación de buses de principios de la década del 90, donde se redujo esta cifra a alrededor de 8.000 buses, las llamadas «micros amarillas», pero no estuvo particularmente enfocado a una industrialización y modernización del sector ni a la gestión operativa del sistema, con lo cual se siguieron presentando problemas como:

- Alta contaminación ambiental por tratarse de muchos buses que servían los mismos pares orígenes-destinos de viajes, con bajas exigencias de calidad en términos de normas de contaminación.
- Mantención de la propiedad atomizada a cerca de 3.000 operadores agrupados en una asociación gremial poderosa, vinculada a la venta de repuestos y combustible de los vehículos de sus asociados.
- Escasa industrialización del sistema, con empresas sin constituciones legales, ni sistemas contables.
- Choferes con escasa preparación, sin normas mínimas de trabajo y previsión social.
- Niveles de servicio de mala calidad, con tiempos de viajes altos por exceso de oferta que provocaba congestión vehicular en las principales vías.
- Accidentes permanentes por las continuas disputas de los choferes en la ruta, al tener participación por **boleto vendido** en el corte de boletos.
- El Metro de Santiago operando en forma independiente con una subutilización de la Línea 2 y de algunos tramos de la Línea 1, principalmente en el sector poniente de la ciudad.
- Tratamiento inadecuado hacia los escolares por parte de los choferes por tener un pasaje rebajado con escaso incentivo para dar este servicio.

Todos los puntos anteriores, sumados a efectos cruzados en algunos de ellos, se traducían en una disminución paulatina de la participación modal de transporte público masivo, reflejada en las cifras que mostraban las encuestas de orígenes-destino de viajes en Santiago de esa década.

Preocupadas por lo anterior, las autoridades políticas propusieron varios Planes de Infraestructura y Gestión de Transporte, siendo el más destacado el denominado Plan de Transporte Urbano de Santiago (PTUS), que tenía varios programas y del cual el sistema de transporte público era uno de ellos. Este PTUS finalmente derivó en el primer lustro de la década del 2000 en el proyecto Transantiago, generándose una entidad pública denominada Coordinación General del Proyecto Transantiago.

3. Supuestos y Definiciones Principales

El objetivo declarado del proyecto, cuando se presentó en noviembre del año 2000, fue que representaba «el incentivo del transporte público como medio de transporte principal de la ciudad y la racionalidad del uso del automóvil». Este objetivo inicial, fue complementado con diversas declaraciones de altas autoridades políticas y campañas publicitarias donde se prometía que el proyecto dotaría a la población del Gran Santiago de un sistema de transporte público moderno, seguro, amigable, eficiente, confiable y no contaminante, eliminándose para siempre los vicios del sistema existente.

3.1. *Económicos y Financieros*

Desde el punto de vista económico, el supuesto principal consistió en que el sistema debía autofinanciarse. Este principio formó parte permanente de todo el proceso de diseño del sistema.

Se dividió la ciudad de Santiago en unidades de negocios: 6 unidades denominadas troncales, que articulan el sistema y 10 unidades alimentadoras, que dan servicios de acceso a las unidades troncales. Cada unidad estaría a cargo de empresas distintas, encargadas de la operación solo de los buses de su unidad.

Para asegurar la presencia de empresas operadoras en la licitación del sistema se les aseguró a todas ellas un ingreso continuo y estable, lo cual incorporaba supuestos de variaciones menores de la demanda de pasajeros, de manera de mantener el valor de la tarifa también con escasas fluctuaciones y evitar de esta manera un impacto en la población. Se consideró un supuesto de evasión de un 10% y que la calidad del servicio sería tal que no disminuiría la recaudación esperada por este concepto. La calidad de servicio supuso velocidades de operación de los vehículos circulando por vías exclusivas de transporte público, para efectos de obtener los niveles de demanda de pasajeros estables que se incorporaban en los cálculos financieros.

Los contratos diseñados incorporaron el pago por distancia recorrida de bus operando (bus-km) y no por pasajero transportado (pas-bus), para propiciar de esta manera la participación de empresas operadoras internacionales, principalmente a nivel de los servicios troncales. No se incorporó ningún tipo de subsidios del Estado a la operación del sistema, dado que las grandes cuentas con los números estables de demanda de pasajeros y costos de operación considerados no lo hacían necesario. Se consideró una entidad que administraría financieramente en forma independiente el sistema, encargada de recaudar los ingresos por pasajeros y distribuir los pagos a los operadores.

3.2. *Físicos y Operacionales*

El modelo de diseño de transporte público de Transantiago estuvo enfocado a un sistema integrado Troncal-Alimentador, con el Metro de Santiago como el gran articulador del sistema. El sistema, concebido de esta forma, permitiría disminuir el **consumo** de vehículos por kilómetro, al tener servicios alimentadores de corta distancia a los ejes troncales, aumentando el número de transbordos de los usuarios que realizaban viajes de mediana y larga distancia.

Se supuso una infraestructura de transporte público de 280 km de corredores segregados en la red vial para la circulación de los ejes troncales. Cada uno de éstos permitiría

una velocidad media de operación mayor a los 20 km/hr. Los números bajo estos supuestos indicaban que el sistema funcionaba con alrededor de 5.000 vehículos de Flota Operativa.

Se incorporó también un sistema de manejo de flota centralizado, encargado además de dotar de la tecnología al interior de los buses a las distintas empresas para regular y cumplir con el diseño operacional concebido para cada servicio. Se consideró la ausencia de dinero en el pago del boleto introduciendo para ello el uso de la tarjeta magnética, proceso que se realizaría al interior de los vehículos.

3.3. Modelos de Comportamiento

Para estudiar la asignación de la demanda de pasajeros a la red integrada de transporte público, se construyó y calibró un modelo de Diseño de Redes de Transporte Público multimodal (metro más buses troncales y alimentadores) para el Gran Santiago. No se incorporó en el modelo el modo taxi colectivo en el sistema integrado, para no complejizar aún más el problema. El modelo de diseño de redes contiene un sub modelo de diseño físico que define trazados y tarifas y un sub modelo de diseño operacional que determina, dado un conjunto de trazados y tarifas, las distintas frecuencias que minimizan una función de costo social total del sistema (operadores más usuarios). Es decir, como parte del modelo de diseño operacional, existe una función de costos de los operadores que refleja, por ejemplo, el impacto en ellos de servicios más extensos y también un modelo de comportamiento de los usuarios, que indica cómo estos se asignan a los distintos servicios ofrecidos. Este modelo de asignación contiene parámetros que valoran: la aversión al transbordo, el tiempo de acceso, el tiempo de espera, el tiempo de viaje arriba del vehículo y la tarifa a pagar por el viaje total y en sus distintas etapas. Al momento de asignar los pasajeros a los vehículos, el modelo incorpora también la restricción de capacidad de los vehículos.

La demanda de usuarios a utilizar en el modelo de comportamiento de los usuarios provino de una matriz de viajes resultante de un proceso de encuestas de terreno realizadas a bordo de los buses amarillos. Estas encuestas se realizaron el año 2004 para una muestra del 16% del universo de usuarios de los buses amarillos del Gran Santiago, encuestando tanto a los pasajeros adultos como a escolares en el sistema de esa época.

4. Puesta en Marcha

Sin haber realizado ninguna experiencia piloto para hacer las corroboraciones mínimas que cumplieran todos los principios de diseño supuestos, el proyecto entró formalmente en operación en febrero del año 2007. Se argumentó que los compromisos de contrato firmados de las licitaciones adjudicadas de cada unidad de negocio hacían insostenible seguir postergando la iniciación del proyecto por la gran deuda que se acumulaba con los operadores.

El proyecto no contó con una etapa de ingeniería de detalle donde se estudiaran la operación en los principales puntos de transbordo, la ubicación de los paraderos, una gestión de tránsito para la circulación adecuadas de los buses articulados de mayor tamaño, el sistema de control de flota operacional y regularidad operando, etc. Se sumaba a lo anterior que la unidad de fiscalización existente no contaba con programas adecuados ni personal técnico suficiente para realizar estas labores relevantes para mantener la regularidad del sistema. El total de buses implementado en febrero de 2007 se contabilizó en 3.400 buses según cifras entregadas por Transantiago y la cantidad de corredores exclusivos alcanzada solamente a 20 km, cifras muy inferiores al diseño de ingeniería realizado.

En los primeros meses de funcionamiento se generó una reacción muy adversa de la ciudadanía al proyecto, razón suficiente para que la autoridad de transporte dispusiera de una serie de medidas de emergencia para mitigar los impactos. En general estas medidas, sumadas al cambio de autoridades políticas del sector transporte, lograron paliar, solo en parte, los problemas existentes, generándose nuevas medidas destinadas fundamentalmente

a mejorar los niveles de servicio, a través de un aumento de la fiscalización en terreno. Se generaron indicadores de operación de las empresas y una revisión de los contratos, de manera de incorporar incentivos que apuntaran a regularizar la cantidad y la operación de los buses comprometidos. Estas medidas implicaron un aumento considerable de los costos del sistema, superando a los beneficios por ingreso, alcanzándose un déficit Anual del año 2007 de US\$358,6 millones¹⁸.

5. Mejoramiento del Sistema

Los resultados alcanzados el primer año de funcionamiento provocaron en la autoridad una primera reforma a los contratos y la incorporación en ellos de índices de calidad de servicio. También se dispuso la eliminación paulatina de los buses «enchulados» por los impactos provocados en la contaminación ambiental y calidad del servicio. Para mejorar los niveles de servicio de la periferia, se aumentaron los recorridos y mejoró la cobertura de trazados de servicios alimentadores. Se identificaron aquellos servicios que poseían menores índices de calidad y fueron sancionados. Aunque estas medidas mostraron mejoras en el sistema, resultaron insuficientes y las pérdidas anuales del año 2008 crecieron a US\$590,5 millones, provocados por un aumento de los vehículos-kilómetros del sistema al mejorar la cobertura y la cantidad de servicios y la permanencia de una demanda insuficiente provocada por el alto grado de evasión de los usuarios, el cual se mantuvo inalterable respecto al primer año.

La coyuntura política existente a fines de 2009, provocó un largo debate sobre la necesidad de generar subsidios al sistema de transporte público, con el fin de paliar el fuerte déficit que presentaba el proyecto. Finalmente, se logró el acuerdo político en julio 2009 para un subsidio nacional para el transporte público de US\$3.460 millones, que garantiza su operación hasta el año 2014, tanto en Santiago como en regiones. El desglose de la cifra de US\$3.460 millones incluyó un subsidio transitorio para cubrir el déficit por \$549 mil millones para Santiago, que se replica en un monto similar para regiones y otro subsidio permanente para los estudiantes de \$575 mil millones, también con un valor similar en regiones, que permitirá reducir la tarifa de adultos en aproximadamente un 20%.

Entre los otros puntos de los acuerdos logrados, estuvo la necesidad de generar el mejoramiento institucional requerido a través de la creación de una entidad técnica. Finalmente, se acordó la formación de un **Panel de Expertos** que, si bien no tiene las atribuciones de una Autoridad Metropolitana de Transporte, a partir de fines del 2009 es el encargado de los aumentos de tarifas para paliar el déficit del sistema. Los vaivenes del precio del petróleo a nivel mundial, sumados al aumento de los costos de operación de los operadores por la extensión de la longitudes de los servicios y una evasión incontrolada, propició una activación de una política de reajuste tarifario aceptada por la nueva ley, que se mantuvo durante gran parte del año 2010.

6. Conclusiones

El análisis de los pasos seguidos en la elaboración de este proyecto ha indicado que, independientemente de que en algunas partes de él se aplicaron tecnologías modernas y procesos de ingeniería adecuados, el global del proyecto contenía, desde el inicio, elementos que comprometían el cumplimiento de los objetivos declarados. La restricción de autofinanciamiento del proyecto, dificultó significativamente la solución para alcanzar el objetivo original en forma satisfactoria. En ese momento el objetivo ó alcance del proyecto debió revisarse y explicitarse. Es probable que aun cuando se hubieran cumplido todos los requerimientos del proyecto, esta incompatibilidad entre objetivos y restricciones ya contenía un germen de comportamiento futuro deficiente.

¹⁸ Fuente: Transantiago 2009.

El proyecto comenzó sin tener la etapa de diseño completamente concluida, por lo que se puede hablar de una puesta en marcha inconclusa, particularmente con lo que tiene que ver con la infraestructura y los sistemas de flotas para controlar la regularidad de los servicios. En esta etapa del proyecto, la realización de un análisis de riesgos hubiera permitido identificar las consecuencias de extender el plazo de la puesta en marcha, hasta tener las variables de diseño relevantes en mejor estado.

En la construcción y calibración de los modelos operacionales, no puede dejar de mencionarse que por tratarse de modelos de comportamiento tanto de usuarios como operadores, supone que estos actúan de cierta forma lo cual si no se cumple conduce indudablemente a resultados o predicciones muy diferentes de las que se producen realmente. A nivel de la definición de los trazados, ésta estuvo enfocada principalmente a la definición de los servicios troncales, lo cual condujo a problemas de los servicios alimentadores, principalmente por la cobertura definida para ellos. Al respecto, no se consultó en el diseño a los futuros operadores, ni se tuvieron a la vista instancias de participación de la ciudadanía en los diseños de los nuevos servicios, para hacerlos sentir más involucrados en el sistema.

Es importante mencionar además que, tanto operadores como usuarios no reaccionaron como se esperaba ante un proyecto de esta naturaleza. El cambio cultural de los operadores, de pasar de una cultura de la competencia a una cultura de servicio, no estuvo a la altura de lo esperado. A nivel de los usuarios, se fue demasiado inocente en el diseño, no contemplándose el riesgo que involucraba los altos niveles de evasión que concitaba el sistema, dejándose la entera responsabilidad del financiamiento del mismo, al pago de pasaje por parte de los usuarios. Es evidente que la evasión debió estudiarse con mayor profundidad, analizando la reacción de los usuarios al verse enfrentados a un sistema distinto con menores barreras de control. Respecto a la calidad del servicio, los supuestos fueron muy optimistas, en el sentido que los usuarios reaccionarían positivamente desde un principio ante un nuevo sistema que les ofrecería un servicio desconocido y bastante distinto al acostumbrado con los buses amarillos. Al respecto, el sistema comunicacional de información al usuario no fue una prioridad en el diseño, generándose una publicidad inadecuada sin explicaciones y soluciones concretas a los problemas del nuevo sistema ofrecido.

Otra falla identificable en el análisis de este proyecto es la falta de continuidad en términos de gestión del proyecto, considerando que en un plazo relativamente corto se sucedieron varios responsables, sin que hubiera la necesaria unidad de criterios, faltando prolijidad en la designación de las autoridades encargadas de llevar a cabo la implementación del sistema.

Faltó en la autoridad política mayor ilustración de la envergadura del impacto del problema que se estaba resolviendo, para destinar los recursos que se requerían en forma anticipada y oportuna, para lograr los parámetros de diseño supuestos. La discusión política sólo se realizó activamente una vez que el caos inicial de la puesta en marcha era manifiesto.

La lección en estos puntos es que la ingeniería, al simular proyectos que involucran políticas públicas, debe apoyarse en otras disciplinas que permitan conocer anticipadamente las variables de comportamiento de los principales actores que intervienen, siendo el desafío siguiente reflejarlos de manera adecuada en los modelos matemáticos.

De todo lo anterior se desprende una serie de faltas a la buena práctica en la ejecución de proyectos de inversión, que se concentran en lo que se considera la parte fundamental de un proyecto: la adecuada definición de los objetivos y alcances. El objetivo inicial y la serie de objetivos secundarios o restricciones, contienen finalmente un alto grado de incompatibilidad e inconsistencia entre ellos, que por sí solos explican la evolución del proyecto. A modo de ejemplo, el sistema de subsidios que se aplica en los sistemas de transporte público más connotados del mundo, paradójicamente, se opone completamente a los principios básicos del proyecto originalmente diseñado en Chile.

Está demostrado que Transantiago ha ido mejorando respecto a su puesta en marcha del año 2007 y también que los costos han superado todas las expectativas. Se espera que las mejoras aumenten en forma manifiesta con las nuevas reformas a los contratos y rediseños de los servicios, aprovechando las nuevas licitaciones que se aproximan. Se debe mantener el seguimiento continuo y control de todas las etapas de infraestructura que aún faltan por concluir, para tender a que los valores de las variables de diseño logren por fin la estabilidad requerida.

Se deben aplicar medidas complementarias que apoyen la mitigación para el déficit natural de los sistemas de transporte público masivo. Al respecto, existe consenso técnico de que una medida de tarificación vial es de toda racionalidad económica, y genera recursos que se pueden invertir, si se manejan en forma adecuada en el sistema de transporte público.

ANEXO E 2. TREN URBANO VALPARAISO - Merval

1. Introducción

1.1. Antecedentes Históricos

La interconexión vial Valparaíso-Viña del Mar, concebida a comienzos del siglo XX como un «camino plano», que seguía estrechamente el trazado del tendido ferroviario por el borde costero fue concluida en 1922. Cincuenta años más tarde, representaba aún la única y exigua vía de interconexión vial entre el Puerto y la Ciudad Jardín. Surgieron entonces distintos proyectos que pretendían resolver el problema, con concepciones técnicas y urbanísticas radicalmente opuestas entre ellas.

Finalmente, el mejoramiento y ensanche vial de la Avenida España se programó en tres etapas, la última de las cuales se completó en 1986. Quedando por definirse la denominada IV Etapa, que postulaba resolver el desajuste urbano que producía el antiguo servicio ferroviario, circulando sobre un terraplén por el centro de la ciudad de Viña del Mar, dividiendo la ciudad e imponiendo una barrera visual y física que generaba serios trastornos en la trama urbana.

Los estudios realizados para dar solución a esta IV Etapa fueron numerosos a lo largo de casi tres décadas. Finalmente en 1996, la Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transportes, aprobó el Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano del Gran Valparaíso, que consideraba como eje articulador, para el centro de Viña del Mar, el hundimiento de la faja ferroviaria en su paso por el centro de la Ciudad Jardín, generando en la superficie una avenida de 45 metros de ancho, denominada Viana-Álvarez, en toda la extensión.

1.2. El Proyecto Conceptual de la IV Etapa

Los casi cuarenta años de estudios y planes para mejorar la conexión vial Valparaíso-Viña del Mar quedaron finalmente plasmados en un anteproyecto que consideraba las siguientes obras principales:

- Túnel Ferroviario: El soterramiento de la vía férrea entre Capuchinos y Chorrillos, en un recorrido de 5,2 km, incluyendo 4 estaciones subterráneas: Miramar, Viña, Hospital y Chorrillos.
- Mejoramiento Integral de Merval¹⁹, con la renovación total de la infraestructura ferroviaria entre la estación Limache y Estación Puerto (43 km) así como la totalidad del equipamiento, en particular el material rodante.

¹⁹ Merval: la empresa ferroviaria establecida en 1987 como administración delegada de EFE, la que desde sus inicios impulsó el concepto de Metro Regional. En 1995 se transforma en empresa filial autónoma. Merval se hace luego cargo del proyecto IV Etapa.

- El Par Vial Viana-Álvarez: La habilitación de una avenida de 45 metros de ancho entre Caleta Abarca, por el poniente y Chorrillos por el oriente. Esta vía conecta la Avenida España, y Valparaíso, con la autopista Troncal Sur que accede al interior de la V Región.

1.3. *Las Consecuencias*

Todas estas obras responden a un concepto global de integración del Gran Valparaíso, mediante un «Metro Regional» como factor estructurante del transporte interurbano. Con ello se dio un paso importante en la materialización de un sistema eficiente, seguro y sustentable en el corredor Limache-Puerto y que resuelve para siempre el conflictivo tránsito del tren por el centro de Viña del Mar.

Lo anterior corresponde a las consecuencias directas que estaban planificadas para el proyecto IV Etapa, sin embargo no pueden dejar de mencionarse las consecuencias secundarias del emprendimiento, las que tienen un impacto tremendamente favorable en la calidad de vida y desarrollo urbano de las ciudades de Viña y Valparaíso.

En efecto, el proyecto tendría (y tuvo) un visible y significativo impacto en la descongestión vial del Centro de Viña del Mar, y un positivo impulso de renovación y desarrollo inmobiliario de todo el sector céntrico a lo largo del trazado soterrado. Por otro lado, en todo el trayecto entre Miramar y la estación Puerto, se postuló la recuperación del borde costero, al desaparecer los antiguos talleres y patios ferroviarios, dando paso a superficies destinadas a áreas verdes, paseos peatonales y el esparcimiento de las personas, y quizás lo más relevante, se recuperó la vista y acceso al mar para toda la zona costera ya señalada.

1.4. *La Rentabilidad Social*

El análisis económico efectuado por Merval S.A., con la cifra de las inversiones definitivas (aproximadamente US\$340 millones de la época), utilizando la metodología «clásica» de la evaluación social de Proyectos, determinó la rentabilidad social de la inversión en un 13,5%. Esta tasa interna de retorno del proyecto llegaba a valores del orden del 20%, si se utilizaba la metodología que considera los beneficios a usuarios.

Cálculos recientes sobre los cambios en el mercado del suelo, como consecuencia de la ejecución del Proyecto, indican que el valor del suelo se duplicó. Una estimación conservadora para el aumento en la plusvalía del terreno en el sector, asciende hoy a un valor cercano a los US\$300 millones, prácticamente el monto de la inversión.

2. *La Materialización del Proyecto IV Etapa (Merval)*

2.1. *La Gerencia del Proyecto*

Una vez aprobada la inversión, los asesores del ejecutivo en materia de infraestructura pública, tanto del Presidente Frei como del Presidente Lagos, recomendaron emplear la figura administrativa de una Gerencia de Proyecto, independiente y autónoma que reportara directamente al Directorio de Merval. Modelo que había sido empleado con éxito en Esva para enrielar y concluir de manera decorosa el proyecto del Colector Esva, que tantos contratiempos sufrió y cuyas facetas principales se discuten en otro capítulo de este documento.

En virtud de lo instruido, el Directorio de Merval determinó la creación de una Gerencia del Proyecto IV Etapa, a cargo de un Gerente de Proyecto que tenía un mandato del Directorio y al que se le otorgó los medios y recursos para cumplirlo. Como se verá más adelante, esta decisión de estrategia organizacional y administrativa, fue en gran medida responsable de la exitosa materialización del proyecto.

2.2. *El Plan Maestro del Proyecto*

La primera tarea que abordó la Gerencia del Proyecto fue completar y terminar de estructurar el plan maestro del proyecto. Entre los aspectos más relevantes se encontraban: el plazo de puesta en servicio, fijado para fines del año 2005 y un presupuesto máximo de 340 millones de dólares. Adicionalmente, había que cumplir dos exigencias técnicas complejas: la mantención permanente y continua del servicio ferroviario de carga y pasajeros y la conectividad vial permanente a través de la faja ferroviaria en toda su extensión y en particular en Viña del Mar y demás ciudades, servidas por el tren.

2.3. *La Ingeniería del Proyecto*

Existía plena conciencia que el proyecto de ingeniería a desarrollar era en extremo complejo, tanto por las dificultades naturales y técnicas que debían ser resueltas, como por las restricciones adicionales que tenían de respetarse en beneficio del menor impacto en la ciudad y en la mantención del servicio ferroviario. También se reconocía que era necesario contar con la experiencia de proyectos similares, desarrollados en otras latitudes. Por esta razón, para asignar los contratos de ingeniería se procedió a una precalificación previa de empresas y consorcios de ingeniería que acreditaran la experiencia requerida.

Participaron en este proceso las más importantes empresas de ingeniería del país, asociadas o con la participación de empresas extranjeras especializadas, las que aportaban una significativa experiencia en proyectos de similar naturaleza. En la licitación, el criterio de asignación privilegió de manera importante la calidad y experiencia de los ingenieros y expertos que integraban los equipos profesionales propuestos, así como también, las metodologías ofrecidas para abordar los complejos diseños requeridos.

El desarrollo de las ingenierías básicas y de detalles tomó algo más de dos años, y significó la producción de más de seis mil planos y mil documentos entre memorias, informes, especificaciones y otros estudios. De todos los diseños necesarios para el proyecto, los relacionados con el tramo soterrado en Viña del Mar, sin duda, constituye el desafío ingenieril más relevante. No sólo por las dificultades técnicas que hubo de resolver sino porque debía permitir que las complejas tareas de construcción y montaje se desarrollasen totalmente dentro de la estrecha faja ferroviaria, entre las avenidas paralelas Viana-Álvarez (con un ancho promedio de unos 14 metros), sin afectar la conectividad existente y manteniendo además el servicio ferroviario de pasajeros y carga. Cabe mencionar que el cumplimiento a todo evento de estas condiciones adicionales, inicialmente hizo dudar a expertos internacionales de la factibilidad de construir el proyecto satisfaciendo tales exigencias.

2.4. *El Método Constructivo del Túnel*

La selección de un método constructivo para un proyecto es, en general, un proceso complejo en el que interviene un gran número de variables y condiciones que deben ser satisfechas simultáneamente, y cuyo resultado depende de las ponderaciones o importancias relativas de las variables que intervienen. En atención a ello el resultado no es único, puesto que si las ponderaciones de las variables se modifican, entonces la solución cambia. La selección del método constructivo para el túnel del proyecto MERVAL es un claro ejemplo de lo señalado. El proceso de análisis de alternativas, la ponderación y jerarquización de las variables técnicas, de costos, sociales y medioambientales se desarrolló con rigor metodológico, entregando como conclusión que el método más adecuado era el de excavación en trinchera abierta, empleando como sostenimiento temporal una estructura conocida como «pared moldeada», para luego construir dentro de la zanja la estructura del túnel y tapar.

Los suelos donde se emplazó el túnel están constituidos principalmente por arenas saturadas, que sobreyacen a la roca basal. Esta se encuentra a profundidades variables

en el trazado, entre 8 metros y algunas decenas de metros. La cota del riel en el túnel se ubica aproximadamente entre los 13 ó 14 metros bajo la superficie del terreno, lo que significó profundidades máximas para la pared moldeada de unos 22 metros. El proceso de excavación de la zanja interior para construir el túnel exigió el agotamiento continuo y permanente de la napa freática.

Para concluir esta breve reseña técnica, cabe mencionar que en el diseño de la pared moldeada, las excavaciones y el diseño estructural del túnel, se emplearon métodos de análisis de última generación, altamente sofisticados, que permitieron una precisa evaluación de la interacción suelo-estructura, empleando leyes constitutivas no lineales para el suelo. Ello permitió una muy ajustada modelación y representación de las secuencias constructiva, esto es, la excavación por etapas, la colocación de puntales, el agotamiento de la napa, la construcción de la estructura del túnel, el retiro de los puntales y finalmente la condición de operación.

2.5. *El Estudio de Impacto Ambiental*

De acuerdo a la normativa legal, el proyecto IV Etapa no estaba obligado a realizar ni presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). No obstante ello, el Directorio de Merval decidió someter voluntariamente el proyecto IV Etapa al proceso de Evaluación Ambiental, a la COREMA de la V Región, incluyendo el proceso de participación ciudadana.

Sin mediar la necesidad de desarrollar un acabado estudio era obvio que los impactos positivos excedían con creces cualquier impacto negativo, los que estaban fundamentalmente asociados a las etapas constructivas del proyecto. Así entonces, los mayores impactos negativos determinados fueron los relativos a los desvíos de tránsito y la circulación vial en el área céntrica de Viña del Mar, durante la construcción. Para mitigar estos efectos el proyecto IV Etapa había desarrollado completos modelos y estudios de tránsito, con y sin la construcción del proyecto y en base a ello se proyectó y ejecutó un acabado plan de desvíos vehiculares y obras temporales que permitieron minimizar la mayor parte de los efectos negativos. Esto quedó claramente reflejado en varias crónicas de El Mercurio de Valparaíso en los años 2003 y 2004, que hicieron especial mención al bajo impacto experimentado por la ciudad, incluso en la época estival.

2.6. *Las Modificaciones de Servicios Públicos*

Cuando de obras de infraestructura urbana y transporte se trata, un tema de no menor importancia y complejidad durante el proyecto y la construcción de las obras, es aquel relativo a las necesarias modificaciones y cambios requeridos en las redes de servicios públicos, tales como, alcantarillado, aguas lluvias, agua potable, energía eléctrica, gas, telefonía y otros. Resolver las interferencias entre los tendidos existentes y las obras del proyecto normalmente exige una excelente coordinación con los diferentes servicios para acordar, aprobar y ejecutar oportunamente las modificaciones. El proyecto IV Etapa requirió la solución de más de 220 interferencias con 14 compañías de Servicios Públicos.

2.7. *Los Plazos y los Costos*

Si bien los plazos y los costos fueron de alguna manera impuestos en el mandato del Ejecutivo al Directorio de Merval, ellos estaban razonablemente fundamentados en el anteproyecto desarrollado por SECTRA. No obstante, su cumplimiento no fue tarea sencilla y exigió una especial preocupación y dedicación, tanto de la Gerencia del Proyecto como de los proyectistas. En todas las etapas decisionales de la ingeniería básica las estimaciones de costos se erigieron en una variable fundamental a considerar y cuando esta no estaba en la línea original, fue motivo de procesos iterativos para optimizarla. Al término de cada etapa de la ingeniería las estimaciones de costos y los plazos de construcción fueron rigurosamente revisados para mantenerlas dentro de lo presupuestado. Luego, durante la

construcción, también fueron permanentemente controlados. Esta preocupación especial tuvo como fruto que tanto los plazos inicialmente previstos, como el presupuesto, fuesen cumplidos satisfactoriamente. El desglose de las inversiones se muestra en la **Tabla E-1**.

Cabe señalar que esta cifra corresponde al costo final del proyecto (2006) e incluye las correcciones por tasa de cambio, la puesta en servicio, la reingeniería y transformación de la empresa Merval y las obras extraordinarias aprobadas.

TABLA E-1.
COSTO TOTAL
PROYECTO
Merval

	KUS\$
Administración e Ingeniería	19,545
Inspección Técnica	6,320
Desvío Provisorio	7,932
Obras Civiles Túnel	94,596
Obras Civiles de Superficie	31,320
Suministro y Montaje Equipos	80,150
Desvío de Tránsito	370
Expropiaciones y Otros	4,600
Material Rodante	120,458
	365,291

Fuente: Merval.

2.8. *Las Relaciones Públicas y el Manejo Comunicacional*

Especial preocupación representó, tanto para el Directorio de Merval, como para la Gerencia del Proyecto, el manejo comunicacional, en todas sus facetas. Ello era imperativo puesto que durante la década previa al lanzamiento del Proyecto IV Etapa, una serie de fracasos y deficiencias en la materialización de proyectos de infraestructura pública generaron en los habitantes de la Región un gran escepticismo respecto de nuevas macro-iniciativas en obras públicas.

En tal sentido, reconstruir las confianzas de la ciudadanía y reencantar al público fue una tarea prioritaria para la Gerencia del Proyecto. Tempranamente se diseñó una estrategia comunicacional, cuyo objetivo fue abrir canales de vinculación directos entre el proyecto y las personas. Había plena conciencia de que el proyecto, en su fase de construcción, significaría una intervención urbana masiva y ésta podría no ser bien evaluada si la comunidad desconocía los beneficios que se obtendrían. En esta dirección, el temprano proceso de participación ciudadana y su dinámica aportó notablemente a la comprensión de público y su apoyo al proyecto.

La otra arista del manejo comunicacional fue la imperiosa necesidad de informar a la ciudadanía, vía intensas campañas de difusión, los diferentes cambios que se iban sucediendo en el servicio de trenes, los desvíos de tránsito, los cruces a nivel, el cambio del sentido de circulación en las calles Viana y Álvarez, y otros. Tarea que fue exitosa y también bien recibida y evaluada.

2.9. *El Material Rodante y los Temas Operacionales*

Los trenes requeridos para el servicio no estaban disponibles como productos de línea, aunque se conocía de equipamiento de similares características en Australia. Los trenes que se adquirieron, en licitación internacional, responden a lo especificado y junto con el contrato por el suministro, se firmó un contrato por la mantención del material rodante por un plazo de 30 años, bajo la responsabilidad del propio fabricante. El mantenimiento se ejecutará en los nuevos talleres construidos por el proyecto en la ciudad de Limache.

La operación de los trenes se efectúa desde el Punto de Comando Centralizado (PCC) ubicado en la Estación Puerto, desde donde se controla y regula el movimiento de los trenes, a través del control de tráfico centralizado, que conoce en todo momento la ubicación exacta, velocidad y estado de cada convoy.

Operacionalmente, Merval post IV Etapa sería una empresa y organización distinta a la que operaba hasta la puesta en marcha de los nuevos trenes. Esta realidad fue entendida y abordada tempranamente vía una re-ingeniería y completa reestructuración de la empresa. Esto significó una transformación profunda de la empresa y constituyó las bases para el nuevo Merval, con nuevos procedimientos operacionales y de administración.

3. Los Factores de Éxito

En la historia de los grandes proyectos de infraestructura pública en Chile, hay muchos proyectos exitosos y un reducido número de proyectos que experimentaron dificultades mayores. Sin embargo por razones obvias siempre quedan en la memoria, más los segundos que los primeros. Es por ello que se estima interesante repasar en este capítulo los factores que condujeron al éxito al proyecto IV Etapa-Merval.

Las siguientes acciones y decisiones tuvieron una gravitación relevante en el resultado del proyecto, que cumplió plazos y presupuestos, pero más importante aún, la ciudadanía lo percibió como un emprendimiento notable y exitoso.

- La creación de una Gerencia de Proyectos, dependiendo directamente del Directorio, con un mandato claro y una asignación de recursos suficiente para formar un equipo técnico-administrativo de alta competencia y rendimiento.
- La adjudicación de los estudios de ingeniería a empresas con capacidad y experiencia probada. En particular, la importancia que tuvo en las asignaciones la experiencia y competencias de los equipos profesionales propuestos, por sobre los precios de las ofertas, en el ambiente competitivo de una licitación.
- La asignación de los tiempos suficientes para el desarrollo de los análisis y estudios requeridos para resolver las interrogantes y complejidades del proyecto, unido al rigor y fundamentos técnico-económicos exigidos para las decisiones.
- El permanente balance entre costos y calidad ejercido en todas las fases de la ingeniería. Manteniendo el presupuesto del proyecto dentro del rango exigido.
- Una planificación inicial de los plazos y tiempos del proyecto, realista, profesionalmente realizada y permanentemente monitoreada y actualizada.
- La Política de Relaciones Públicas implantada desde el comienzo y la asertiva estrategia comunicacional practicada a lo largo de todo el desarrollo del proyecto.
- La permanente participación y apoyo de un Directorio involucrado, en el nivel que le corresponde y el apoyo que éste recibió del Gobierno en los momentos cruciales.
- Un equipo profesional gerencial competente, calificado y comprometido, con liderazgos claros y proactivos.

4. Consideraciones Finales

A la fecha, concluido de manera exitosa el proyecto IV Etapa, aún no se ha llevado a efecto el reordenamiento integral del transporte público de superficie en el Gran Valparaíso, con la reestructuración de recorridos de modo que, en su zona de influencia, Merval fuera la columna vertebral del sistema. Esta componente incluye integración tarifaria entre los diferentes modos. Razón por la cual se instruyó, en el año 2003, a Merval adquirir el mismo sistema de cobro que el Metro de Santiago, con el objeto de lograr dicha integración de tarifas y recorridos.

Como consecuencia de que este reordenamiento integral del transporte público de superficie en el Gran Valparaíso no se ejecutó oportunamente, la demanda real que tiene Merval en la actualidad es inferior a la estimada con el sistema de transporte integrado. La reestructuración de recorridos, con la complementación entre el transporte de superficie y el Metro de Valparaíso, con integración de tarifas, se ha previsto para este año.

ANEXO E 3. SANEAMIENTO GRAN VALPARAÍSO - ESVAL

1. Objetivo del Proyecto

Recolección, tratamiento y disposición de las aguas servidas del Gran Valparaíso. El proyecto debía sanear el borde costero y los esteros Marga Marga y Reñaca.

Para los efectos del proyecto, se entiende por Gran Valparaíso las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué y Villa Alemana, con una población del orden de 1,5 millón de habitantes. Se incluyó Reñaca, dejando fuera Concón, para la que se construyó posteriormente un sistema independiente.

2. Proyecto Banco Mundial

El Proyecto en referencia formaba parte inicialmente de uno de mayor alcance que ESVAL definió con el Banco Mundial el año 1990, para su desarrollo en el período 1991-97. Este Proyecto tenía 3 componentes principales, a saber: aguas servidas, suministro de agua potable y reforzamiento institucional de la Empresa para mejorar su capacidad de gestión, principalmente con miras al desarrollo del Proyecto. Su presupuesto total era del orden de 140 millones de dólares.

El préstamo del Banco Mundial era de 50 millones de dólares, agregándose un crédito japonés de la OECF por 39 millones, para completar el financiamiento con fondos propios de la Empresa.

En lo relativo a alcantarillado, el año 1990, ESVAL ya había comenzado los trabajos preliminares de diseño de los sistemas, de tal manera que en la segunda mitad de 1992 tenía algunos contratos de construcción ya en ejecución.

A partir de 1994 comenzaron a surgir complicaciones en la construcción de la principal obra del componente de alcantarillado, esto es el Colector Viña del Mar-Valparaíso. Dichas complicaciones se tradujeron en el abandono sucesivo de la obra por dos contratistas extranjeros.

La situación se complicó al extremo, que en octubre de 1995, por instrucciones del Presidente de la República, asumió una nueva Administración en ESVAL, encabezada por el Sr. Ministro Vicepresidente de CORFO, como Presidente del Directorio.

Una de las tareas prioritarias que abordó el nuevo Directorio fue realizar un completo reestudio de la componente alcantarillado, lo que se tradujo en: a) formación de una Dirección de Proyecto con dedicación exclusiva y dependencia directa del Directorio, y b) contratación del rediseño del proyecto con un consorcio internacional de firmas especialistas en ingeniería sanitaria.

3. Alcance del Proyecto Definitivo

A mediados de 1996, al cabo de seis meses de estudio, se reanudaron las obras del Proyecto de Saneamiento, que diferían sustancialmente del proyecto originalmente propuesto y financiado por el Banco Mundial.

Dentro de tales diferencias destacan las siguientes:

- Cambio del trazado por el centro de la ciudad de Valparaíso, dado que existían problemas con el subsuelo; aspectos no detectados en los estudios anteriores.

- Construcción de un túnel (Túnel Esmeralda) bajo los cerros de Valparaíso, que reemplazara al Túnel Bustamante como salida principal del sistema, dada la baja capacidad de porteo y estado deficiente de este último.
- Construcción de dos emisarios submarinos, no contemplados originalmente. Uno en la ciudad de Viña del Mar, de carácter temporal, que comenzó a operar en diciembre de 1996, logrando descontaminar las playas de la zona, permitiendo además obtener la holgura de tiempo necesaria para la construcción del resto del proyecto aguas abajo. El otro emisario en Valparaíso (Loma Larga), para la evacuación final y definitiva de las aguas tratadas.
- Incorporación de un sistema de Tratamiento Preliminar en Viña del Mar, antes de la descarga por el emisario submarino en esa ciudad, adaptando para tal objeto la Planta Elevadora de 2-Norte.
- Nueva Planta Elevadora en caverna y plataforma costera para la instalación de la Planta de Tratamiento Preliminar a la salida del Túnel Esmeralda.

El Colector Viña del Mar - Valparaíso tiene escurrimiento gravitacional forzado desde la Planta elevadora en 2 Norte y a partir del sifón bajo el Estero Marga - Marga, hasta la llegada a la Planta Elevadora de Loma Larga, recibiendo en su trayecto el aporte de cerca de 15 sub colectores. El flujo final de diseño es 6 metros cúbicos por segundo, siendo todo el sistema operado desde Loma Larga.

4. Presupuesto y Financiamiento del Nuevo Proyecto

4.1. Presupuesto del Nuevo Proyecto

El presupuesto total del nuevo proyecto alcanzó la cifra de 162 millones de dólares, incluido lo gastado a octubre de 1995 (cuando ingresó la nueva Administración), que totalizaba 65 millones de dólares.

La distribución de las partidas principales del presupuesto fue:

- | | |
|--------------------------------|-------|
| • Ingeniería | 6,6% |
| • Administración | 10,2% |
| • Adquisiciones y construcción | 83,2% |

La inversión por habitante alcanzó a 108 dólares, incluyendo la gran cantidad de obras civiles que tiene el proyecto, con 40 km de colectores interceptores, el Túnel Esmeralda de 3 km de longitud y la Planta Elevadora en caverna de Loma Larga.

Se estima que esta inversión por habitante se compara positivamente con el valor de una planta secundaria con tratamiento de lodos, que puede alcanzar los 120 dólares por habitante, debiendo agregarse la recolección de las aguas y el tema de disposición de lodos.

Por otra parte, el presupuesto del proyecto original era de 93 millones de dólares, que fue preparado por una empresa alemana con su filial en Chile.

El mayor valor de las nuevas obras e ineficiencias ocurridas durante la construcción, alcanzó entonces a 69 millones de dólares.

4.2. Financiamiento

Junto con reestudiar los aspectos de ingeniería y servicios del Proyecto, la nueva Administración se abocó a rediseñar el financiamiento respectivo.

De acuerdo con la experiencia tenida con el Banco Mundial en las adjudicaciones de las licitaciones principales, se determinó que el financiamiento debía cumplir las siguientes características:

- Permitir la realización de licitaciones nacionales, en que los proponentes fueran entidades con domicilio en Chile y trayectoria en el país.

- Permitir la realización de propuestas por invitación, de acuerdo a los requisitos impuestos por ESVAL.

Las negociaciones con el Banco Mundial en tal sentido, finalmente no tuvieron éxito, y en junio de 1997, ESVAL solicitó al Banco la cancelación del monto del préstamo no desembolsado a la fecha.

Para el Proyecto, la Empresa finalmente accedió a préstamos en mercados de capital privado nacionales e internacionales, en condiciones especialmente ventajosas, tanto en términos financieros como contractuales, logrando de paso flexibilizar la contratación de sus obras, como lo exigía un proyecto de esta naturaleza.

5. Ventajas del Cambio de Proyecto

El Proyecto tal como fue construido resolvió importantes deficiencias del proyecto original, entregando a la población del Gran Valparaíso una mejor calidad de servicio, de acuerdo a los estándares definidos por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, y cumpliendo la normativa Medio Ambiental.

Entre las obras adicionales y valor agregado del proyecto, se puede mencionar:

- Emisario de Viña del Mar con Planta de Tratamiento, con su enorme importancia como obra de emergencia.
- Emisario en Loma Larga con Planta de Tratamiento.
- Conexión de una mayor cantidad de colectores secundarios.
- Eliminación del sifón proyectado originalmente en Valparaíso, con su punto más bajo en la Plaza Sotomayor, cuya operación y mantención era altamente inconveniente al ser éste un lugar de gran relevancia urbanística de la Región.
- Definición del área de tratamiento «detrás» de Valparaíso, o sea en los acantilados de Loma Larga, eliminando el impacto en la población, tanto de olores como extracción de lodos.

Como hecho negativo está el atraso en la prestación del servicio a la comunidad, al no contar ESVAL oportunamente con el Proyecto. Desde un punto de vista comercial, para los 3 años de atraso, este valor se puede estimar en 10 millones de dólares de menor utilidad para la empresa.

6. Relación del Proyecto con la Privatización del Sector Sanitario Nacional

Este Proyecto de Saneamiento del Gran Valparaíso constituyó una parte importante de la preparación de la empresa ESVAL para el proceso de incorporación de capital privado en su propiedad.

Fue así como en 1997 se contrató junto con el Banco de Inversiones, a una empresa internacional especialista en diseño, construcción y operación de sistemas de agua potable y alcantarillado, para que calificara técnicamente las instalaciones de ESVAL y certificara su calidad, como información para los diferentes participantes en el proceso de adquisición del control de la compañía.

El Proyecto de Saneamiento fue aprobado por la empresa especialista, logrando así un mayor interés por ESVAL, que con el Proyecto aumentaba en forma importante su cobertura de tratamiento de aguas servidas.

Si se considera que ESVAL era la empresa con la que se iniciaría el proceso de privatización del Sector Sanitario nacional, el Proyecto en referencia era altamente estratégico.

7. Conclusiones

- El Proyecto cumple con el nivel de servicios exigido por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, de acuerdo a la normativa vigente.

- El sistema de vigilancia ambiental se aplica regularmente, como también la información para el Ministerio de Salud, alcanzando resultados satisfactorios.
- Las negociaciones tarifarias no se han afectado por el Proyecto.
- El Proyecto ha operado sin problemas durante 12 años y con las mantenciones programadas, fundamentalmente en las instalaciones de Loma Larga.
- El cambio de administración de la Empresa en octubre de 1995 fue determinante para el éxito del proyecto.
- La demora de 3 años en la puesta en marcha del proyecto, que terminó significando el impacto económico más importante en la Empresa (10 millones de dólares de menor utilidad), se debió a la falta de capacidad de gestión de un proyecto de esta magnitud, por parte de la propia empresa y su Administración anterior a octubre de 1995.
- Lo sucedido en este Proyecto puso de manifiesto la necesidad de introducir cambios y mejorar la administración de proyectos en el Sector Sanitario, donde en los últimos 10 años se ha invertido más de 2.000 millones de dólares.

ANEXO E 4. SANEAMIENTO GRAN SANTIAGO - AGUAS ANDINA

1. Introducción

A partir de mediados del siglo XIX, se sucedieron diversos proyectos orientados a mejorar el sistema de recolección de aguas residuales en la ciudad de Santiago. Primero mediante una adecuada canalización de las acequias y desagües, luego en leyes y proyectos para la construcción de un sistema de alcantarillado en Santiago, proyectado en 1901 por el ingeniero Federico Santa María y construido en su primera etapa entre 1905 y 1909.

Una vez resuelta la problemática de la recolección de aguas servidas, se comenzó a estudiar la manera de disponer y tratar las aguas residuales de manera apropiada. En la década de 1940 se identificaron posibles sitios donde ubicar futuras plantas de tratamiento; sin embargo, la primera planta que se proyectó para Santiago fue la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Servidas de Melipilla en 1952, que se construyó 25 años después.

Durante el período comprendido entre 1981 a 1984 se elaboró el «Plan Maestro de Alcantarillado del Gran Santiago», que definió el programa de obras en el período 1985-2010. Dentro de las obras proyectadas se destacan aquellas que permitieron la construcción de los primeros grandes colectores de aguas servidas en Santiago, reduciendo el número de descargas directas a los cursos receptores.

A partir de los primeros proyectos de saneamiento hídrico construidos en la década de 1990, el «Plan de Saneamiento de las Aguas Residuales de la Cuenca de Santiago» se concibió para estructurar técnica y económicamente un ambicioso plan de saneamiento integral de las aguas residuales, con claros beneficios sociales, económicos y sanitarios entre los que se destacan:

- Descontaminar el medio ambiente y contribuir a mejorar la calidad de vida y las condiciones sanitarias de las personas.
- Recuperar más de 130 mil hectáreas para cultivo agrícola, regándolas con agua descontaminada, permitiendo el acceso a nuevos mercados de exportación.
- Ubicar a Santiago a la altura de las grandes capitales del mundo en materia de tratamiento de aguas residuales.

El Plan de Saneamiento de la Cuenca de Santiago se inició el año 2000, con la construcción de la Planta de Tratamiento El Trebal, cuando sólo el 2,8% de las aguas residuales domiciliarias de la Región Metropolitana eran tratadas. El Plan se concibió como

una necesidad a nivel país para contribuir a mejorar de manera significativa la calidad de vida de más de 6 millones de habitantes y garantizar una situación medioambiental sostenible.

El proyecto incluyó la construcción de 16 plantas de tratamiento y diversos colectores e interceptores de aguas residuales, y dentro de las obras ya realizadas se destacan las Plantas de Tratamiento de La Farfana y El Trebal, siendo la primera una de las más grandes de su tipo a nivel latinoamericano. Además el proyecto incluyó el Interceptor Mapocho que permite eliminar las descargas a ríos y cauces naturales dentro de las áreas urbanas.

2. Planta El Trebal

La Planta El Trebal, la primera gran planta de tratamiento construida en Chile, inició sus operaciones en octubre de 2001 y se ubica en la ribera norte del río Mapocho, en la comuna de Padre Hurtado. Cuenta con tecnología de última generación, que le permite descontaminar un caudal de 4,4 m³/s. Su construcción se realizó en 18 meses, desde la primera piedra hasta su puesta en operaciones y significó para Aguas Andinas S.A. una inversión de 150 millones de dólares aproximadamente.

El Trebal descontamina las aguas servidas domésticas de aproximadamente 1.600.000 habitantes de 6 comunas del sur de Santiago, equivalente al 25% del total de las aguas residuales generadas por los habitantes de la Cuenca de Santiago. Al entrar en operación, la planta El Trebal ha permitido recuperar una superficie cercana a las 60.000 hectáreas destinadas al cultivo agrícola, que eran regadas con aguas servidas.

3. Planta La Farfana

La planta de tratamiento La Farfana es una de las obras emblemáticas del Plan de Saneamiento. La planta tiene una capacidad de tratamiento de 8,8 m³/s de caudal promedio de diseño que corresponde al 50% del caudal de aguas servidas del Gran Santiago. Su puesta en marcha en septiembre del 2003 ha sido un hito decisivo, tanto para el cumplimiento del plan de desarrollo comprometido por Aguas Andinas como para el avance del proyecto país, significando una inversión de 315 millones de dólares.

Para devolver a las aguas servidas una calidad que les permita ser restituidas al cauce receptor en forma aceptable, la planta fue diseñada con una serie de etapas de tratamientos físico, biológico y químico, para la desinfección final. En la línea de agua, para cultivar los microorganismos responsables del tratamiento del agua cuenta con 16 estanques de aireación de 11.300 m³ cada uno. De la misma manera, para cultivar los microorganismos responsables del tratamiento del lodo, la línea cuenta con 8 digestores de 15.000 m³ cada uno.

La Planta produce 400 toneladas diarias de biosólidos, que son transportados hacia rellenos sanitarios o para su reutilización en actividades agrícolas, permitiendo así valorizar medioambientalmente estos residuos, pues se ha demostrado mediante estudios que la aplicación de biosólidos en actividades agrícolas permite la recuperación de suelos degradados y aporta fertilizantes como nitrógenos, fósforo y potasio, además de micronutrientes.

En el proceso de digestión anaeróbica de los lodos se produce biogás. Entre el 65% y el 70% de este biogás corresponde a metano, de un alto poder energético. Una parte de este biogás es utilizado en las calderas de procesos y el resto es purificado, comprimido y entregado a la empresa de distribución de gas, permitiendo abastecer a cerca del 10% de sus clientes.

4. Proyecto Mapocho Urbano Limpio

El Interceptor Mapocho fue puesto en marcha el 2010 luego de 3 años de construcción y ha permitido sanear el río Mapocho de las aguas servidas gracias a la construcción

de un ducto subterráneo que corre paralelamente al lecho del río, desde las comunas de Las Condes hasta Maipú.

El Interceptor Mapocho Urbano Limpio tiene una longitud de 28,5 kilómetros, un caudal de diseño de 19 m³/s, que permite recolectar un total de 21 descargas que se vertían sin tratamiento en el Río Mapocho, en su paso por la ciudad de Santiago.

El proyecto requirió una inversión de 115 millones de dólares y ha permitido incrementar del 72,8% de tratamiento de aguas servidas en la Región Metropolitana a un 81%, debido a la derivación de 2 m³/s que se tratan utilizando la capacidad disponible en las Plantas La Farfana y El Trebal.

5. Conclusiones y Comentarios

Actualmente, el Proyecto de Saneamiento de la Cuenca de Santiago se encuentra muy cerca de cumplir la meta trazada de tratar el 100% de las aguas residuales del Área Metropolitana de Santiago. Desde el año 2000 Aguas Andinas ha realizado una continua estrategia de inversiones que le ha permitido ir avanzando de manera progresiva en aumentar la cobertura de tratamiento, desde el 3% existente el año 1999 hasta situarla en el 86% en el año 2010.

El año 2012, mediante la construcción de la planta Mapocho en el sitio de la planta El Trebal, se completará el Plan de Saneamiento iniciado a fines de la década de 1990. De este modo, el Plan de Saneamiento completo finalizará con una inversión total estimada de 870 millones de dólares.

Sin lugar a dudas la Planta La Farfana se puede considerar uno de los hitos más importantes en tratamiento de aguas residuales en Chile. Adicionalmente, el interceptor Mapocho Urbano Limpio ha significado un hito ambiental y social para la ciudad de Santiago, pues ha hecho realidad uno de los mayores anhelos de Santiago y sus habitantes: descontaminar las aguas del río en su paso por la ciudad y cambiarle su rostro, justo en el año del Bicentenario.

El Plan de Saneamiento, ha permitido valorizar productos generados en las etapas de tratamiento, tales como el biogás y los biosólidos, agregando un valor medioambiental adicional que inicialmente no estaba considerado. Todo ello ha permitido ubicar a Santiago de Chile como una de las ciudades de vanguardia en tratamiento de aguas residuales a nivel mundial.

No cabe duda de que el proyecto del saneamiento del Gran Santiago tiene una gran importancia para el mejoramiento del nivel y calidad de vida de los habitantes de esta Región de Chile, donde vive más de un tercio de su población, pero al mismo tiempo ha tenido un impacto económico muy positivo al lograr recuperar para la agricultura responsable un gran área en la Región central del país.

En proyectos de esta magnitud y complejidad, es frecuente que surjan problemas en alguna fase del proyecto, sin embargo su pronta identificación y solución debieran permitir que esas dificultades, por importantes que sean, no lleguen finalmente a menoscabar el éxito global o final del proyecto. En el caso de la planta de tratamiento de La Farfana, uno de los grandes logros de la ingeniería del país en los últimos años, se produjo un problema de malos olores desde el depósito de lodos, durante el proceso de puesta en marcha de la planta, fenómeno que afectó a una parte de la población de la zona poniente de la ciudad. Este hecho, atrajo la atención de la prensa y la comunidad. La empresa finalmente, pudo identificar las causas y ejecutar las medidas de remediación que permitieron solucionar el problema a niveles satisfactorios, no sin antes deber enfrentar la oposición de la comunidad afectada así como causas judiciales y finalmente el pago de una compensación económica a las familias afectadas.

El proyecto global es percibido actualmente en general por la comunidad y las autoridades muy positivamente y puede considerarse un caso de éxito relativo, por la manera que se programó, proyectó e implementó, utilizando las tecnologías más recientes. La lección adicional que deja este proyecto y La Farfana en particular es la necesidad de efectuar tempranos y detallados análisis de riesgo que cubran todas las posibles vulnerabilidades y los potenciales ámbitos afectados.

ANEXO E 5. PUENTE LONCOMILLA - MOP

1. Introducción

El 18 de noviembre del año 2004, el puente ubicado en la ruta M30L, que cruzaba el Río Loncomilla, uniendo las ciudades de San Javier y Constitución, se desplomó, afortunadamente sin causar pérdida de vidas. Este hecho causó conmoción pública y el Senado solicitó el apoyo al Instituto de Ingenieros de Chile para analizar las medidas que fuese del caso recomendar.

En lo que sigue, se resume los aspectos más relevantes del informe preparado por el IICCh.

2. El Proceso de Diseño y Construcción del Puente y su Posterior Reparación y Falla los Estudios Básicos

En el caso particular del proyecto del Puente Loncomilla la mayor parte de los estudios básicos necesarios para el diseño y construcción de ese puente no se realizaron. Entre éstos no se ejecutó: estudios de hidrología, hidráulica y socavación y geología y geotecnia.

3. Los Diseños

En relación con los diseños del puente no existen registros de los criterios de diseño utilizados, tanto en el proyecto oficial elaborado por el MOP, como en el proyecto alternativo formulado por la empresa constructora. Tampoco existen las respectivas memorias de cálculo que respalden los diseños, ni las Especificaciones Técnicas Especiales del proyecto. Esta situación, irregular al menos, impidió una adecuada evaluación de los diseños, debiendo el análisis basarse exclusivamente en los planos del proyecto. Estos son suficientes para construir la obra y entender cómo funciona, pero no permiten conocer los criterios empleados en el diseño ni los procesos y razonamientos seguidos por el proyectista.

Cabe enfatizar que el debido registro y archivo de toda la documentación de un proyecto de ingeniería es una actividad esencial que no puede obviarse. Esta tarea era de responsabilidad del MOP.

4. Características Principales de la Obra

El Proyecto Alternativo, que fue el que se construyó, redujo la cantidad de cepas en el cauce a sólo dos, desde las cuales nacían dos puntales inclinados por cepa, a fin de reducir las luces de la superestructura del puente que alcanzaba 72 m entre los ejes de dichas cepas. El diseño apoyó la cepa del costado Oriente (San Javier) en pilotes de 2 m de diámetro y 12,5 m de profundidad bajo el lecho. Para la cepa del costado poniente (Constitución), que fue la que falló, se contempló el hincado de un cajón rectangular de hormigón armado, condicionado a apoyarse en roca, fijando su sello de fundación a 2 m bajo el lecho.

La superestructura del puente Loncomilla quedó conformada por dos vigas continuas de acero y una losa de hormigón (colaborante) de espesor variable a longitudinalmente apoyada en cuatro puntales centrales inclinados en forma de V, dos cepas extremas verticales y dos estribos, todos ellos de hormigón armado.

5. El Proceso de Construcción del Puente

El puente fue construido entre diciembre de 1994 y mayo de 1996. Después de un proceso administrativo más largo que el habitual, en el que la comisión receptora formuló diversas observaciones. La obra fue recibida en forma provisoria en mayo de 1997 y de manera definitiva el 9 de diciembre de 1997.

Quedó consignado que el cajón de fundación de la cepa lado Constitución, no quedó apoyado en roca, como se había especificado, sino que en grava arenosa con espesor variable bajo el sello de fundación. El apoyo incorrecto de esta cepa explica por sí sólo que el cajón de fundación hubiese descendido y girado hacia aguas arriba, que es la zona con mayor espesor de grava sobre la roca y donde la socavación local de la grava arenosa es mayor.

6. El Proceso de Reparación del Puente

El proceso de reparación de la estructura, que media entre el mes de octubre de 2003 y el 18 de noviembre de 2004, cuando colapsa el puente, se convierte en una sucesión de modificaciones de proyecto y paralizaciones de la obra debidas a nuevos antecedentes geotécnicos y también a las carencias en equipamiento y competencias de la empresa contratista para abordar satisfactoriamente la obra.

7. El Colapso del Puente

Todos los antecedentes analizados permiten concluir que la causa primaria del colapso del puente Loncomilla fue la falla de la cepa en V del lado Constitución, causada por el asentamiento diferencial de su fundación. Este asentamiento diferencial provocó un descenso y rotación de la cepa, que indujo grandes esfuerzos internos en la superestructura, acompañados de deformaciones, visibles a simple vista. Tal es así, que previamente a la falla del puente se midieron deformaciones del orden de 30 cm.

8. La Influencia de los Procesos Administrativos

Los procesos tanto administrativos como contractuales y reglamentarios, que de alguna forma influyeron en el siniestro:

- El proyecto y diseño del puente se elaboró internamente en el MOP, sin satisfacer sus propias recomendaciones.
- Con un proyecto que tenía fuertes incertidumbres en sus fundaciones, se procedió a licitar por el sistema de suma alzada.
- En el proceso de la licitación se aceptó y adjudicó una oferta con un proyecto alternativo. Lo que está dentro de las reglas, lo irregular es que la alternativa no estuviera sustentada en los estudios básicos mínimos que era de exigir.
- La inspección técnica de la obra tuvo una mínima o casi nula actuación técnica y principalmente dedicó su acción a los aspectos administrativos del contrato.
- En los procesos administrativos no se aprecia una línea de acción en armonía con las buenas prácticas de la ingeniería, que en épocas pasadas caracterizó a las distintas reparticiones del MOP.

9. Conclusiones

Desde el punto de vista de la ingeniería, el colapso del Puente Loncomilla es el resultado claro y directo de la falla de la fundación de una cepa. Su fundación no quedó construida como lo especificaba el proyecto (apoyándose en roca). También existe consenso en que la estructura antes de la falla era reparable, que se había identificado correctamente la causa de los asentamientos.

La secuencia de eventos evidenció deficiencias en términos de la adecuada administración y gestión de un proyecto importante. Esto queda reflejado en la mezcla y actuación poco rigurosa en los diferentes roles que le cabe desempeñar al MOP; como regulador, ejecutor, contratante y fiscalizador. Por otro lado, no se advierte tampoco en la secuencia de eventos, una línea de acción clara y eficaz, conforme a las prácticas modernas de la ingeniería y la administración de proyectos. Más bien se aprecian improvisaciones y la búsqueda de soluciones parciales, que resuelvan la situación coyuntural, olvidándose de lo trascendente, o postergándolo a un segundo plano.

Es preciso y justo reconocer la enorme influencia que ha tenido el MOP en la historia del país, particularmente en el desarrollo temprano y sólido de la infraestructura que ha soportado el desarrollo económico y social de las últimas décadas. Ello, sin perder de vista la difícil y compleja geografía cuyos desafíos hubo de afrontar, así como la endémica escasez de recursos económicos que siempre ha enmarcado su accionar.

Pero, la conveniencia de considerar proyectos alternativos al oficial, merece ser discutida, ya que lo ha sido ampliamente en la práctica nacional e internacional. La conclusión ha sido que estas alternativas deben quedar claramente reguladas en las bases del llamado a propuesta y que lógicamente deben cumplir con una serie de condiciones: ser técnicamente factibles, costo igual o menor al del proyecto oficial, cronograma total de construcción compatible con el cronograma establecido para la obra, respaldo técnico adecuado y cumplimiento de todas las normas y estándares aplicables a las obras. Sería lamentable que por el colapso del puente Loncomilla se desechara la posibilidad de aprovechar los potenciales beneficios que presenta la ingeniería de valor, no permitiendo la proposición de proyectos alternativos.

ANEXO E 6. SISTEMA CHILENO DE CONCESIONES DE OBRAS PÚBLICAS - MOP

1. Introducción

A comienzos de la década de 1990, diversos estudios determinaron que existían en el país carencias de infraestructura vial y aeroportuaria que significaban pérdidas anuales por competitividad, que alcanzaban a los US\$2.300 millones y que había un déficit en obras de infraestructura pública que alcanzaban los US\$11.000 millones.

Por ello, se convocó al sector privado a participar de la construcción y operación de grandes obras viales y aeroportuarias a través del sistema de concesiones.

Este sistema permitiría que inversionistas, nacionales y extranjeros, pudieran financiar obras económicamente rentables y luego recuperar su inversión a través del cobro directo de una tarifa a los usuarios durante el plazo de la concesión (5 a 30 años).

Se envió a tramitación al Congreso Nacional un proyecto de ley respecto a este sistema, decisión que fue apoyada por todos los sectores políticos al votar por unanimidad la Ley que regiría el sistema de concesiones chileno.

2. Características del Sistema

El sistema se caracteriza por estar sustentado en seis pilares fundamentales:

- 2.1. El marco jurídico que se aplica.
- 2.2. El sistema financiero aplicable.
- 2.3. Las garantías dadas al concesionario.
- 2.4. La creación de una industria *ad-boc*.
- 2.5. La capacidad de innovación que aportan tanto el MOP como los concesionarios.
- 2.6. El sistema de resolución de controversias que se produzcan durante el plazo de la concesión.

2.1. *El Marco Jurídico*

El marco jurídico en que se sustenta el sistema está constituido por lo siguiente:

- a. La Ley Orgánica del MOP, contenida en el DFL N° 850 de 1997, que fijó el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ingeniería del MOP N° 15.840 de 1964.
- b. La Ley de Concesiones de Obras Públicas contenida en el Decreto Supremo MOP N° 900 de 1996, que fijó su texto refundido, coordinado y sistematizado.
- c. El Reglamento de la Ley de Concesiones del año 1997.
- d. Ley N° 20.410 del 14 de diciembre de 2009, que modifica el Decreto Supremo N° 900 de 1996.
- e. Las Bases de Licitación y las Circulares Aclaratorias de cada contrato de concesión.
- f. Las Ofertas Técnicas y Económicas entregadas por el Adjudicatario de la Concesión y que cumplen con lo exigido en los documentos de Licitación y sus Circulares Aclaratorias.
- g. El Decreto Supremo de Adjudicación del respectivo Contrato de Concesión.

Todo este marco jurídico permite que inversionistas, nacionales o extranjeros, puedan financiar la ejecución, reparación o conservación de obras públicas fiscales y recuperar la inversión a través del cobro de una tarifa a los usuarios o un subsidio del Estado.

2.2. *El Sistema Financiero*

Algunas de las características especiales de la estructura de financiamiento que permite la Ley de Concesiones, además de los sistemas tradicionales aplicables a la fecha de inicio del sistema, son los siguientes:

- a. Permite entregar en prenda, como parte del financiamiento, los derechos de la concesión.
- b. Permite financiamiento a través de créditos sindicados y bonos.
- c. El contrato de concesión puede recuperar IVA, por lo que existe la alternativa de obtener créditos con cargo a dicho IVA por recuperar.
- d. Habiendo en el contrato de concesión la posibilidad de que existan ingresos mínimos garantizados por parte del MOP, el concesionario puede obtener créditos con cargo a dichos ingresos.

2.3. *Garantías dadas al Concesionario*

El sistema ofrece al concesionario la garantía de una adecuada distribución de los riesgos entre el MOP y el concesionario, entregando el MOP, en las Bases de Licitación, estudios de demanda y, en base a éstos, ingresos mínimos garantizados.

2.4. *Creación de una Industria ad-hoc*

Las Sociedades Concesionarias, de acuerdo a la Ley, deben ser empresas de giro único dedicadas exclusivamente al manejo del Contrato de concesión, lo que está creando una industria de características *ad-hoc* al sistema. Asimismo, para la realización de los estudios previos y durante el proceso de licitación, han debido desarrollarse estudios de demandas, financieros y de riesgo adecuados al nuevo sistema.

2.5. *La Capacidad de Innovación que Aportan el MOP y los Concesionarios*

Tanto el MOP como las sociedades concesionarias han debido introducir innovaciones en sus actividades. Es así como el MOP ha incorporado nuevas variables en la documentación y el proceso de licitación, ya que el contrato de concesión no sólo incluye la construcción de las obras sino que también, entre otros, la ingeniería de detalle y la operación y mantenimiento de las obras durante todo el período de la concesión. A su vez,

el concesionario ha debido usar los métodos constructivos y tecnologías más adecuadas para que, cumpliendo con las exigencias de calidad y estándares de servicio requeridos, la obra se construya en los plazos más cortos y poder iniciar la explotación de la obra y cobrar las tarifas a los usuarios.

2.6. *El Sistema de Resolución de Controversias que se Produzcan durante el Plazo de Concesión*

La Ley de Concesiones establecía hasta la modificación de noviembre del año 2009 un sistema de resolución de controversias basado en la creación de una Comisión Arbitral, formada por tres miembros, uno nombrado por la Sociedad Concesionaria, el segundo nombrado por el MOP y el tercero nombrado por ambas partes de común acuerdo y quien ejerce de Presidente de la Comisión.

La ley reglamentaba el funcionamiento y las atribuciones de esta Comisión.

En primera instancia, la Comisión se constituía como Comisión Conciliadora para permitir que las partes llegaran a acuerdo respecto al tema en discusión y si no se lograba dicho acuerdo, se constituía en segunda instancia como Comisión Arbitral, actuando como árbitro arbitrador de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Código de Procedimiento Civil.

En la modificación de la ley, la resolución de controversias se resuelve en base a un Panel Técnico que actúa a petición de las partes en primera instancia y una nueva Comisión Arbitral o la Corte de Apelaciones de Santiago en una segunda instancia.

La modificación de la ley reglamenta el funcionamiento y las atribuciones del Panel Técnico y del de nueva Comisión Arbitral.

2.7. *Algunos Logros del Sistema hasta 2011*

- US\$8.000 millones como monto estimado en inversión total realizada hasta 2011.
- US\$450 millones en ingresos adicionales para el Estado por pago de bienes y derechos, realizados por los Concesionarios de acuerdo con las Bases de Licitación.
- US\$3.600 millones en Bonos de Infraestructura colocados en el Mercado Nacional de Capitales.
- US\$2.000 millones en proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).
- 18.000 lotes expropiados necesarios para materializar las obras.
- Alrededor de 120 empresas participantes del sistema (50 consorcios, nacionales y extranjeros).
- El materializar obras por el sistema de concesiones ha permitido al Ministerio de Obras Públicas liberar anualmente más de US\$500 millones, que primitivamente se destinaban a la construcción y mantenimiento de obras que hoy se entregan en concesión, para obras tales como, construcción de caminos secundarios, caletas pesqueras, edificios públicos, aeropuertos menores y otros.

3. **Obras Concesionadas**

Las obras concesionadas hasta el primer semestre del 2011, agrupadas según el tipo de obras son las siguientes:

- a. Ruta 5 Eje Estructurante del Territorio Nacional (en etapa de explotación).
 - Inversión total de US\$2.400 millones.
- b. Carreteras Interurbanas en explotación (no incluye Ruta 5).
Inversión total de US\$1.300 millones.
 - Acceso Norte a Concepción.

- Acceso Vial Aeropuerto de Santiago.
 - Santiago San Antonio.
 - Camino La Madera.
 - Puchuncaví Nogales.
 - Santiago Colina Los Andes.
 - Santiago Valparaíso Viña del Mar.
 - Red Vial Litoral Central.
 - Interportuaria Talcahuano Penco.
 - Túnel El Melón.
 - Variante Melipilla.
 - Relicitación acceso Aeropuerto de Santiago.
- c. Carreteras interurbanas en etapa de construcción. Total de la Inversión US\$900 millones.
- Ruta 5 Vallenar Caldera.
 - Ruta 60 CH.
 - Ruta 160 CH, Coronel Tres Pinos.
 - Conexión Vial Melipilla- Camino de la fruta.
- d. Carreteras Urbanas en explotación. Inversión total de US\$1.800 millones.
- Vespucio Norponiente.
 - Vespucio Sur.
 - Norte Sur (Autopista Central).
 - Costanera Norte.
 - El Salto- Kennedy.
 - Acceso Nororiente.
- e. Infraestructura aeroportuaria. Inversión total US\$265 millones.
- Implementación de tecnologías en las áreas de servicio y seguridad.
 - 171.500 metros cuadrados construidos en terminales aéreas.
- f. Renovación del sistema de transporte público (Transantiago).
- Infraestructura vial para implementar el Plan (US\$125 millones).
 - Estación de Intercambio Modal «La Cisterna» (US\$25 millones).
- g. Edificación pública. Inversión total de US\$280 millones.
- Máximos estándares de seguridad en los nuevos recintos penitenciarios.
 - Tecnología de punta para seguridad de reclusos y trabajadores de los penales.
 - Centro de Justicia.
 - Puerto Terrestre de Los Andes.
 - Plaza de la Ciudadanía.
 - Estadio techado Parque O'Higgins.
- h. Embalse Convento Viejo: Inversión US\$120 millones.

4. Estrategia de Desarrollo de Nueva Infraestructura Período 2007-2012

El MOP consideraba en sus planes para el período 2007-2012, lo siguiente:

- a. Un Programa de infraestructura para la competitividad y productividad que potencien el desarrollo productivo del país.
- b. Inversiones complementarias en mejoramiento de la seguridad vial y niveles de servicio.
- c. Inversión en mantenimiento de la infraestructura actual.
- d. Optimización de la gestión y operación para aumentar los estándares y niveles de servicio.
- e. Política ambiental activa.
- f. Plan de mejoramiento de obras viales en explotación.

5. Problemas Surgidos Durante la Aplicación del Sistema

Algunos problemas surgidos durante la aplicación del sistema:

- Expropiaciones más complicadas y de monto mayor a lo presupuestado. Cabe hacer notar que el proceso expropiatorio es largo (como mínimo dura un año) y a veces los propietarios afectados por este proceso recurren a la justicia, impugnando el monto de la expropiación, en cuyo caso se puede tomar posesión del predio, con autorización del juez, depositando en el tribunal el monto definido por los tasadores.
- Aumento de las obras por peticiones de autoridades o la comunidad, después de adjudicado el contrato de concesión.
- Adjudicación de la concesión con proyectos incompletos por distintos motivos.
- Calidad inadecuada de algunos Inspectores Fiscales y Asesorías a la Inspección Fiscal.
- Adjudicación de algunos proyectos sin haber realizado Declaración o Estudio de Impacto Ambiental y en algunos casos, teniendo dichos estudios, no se consideraron todas las implicancias ambientales.

Para dar solución a los problemas anteriores se ha requerido modificar el Contrato de concesión mediante Convenios Complementarios. Éstos corresponden a una modificación contractual que permite la ejecución de obras adicionales, no incluidas en el contrato original, y requieren la misma tramitación que el contrato de concesión. Se estima que ha habido un aumento global de los contratos adjudicados por convenios complementarios del orden del 18%.

También, a causa de los problemas indicados, al no llegarse a acuerdo entre las Sociedades Concesionarias y el Ministerio de Obras Públicas, aquellas han presentado reclamaciones a Comisiones Conciliadoras y Arbitrales. Se estima que, hasta la fecha, las Comisiones han dictado fallos que han significado pagos del Ministerio por un monto del orden del 2,5% del valor total de la suma de los contratos adjudicados y entregados en concesión (presupuesto de construcción).

6. Conclusiones

En resumen, el sistema de concesiones ha funcionado en base a:

- a. Un marco legal adecuado.
- b. Una asociación público-privada que ha aportado el conocimiento que la industria ha requerido.
- c. Solidez y flexibilidad de la normativa.
- d. Condiciones estables para inversión extranjera.
- e. Adecuada distribución de los riesgos.
- f. Transparencia de los procesos de licitación.
- g. Un procedimiento claro y reglamentado para la resolución de las controversias.

Las controversias surgidas se han debido principalmente a proyectos incompletos al momento de licitar, atrasos en la entrega de los terrenos necesarios para las obras por parte del MOP e impactos ambientales no considerados al momento de licitar.

ANEXO E 7. ESTACION DE TRANSFERENCIA M1 K1 CHUQUICAMATA - DIVISIÓN CODELCO NORTE

1. Introducción

En el mes de julio de 2006 se produjo el derrumbe de una de las paredes de la caverna de la estación de transferencia M1K1, provocando el colapso parcial de la caverna e impactando seriamente el terminal K1 de las correas transportadoras, que extraen mineral del rajo, que quedó inoperante. Esta estación de transferencia constituía un elemento fundamental de la operación de la mina de Chuquicamata y la misma era parte fundamental del proyecto de traslado del chancador M1 a un banco a cota superior, desde donde se iniciaba el túnel M1 hacia superficie, alojando al sistema de correas K1. El colapso de la caverna, que se construyó en el año 2003, produjo un impacto económico muy importante al impedir llevar el mineral extraído de la mina a la superficie y a las plantas de tratamiento. Debe hacerse notar que el sistema de correas M1K1 era responsable por transportar alrededor de 2/3 de la producción de la mina. En la prensa especializada de la época se mencionaron perjuicios del orden de US\$400 millones, pero ese monto pudiera ser incluso mayor, ya que durante un tiempo significativo debió alimentarse a las plantas de tratamiento mediante el transporte de mineral desde la mina Radomiro Tomic, por medio de camiones, a un costo muy superior al existente antes del colapso de la caverna.

2. Ingeniería y Construcción de la Estación de Transferencia

Debe destacarse el hecho de que en el proyecto y construcción de esta obra participaron empresas de ingeniería y de construcción, tanto nacionales como internacionales, de reconocido prestigio y experiencia. Por otro lado, tuvo un importante rol la Superintendencia de Ingeniería Geotécnica de la División CODELCO Norte.

El proyecto de la estación de transferencia presentaba dificultades adicionales a las de toda obra subterránea de grandes dimensiones: ubicación relativamente cercana a la superficie del talud del rajo de la mina; construcción y operación de la estación de transferencia en forma paralela a la operación de la mina, lo que implica que el talud del rajo se va modificando en forma permanente.

Diferentes empresas estuvieron encargadas de las siguientes actividades del proyecto:

- Estudios geológicos y geotécnicos (dueño).
- Estudios previos de mecánica de rocas (consultor nacional).
- Modelamientos 2D y 3D de la excavación (consultor internacional).
- Estudio conceptual y anteproyecto («general contractor» internacional).
- Ingeniería de detalle y construcción (empresa constructora nacional y empresas de ingeniería nacional e internacional).
- Instalación de instrumentación de control geotécnico (empresa nacional y participación del dueño).
- La coordinación general del proyecto y su administración fue realizada por CODELCO, principalmente a través de la Superintendencia de Ingeniería Geotécnica.

Tratándose de un proyecto de gran complejidad técnica, especialmente debido a la condición dinámica representada por un talud del rajo que va cambiando a medida que éste avanza, y que por ello además está asociado a una significativa actividad sísmica, producida por las tronaduras, era necesario y fundamental una estrecha relación y coordinación entre los diferentes actores así como también una continuidad en la actuación de cada uno.

Son cuatro las etapas en que este proyecto se desarrolló:

- Concepción del proyecto (CODELCO).

- Ingeniería conceptual y anteproyecto a cargo de una empresa internacional tipo «general contractor». Sin embargo, algunas actividades fundamentales fueron realizadas por otros: geología y geotecnia (dueño); mecánica de rocas y modelamiento numérico de la caverna (consultor nacional e internacional).
- EPC²⁰ contratado a consorcio nacional; sin embargo, la definición de la instrumentación geotécnica de control fue definida por el dueño y su instalación contratada directamente por éste con un tercero.
- Operación del sistema y control de la instrumentación de control realizada por el dueño.

La coordinación y administración del proyecto fue llevada de tal manera que, finalmente, las responsabilidades quedaron en gran medida diluidas. Por otro lado, la falta de continuidad de los actores principales y la permanente intervención del dueño, imponiendo soluciones técnicas en importantes aspectos, como el modelamiento numérico de la caverna, tipo y detalles de fortificación, definición de la instrumentación geotécnica y otros, finalmente dieron como resultado un proyecto diseñado sobre bases y criterios no totalmente consistentes.

La caverna fue constituida y los equipos instalados; sin embargo, los avisos dados por el comportamiento del macizo rocoso y registrados por la instrumentación instalada no fueron advertidos a tiempo o fueron erróneamente interpretados, de modo que no fue posible intervenir a tiempo el sistema de fortificación de la estructura.

Uno de los aspectos más relevantes corresponde al manejo de todos los estudios de modelamiento numérico de la caverna, pieza vital no sólo para el adecuado diseño de la caverna sino también para el adecuado control de su comportamiento. El dueño, en este caso, contrató directamente a un consultor internacional de gran prestigio; sin embargo, definió los alcances de los modelos y la oportunidad de sus puestas al día, respecto de los cambios de diseño y del plan de operación del rajo, entregando los resultados de estos modelamientos, como un imput más de diseño, a los encargados del EPC. No se modeló, por ejemplo, la instrumentación seleccionada, para ligar de esa manera el posible comportamiento de esos instrumentos con el de la estructura.

3. Conclusiones

Lo sucedido en este importante proyecto (que se desconoce si se ha analizado en detalle internamente en la organización de CODELCO) pone de manifiesto la relevancia que adquieren algunos aspectos esenciales del manejo de proyectos:

- La necesaria continuidad de los principales actores, durante el proyecto y la puesta en marcha del mismo. En este caso, los consultores geotécnicos y de modelamiento matemático, deberían haber continuado participando en el proyecto en el rol de «*owner's engineer*», colaborando directamente en el desarrollo del mismo.
- El rol de Gerente del Proyecto (*Project Manager*) debe estar separado claramente del rol técnico que pueda tener en otro nivel de la organización del proyecto. En este caso la confusión del rol de dueño y consultor geotécnico fue claramente perjudicial para el proyecto.
- La falta de análisis de riesgo, en las diferentes etapas del proyecto, hizo que no se conociera el verdadero impacto de algunas de las decisiones tomadas. (muchas de ellas por el dueño, contra la opinión de sus contratados).

²⁰ Se ha indicado como EPC el contrato de ingeniería de detalle y construcción pero, en realidad, no se conoce el detalle del contrato.

- Finalmente, parece relevante comentar que no es una situación poco común en la industria minera que algún «operador», entendiendo por operador a algún departamento de la operación de una unidad minera, tome un papel más preponderante de lo que es conveniente dentro de un proyecto, en el entendimiento (no siempre justificado) de que su conocimiento de los aspectos operacionales le permitirá adoptar la mejor solución. El rol de dicho operador debe ser, definir de la mejor manera posible los requerimientos de operación que debe cumplir el proyecto y no imponer soluciones.

ANEXO E 8. CAMBIO TECNOLÓGICO PROCESO ELECTRO REFINACIÓN - DIVISIÓN CODELCO NORTE

1. Objetivo del Proyecto

El objetivo del Proyecto Cambio Tecnológico Proceso de Electro refinación de División CODELCO Norte (DCN) es mejorar la posición de liderazgo que posee, en el contexto mundial de productores de cobre electro refinado, manteniendo la más alta calidad de cátodos y maximizando el valor económico de la Refinería Electrolítica N° 2.

Para lograrlo se considera aumentar la capacidad de producción de la Refinería a 855.000 toneladas anuales (855 ktpa) con la tecnología de cátodos permanentes, transformando el 100% de las instalaciones existentes e incorporando 200 celdas nuevas.

La transformación hacia la tecnología de cátodos permanentes considera intervenir, sin pérdidas de producción, un proceso productivo en operación. Este concepto constituye una premisa clave para DCN.

2. La Nueva Refinería N° 2

La producción de cobre fino de DCN era antes del proyecto, 710 ktpa, y se lograba con las Refinerías N° 1 y N° 2, con 180 y 530 ktpa respectivamente.

El Proyecto consideró el cierre operativo de la Refinería N° 1, por lo que fue la Refinería N° 2 la que debía aumentar su producción con este proyecto, de 530 a 855 ktpa, o sea un 60%.

La Refinería N° 2 de DCN era, aun antes del proyecto PCT, la Refinería más grande del mundo, y con este proyecto, doblaría en tamaño a la que actualmente le sigue. Con tecnología de cátodos permanentes triplicaría la producción de la segunda más grande.

Desde el punto de vista tecnológico, esta Refinería sería única en el mundo, por cuanto incorpora el manejo totalmente automatizado de cátodos y ánodos, y la «trazabilidad» de cada cátodo, esto es, el registro de toda su historia de producción hasta la entrega al cliente. Sus costos de producción serían reducidos respecto de la refinería actual, puesto que se lograría mejorar la productividad con la automatización indicada.

3. Inversión y Planificación del Proyecto

La estimación inicial de inversión del proyecto fue 146 millones de dólares. El proyecto se desarrolló con un contrato EPCM que fue adjudicado en junio 2002.

Este presupuesto no consideró las inevitables pérdidas de producción durante su implementación, sobre todo durante el período de conversión del proyecto (inicio del cambio de lámina inicial por cátodo permanente - sección por sección).

Cabe comentar que si las pérdidas de producción pudieran evitarse, la mayoría de las refinerías harían el cambio a cátodos permanentes, debido a sus grandes ventajas: aumento de densidad de corriente (posibilidad de incremento de la producción), eliminación

de la lámina inicial, mejor calidad química del cátodo, disminución del cobre en inventario, aumento de productividad por fuerte reducción de personal, etc.

El plazo original de ejecución del proyecto era 35 meses, con un hito muy importante a los 21 meses, en que se iniciaba la conversión. Para esto debía estar montado un primer conjunto de máquinas (2 de cátodos, 2 de ánodos y 1 de *scrap*), además de estar en operación el nuevo sistema de manejo de electrodos.

Durante los últimos 14 meses (35-21), aparte del cambio de electrodo, el proyecto consideró montar las 2 máquinas adicionales de cátodos, 1 de ánodos y 1 de *scrap*. Además recuperar 200 celdas de la Refinería N° 1 que se instalarían en la Refinería N° 2, poniéndose término oportunamente a la operación de la Refinería N° 1. Todo lo anterior bajo una estricta planificación y control de la misma.

El referido período de 14 meses era de alta complejidad operativa, al tenerse simultáneamente en la Refinería ambos tipos de electrodos y las respectivas máquinas de preparación y manejo de los mismos (cátodos, ánodos y *scrap*).

El Proyecto tenía programado su término en mayo de 2005.

4. Desviaciones y Comentarios

El programa y presupuesto del proyecto tuvo importantes desviaciones. Esto se debe a problemas en la gestión integral del proyecto, lo que se ha manifestado en problemas de planificación, de ingeniería, gestión de compras y administración de la construcción.

Se agregan a lo anterior, dificultades en la constructibilidad del proyecto, dado su espectacular tamaño (como se describiera precedentemente), como también debido al cambio tecnológico con la refinería en operación, y al tamaño del electrodo, que es mayor que el estándar mundial de 1x1 metro, lo que hace que las máquinas de electrodos de DCN sean prototipos, con todo lo que eso significa para su fabricación, montaje y puesta en marcha.

Las dificultades mencionadas, asociadas a un proyecto con características muy especiales, entre las cuales destacan el tamaño inusual del electrodo y su manejo totalmente automatizado y el hecho de que se trate de la Planta de electro refinación mayor del mundo, lleva a concluir que en las etapas preinversionales no se evaluó adecuadamente la complejidad del proyecto y los riesgos inherentes, y a comprender que subsanar las dificultades una vez iniciada la implementación del mismo, es extremadamente difícil y costoso, como se ha demostrado hasta la fecha.

A modo de ejemplo, se puede citar el hecho que la insuficiente rigidez del edificio existente, ya reforzado para el tráfico de los nuevos puentes grúa, dificulta la operación adecuada del sistema de control automático de las máquinas de manejo de electrodos.

En la etapa preinversional, se deberían haber identificado y debidamente evaluado los diferentes riesgos asociados a un proyecto tan complejo y directamente relacionado con el producto final que va al mercado, como es el cátodo.

Habiéndose completado ya el 100% de la conversión, la producción actual o reciente de cobre fino de DCN es de 700 a 750 ktpa, muy diferente a las 855 ktpa del proyecto PCT (un 15% inferior) y similar a la producción histórica de DCN con sus 2 refinerías, habiendo afectado la producción durante 6 años a la fecha (pérdida) y ocupando recursos económicos por sobre 250 millones de dólares. Esta meta de producción no ha podido ser superada, aparentemente ahora por falta de ánodos.

Lo relatado es coincidente con lo que se ha visto en un gran número de proyectos de inversión que han tenido dificultades importantes o han mostrado deficiencias, donde las decisiones tomadas al inicio del proyecto, en las fases preinversionales de definición de objetivos, de ingeniería de perfil e ingeniería conceptual son las que determinan en gran manera el éxito o fracaso de los proyectos de inversión.

5. Cobertura Informativa

El proyecto, desde sus inicios, recibió amplia cobertura en la prensa escrita, revistas especializadas y entidades relacionadas con materias mineras.

Así, es posible constatar que en numerosos artículos se señala por autoridades de CODELCO la necesidad de realizar el proyecto, luego se mencionan los riesgos y dificultades que se estaban teniendo durante su desarrollo, y se termina haciendo mención a su puesta en marcha y finalización, pero por debajo de las expectativas declaradas por las autoridades al inicio de él.

Entre estas publicaciones se cuentan: El Mercurio de Calama del 22 de enero de 2006, «el requiem a la prestigiosa y valorada Refinería Uno»; Comisión Chilena del Cobre, Dirección de Estudios, agosto 2006; Business News of America, 12 de abril de 2007; El Mercurio de Calama, 4 de julio de 2007; El Mercurio de Calama, 29 de agosto de 2008; El Mercurio de Calama, 14 de mayo de 2009; Minería Chilena, mayo 2010.

ANEXO E 9. MINA Y PLANTA RADOMIRO TOMIC - CODELCO NORTE

1. Introducción

El Proyecto Radomiro Tomic fue el primer contrato licitado por CODELCO en la modalidad EPCM, a fines de 1995. Se establecía en el llamado a propuesta un programa objetivo de 27 meses, pero fue adjudicado con un plazo contractual de 24 meses.

Los resultados del proyecto fueron óptimos, ya que se concluyó con un ahorro de un 15% del Presupuesto de Control, y en un plazo de 22,5 meses. Además, durante la ejecución del Proyecto, se procedió a realizar una expansión del 20% de la capacidad, a 180.000 toneladas de cobre por año, con inversiones marginales que no superaron el 6% del presupuesto, y que también se completó en menos de 25 meses.

Hasta la fecha, tras 13 años de operación, Radomiro Tomic sigue siendo la más eficiente y rentable operación de CODELCO.

2. Breve Descripción del Proyecto

La División Radomiro Tomic se ubica al norte del Rajo Chuquicamata, a unos 35 kilómetros al noreste de Calama.

Radomiro Tomic fue el primer proyecto nuevo («*greenfield*») desarrollado por CODELCO. Su objetivo inicial era producir 150.000 toneladas de cátodos de cobre al año. Al cabo de un año de proyecto, se autorizó el Proyecto de Optimización, para llevar la producción a 180.000 ton/año.

El desarrollo del rajo, y la compra de los equipos móviles de la mina fueron manejados directamente por el Cliente CODELCO. El alcance del Proyecto manejado por un Consorcio de empresas de ingeniería nacional/internacional incluyó, resumidamente, las siguientes instalaciones principales:

- Chancado primario (chancador 60 x 110', 7.000 ton/hr.).
- Acopio de mineral grueso.
- Harneo y chancado secundario (seis líneas).
- Sistema de curado con ácido en correas (innovador sistema que reemplaza a los tambores aglomeradores).
- Sistema de correas transportadoras a pilas de lixiviación (6.400 ton/hr.).
- Equipos de formación de pilas y de remoción de pilas.
- Pilas de lixiviación removibles («*on-off*»); 2 x 1.300 m largo, 300 m ancho y 8 m alto).

- Sistema de correas transportadoras y Equipos de Pila de Ripio (7.100 ton/hr.).
- Sistema de colección de soluciones lixiviadas; cuatro lagunas de PLS.
- Planta de extracción por solventes (tres trenes de 1.500 m³/hr, tecnología USF de Outokumpu).
- Electro-obtención en 704 celdas de hormigón polimérico con cátodos permanentes de acero inoxidable. Puentes grúas de cosecha y preparación de alta automatización. Ventilación de flujo transversal.
- Laguna y sistema de bombeo de refino. Laguna de emergencia.
- Descarga, almacenamiento y distribución de ácido sulfúrico.
- Subestación eléctrica principal y distribución eléctrica.
- Almacenamiento, tratamiento y distribución de agua. Protección de incendio.
- Instalaciones de la Mina (Taller de Camiones, red eléctrica, oficinas, etc.).
- Construcciones de apoyo y servicios (Oficinas, casa de cambio, casino permanente, primeros auxilios, laboratorios varios, bodegas, talleres varios, etc.).
- Camino pavimentado a Calama.

Algunas cantidades que describen la magnitud del Proyecto son:

- | | |
|--|--------------------------------|
| • Movimiento de tierra | : 5 millones m ³ |
| • Hormigones | : 71.000 m ³ |
| • Acero estructural | : 6.200 ton |
| • Cañerías | : 136.000 mt |
| • Órdenes de compra mayores | : 465 |
| • Embarques marítimos internacionales | : 353 (17.500 m ³) |
| • Horas de contrato EPCM | : 900.000 HH |
| • Tasa de accidentabilidad de todo el Proyecto | : 3,40 |

3. Desarrollo del Proyecto

El proyecto Radomiro Tomic comenzó en diciembre de 1995. El contrato entregaba total responsabilidad al Contratista en áreas que usualmente CODELCO abordada con personal propio (p. ej.: adquisiciones, administración de la construcción). Incluía también un agresivo programa de incentivos y multas, en función de los resultados, tanto de costo de inversión como de plazo de ejecución. El plazo contractual fue de 24 meses, tres meses menos que lo originalmente estipulado en las bases de propuesta.

El abordar un proyecto de esta magnitud, con la modalidad de paso tan acelerado («*fast-track*»), planteaba un desafío y riesgo importante, considerando las características del Cliente, una empresa pública, con procedimientos y sistemas de aprobaciones relativamente rígidos, con gran énfasis en la transparencia de los procesos, a menos de dos años de producido un muy serio problema de acciones no autorizadas en el mercado de futuros de cobre.

Sin embargo, la Gerencia de la nueva División tuvo la visión y determinación que le permitió lograr la aprobación de un sistema de procedimientos, propios del proyecto, que permitían conducirlo en forma ágil y acorde con los objetivos planteados.

Durante la ejecución del Proyecto, se debieron emplear importantes esfuerzos por parte de la Gerencia de Proyecto del Consorcio para mantener vigentes esos procedimientos. En múltiples instancias aparecían tendencias o presiones de volver a sistemas o métodos más tradicionales en la empresa.

El equipo del proyecto de CODELCO, de tamaño bastante pequeño, se instaló compartiendo oficinas con el equipo del Consorcio. Primó siempre un ambiente de puertas

abiertas, de comunicación ágil, «sin secretos ni sorpresas», como se estableció en uno de los objetivos claves del Proyecto.

El nivel de desarrollo de la ingeniería previa a la asignación del contrato EPCM, era lo que corresponde, en la vida de los proyectos, a una etapa de Estudio de Factibilidad, con algunas áreas desarrolladas a nivel de Ingeniería Básica. Dentro del contrato EPCM se debieron revisar, y de hecho se modificaron, conceptos fundamentales de diversas áreas de proceso.

Durante el desarrollo del Proyecto se produjo un cierto número de cambios. Los más significativos se relacionan con la capacidad de la Planta. La concepción original era construir instalaciones para producir 150.000 t/año, previendo espacios solamente para ampliaciones hasta 225.000 t/año.

Es destacable, para la época en que se desarrolló el proyecto, la baja accidentabilidad obtenida (3,40 accidentes con tiempo perdido por millón de horas trabajadas) lo que se logró con dedicados esfuerzos que incluyeron programas especiales de entrenamiento a cada persona, y planes de seguimiento monitoreados por los mismos trabajadores.

4. Principales Factores de Éxito

Los principales factores de éxito de este importante proyecto fueron los siguientes:

4.1. *Plan de Ejecución del Proyecto (P.E.P.)*

La mayor parte de los profesionales claves, que se incorporaron al equipo de RT venían de completar el Proyecto El Abra, de similar tamaño y tecnología. En dicho proyecto se había desarrollado, por primera vez, el concepto de pila de lixiviación «*On-Off*» con correas y equipos desplazables sobre orugas.

Por ello, fue posible hacer un Plan de Ejecución muy sólido y detallado, incorporando todas las «lecciones aprendidas» del anterior proyecto. Este trabajo se inició ya en la fase de preparación de la propuesta.

Se detalló la estructura de desglose del trabajo o «paquetes de trabajo» (*work breakdown structure*), a partir del cual se construye toda la planificación del proyecto.

Se desarrolló la estrategia de la construcción, fuertemente influida por los hechos ocurridos en noviembre de 1995 en El Abra, en el que un grupo de huelguistas se tomó el campamento y la obra, con un desgraciado resultado.

El P.E.P. detalló cada uno de los contratos de obra y los de servicios que se asignarían. Se definieron los contratos de tipo «llave en mano» o que incluían ingeniería y cada «paquete de trabajo» quedó asignado a un contrato de obra. De la misma forma, se desarrolló el Plan de Aporte de Materiales, con la consiguiente lista de requisiciones. Gran importancia se dio, al definir el P.E.P. a establecer las responsabilidades del Cliente y del Consorcio en los procesos de contratación y de adquisiciones, estableciéndose plazos concretos en las instancias que requerían aprobaciones.

Se completaron todas las partes del P.E.P. incluso antes de ser asignados como contratista EPCM (Alcance Técnico, Alcance de los Servicios, Plan de Gerenciamiento, Administración del Proyecto, Plan de Ingeniería, Plan de Adquisiciones, Plan de Construcción, Plan de Control de Proyecto; Plan de Comisionamiento, Puesta en Marcha y Entrenamiento; Plan de Automatización, Plan de Término y Cierre de Proyecto).

Un buen Plan de Ejecución de Proyecto es la piedra angular en el desarrollo exitoso de un proyecto. Por una parte, es el camino concordado a seguir con el Cliente, y por el lado interno, es la guía permanente y la mejor forma de inducción a cada miembro que se incorpora al equipo del proyecto.

4.2. *Área de Adquisiciones*

La importancia de esta área es crítica, no sólo en cuanto al uso eficiente de los recursos, sino, sobre todo, en asegurar que se dispondrá de los materiales y equipos, en la calidad adecuada, al momento de requerírseles en la obra.

Conscientes de la importancia de dar un fuerte impulso inicial a las compras, se destaca la relevancia que la Gerencia de Proyecto asignó a las diversas actividades de Adquisiciones. Desde el comienzo del Proyecto y de la Ingeniería, la reunión semanal de «Revisión de MR's» (requisiciones de materiales) constituiría un hito sagrado, incluso para las máximas autoridades del Proyecto por parte del Cliente. Eso enfocaba a los Jefes de Disciplina de Ingeniería, que debían responder por la producción del material para emitir las requisiciones y poder acelerar las compras. Un proyecto que no compra a tiempo, no será exitoso.

Un proyecto grande necesita sistemas adecuados para hacer seguimiento de sus partes, y, en especial, del proceso de abastecimiento de sus insumos. En este caso, se manejaron 465 órdenes de compra mayores, más 127 órdenes por materiales a granel. Un buen sistema es clave, no sólo para administrar los diferentes embarques de cada Orden, sino sobre todo, para el seguimiento de las etapas iniciales, en que los proveedores hacen su propia ingeniería, realizan sus órdenes de compra de insumos y echan a andar su propia producción.

Elemento fundamental en el éxito es la proactividad en el proceso de seguimiento de las compras. Un área crítica de esta gerencia es la de «Activación». En este caso, se trató de un pequeño equipo, cuatro personas, dedicados al seguimiento sistemático del avance del trabajo de los proveedores.

No se puede esperar que no se cumpla una fecha de entrega para percatarse de un atraso de un proveedor. En la metodología de seguimiento se incluía, para cada orden de compra importante, una visita al proveedor a muy poco tiempo de puesta la orden de compra, en su propio establecimiento, lo que se hacía con un grupo de inspección internacional. En la visita se examinaba en detalle el plan de trabajo del proveedor, su avance en el diseño, los contratos con sub-proveedores, su situación de contrato colectivo y posibilidad de huelga, etc. Y se hacía un seguimiento periódico.

No menos importante es la activación de la información certificada de proveedores, que permite levantar pendientes a los planos de ingeniería. Es una materia a la que hay que poner mucha presión, incluyendo, en las órdenes de compra, hitos de pago no menores por la entrega de esa información.

Finalmente, en esta área, debe mencionarse la importancia del grupo de Materiales a Granel. En un proyecto con un paso tan acelerado como éste, no era posible delegar en Contratistas la compra de materiales. Los Contratistas debían ser elegidos a través de propuestas competitivas, que requerían una cantidad de información y planos que debían ser producidos por Ingeniería. La suma de esos procesos dura muchos meses que no se pueden perder. Deben entonces licitarse contratos de tipo «marco» al inicio del proyecto, e ir afirmando cantidades («releases») en la medida que avanza la producción de planos. En este proyecto se pusieron 127 órdenes tipo «marco», con 461 «releases».

4.3. *Controlar los Cambios*

Como se ha señalado, existían objetivos claros de Costo y Plazo que fueron asumidos por todo el equipo de proyecto. Sin embargo, en cualquier proyecto, los cambios son los principales elementos que ponen en riesgo ambos objetivos.

En el Proyecto RT se estableció un «Programa de Tendencias» que se mantuvo hasta completar la Ingeniería. Cada vez que un ingeniero detectara un cambio o desviación, debía llenar un pequeño formato describiéndolo. Cambios podían ser circunstancias naturales

distintas a las previstas, o un error en el presupuesto base, o plazo de entrega de alguna compra distinto al anticipado en el Programa. Pero la mayoría de las veces eran solicitudes de mejoras o cambios incorporados en los ruteos de planos al Cliente.

Estos avisos tempranos de tendencias eran analizados, una vez a la semana, de nuevo en una reunión «sagrada» con asistencia incluso del Gerente de la División, para tomar una decisión final al respecto. Ello permitió, en muchas instancias, desechar modificaciones en que el costo o la demora no justificaban la mejora pretendida.

4.4. *Construcción*

Como se señaló antes, se delineó la estrategia de construcción al aprobar el Plan de Ejecución al inicio del Proyecto. Sus puntos principales incluían:

- Siempre más de un buen contratista en cualquier especialidad.
- Evitar interfaces «horizontales» entre contratos.
- Tener campamento propio de muy buen estándar para todos los trabajadores y supervisores.
- Ejecución muy temprana de las obras temporales (Campamento, oficinas, bodegas, patios de materiales, etc.).
- Plan de relaciones laborales, que reconocía y dialogaba con confederaciones sindicales, pero sólo exigía condiciones mínimas estándares a través de los contratos con empresas contratistas. La relación con los sindicatos era responsabilidad de cada empresa. (Este tema no era trivial, ya que el mandante, por ser estatal, y la mayor empresa del país, tenía un historial más bien de tipo intervencionista en las relaciones entre subcontratistas y trabajadores).

La medida de un campamento único fue muy importante. Uno de los temas que más preocupa a los trabajadores es el de la equidad. Con un campamento de alto estándar, en el que además se incluyeron permanentemente programas de educación, capacitación y recreacionales, se logró un clima muy positivo.

Los resultados fueron muy buenos tanto en temas de seguridad, técnicos de construcción como de relaciones laborales, recibiendo explícitos reconocimientos de federaciones sindicales y de la Dirección del Trabajo.

4.5. *Equipo del Cliente*

El comienzo del Proyecto Radomiro Tomic también fue el comienzo de la nueva División Radomiro Tomic.

Todo el personal de la nueva División, incluyendo su Gerente, se ubicaron en las mismas oficinas del Proyecto.

El personal técnico de CODELCO dedicado al proyecto, fue más bien pequeño y de gran especialización, y trabajaron como un solo equipo con el personal del Consorcio, adaptándose bien al nuevo esquema de desarrollo de Proyecto, en que su rol cambiaba de protagónico a uno más subsidiario, de comentario y aprobación. Además de los conocimientos técnicos, demostraron tener una gran vocación y espíritu de entrega, demostrada tanto en la oficina de Santiago como en la Obra.

Como muestra que se lograba llegar a acuerdos, aun cuando existieran lógicas discrepancias o diferentes apreciaciones, se puede señalar que en más de 400 asignaciones de órdenes de compra o de contratos, en no más de 5 se asignó a un proveedor o contratista distinto del primer recomendado por el Consorcio.

Es muy relevante señalar que para CODELCO fue una innovación ejecutar un proyecto en la modalidad EPCM, entregando responsabilidades que tradicionalmente se reservaba, tales como las adquisiciones y la administración de la construcción.

Si a lo anterior se suma que el proyecto se ejecutó con «paso rápido» (*«fast-track»*), es decir, con una fuerte compresión en los programas, lo que añade incertidumbre o riesgo, puede entenderse que este tipo de desarrollo provocara mucha inquietud entre el personal de la Corporación. Ello provocó tensiones a lo largo del proyecto, lo que requirió de importante atención gerencial para ser resuelto.

En forma similar, los procedimientos aprobados en la partida del Proyecto, que se apartaban en diferentes aspectos de los estándares internos de la Corporación, sufrían cuestionamientos y modificaciones.

Uno de los temas que más parecía atraer la inquietud de personas externas al proyecto, y que significó diversas auditorías y largas horas de discusiones al más alto nivel gerencial, era el hecho que el Consorcio trabajaba con un Programa Objetivo de completar el proyecto en 21 meses, siendo que el plazo contractual era de 24 meses. Fue un hecho cuestionado permanentemente.

Otro tema, que resulta algo curioso de mencionar, tiene que ver con el financiamiento. CODELCO financió todo el Proyecto con recursos propios. Lo anterior, que constituye una gran ventaja frente al financiamiento externo en un proyecto, se vio en cierta forma aminorando por la rigidez exigida en el cumplimiento de los flujos de caja proyectados. Lo que para un inversionista privado es ventajoso, el posponer fuertes desembolsos por unos meses, no lo es para CODELCO, a quien se exigía un rígido cumplimiento de las proyecciones, y en especial, al cierre de cada año.

4.6. *Equipo de Ingeniería*

Especial mención debe hacerse del equipo de Ingeniería. Su compenetración en todos los temas técnicos involucrados permitió un rápido avance de la Ingeniería, y con la introducción de notables mejoras en los diseños. Lo anterior se logró también con un trabajo muy cercano con algunos de los proveedores de equipos más importantes, en particular con quien suministró los equipos de carga y remoción de Pilas de Lixiviación y Pilas de Residuos.

De esta cooperación nació una medida que significó un importante ahorro al proyecto: la gran superficie de las pilas (un kilómetro cuadrado) no requería ser un plano perfecto, sino que podía trabajarse la superficie manteniendo inclinaciones que permitiera el drenaje y evitando desangulaciones superiores a las admisibles de los equipos. Otro elemento a destacar fue la introducción, impulsada por algunos ingenieros del Cliente, del curado con ácido sulfúrico en correas transportadoras, evitando los costosos tambores aglomeradores.

4.7. *Motivación del Personal*

El Contrato contempló un programa de incentivos y multas en función del cumplimiento del Plazo (24 meses) y del Presupuesto. En caso de obtener un premio, este debía ser compartido con los empleados que participaban directamente en el Proyecto. Con gran orgullo para todo el equipo de proyecto debe destacarse que se obtuvieron, tanto para el Proyecto Original como el de la Optimización, los premios máximos estipulados. Al comienzo del Proyecto, el Directorio del Consorcio invitó a los mismos empleados a proponer fórmulas concretas para efectuar la distribución de la parte a compartir. Con gran entusiasmo y participación, se determinó la forma de reparto. Básicamente, el eventual bono se dividió en un número fijo de «acciones», que se fueron distribuyendo a lo largo del proyecto. De esa forma, el esfuerzo colectivo se orientaba a conseguir el mayor valor para cada acción. El programa de incentivo y reparto de acciones fue una importante palanca motivacional durante todo el Proyecto.

ANEXO E 10. PLANTA DE REGASIFICACIÓN DE GAS NATURAL LICUADO DE MEJILLONES - GNLM

1. Resumen Ejecutivo

Con el objetivo de superar la escasez de gas natural en el norte de Chile, generada por la crisis del gas argentino, lugar en el que se habían realizado importantes inversiones en centrales de generación eléctrica para operar con gas natural, se requería disponer de un terminal de regasificación de gas natural licuado (GNL) que pudiera suministrarse en el corto plazo (2010-2012) como combustible alternativo, a generadores forzados a operar las plantas de energía con diesel con las restricciones medio ambientales y técnicas que genera este combustible. La única solución técnica posible para cumplir con este objetivo era construir un Terminal que utilizara un buque estanque metanero como unidad de almacenamiento flotante (FSU, primera etapa o etapa «*fast-track*»), ya que los plazos de construcción de un estanque de almacenamiento de GNL en tierra imposibilitaban la operación del terminal en el año 2010. Para una etapa posterior (2013 en adelante) y con el fin de garantizar el suministro de energía confiable en el norte de Chile, se consideró construir un estanque de almacenamiento de GNL en tierra (segunda fase), actualmente en construcción.

1.1. Meta del proyecto

Durante la primera fase, el objetivo fue la construcción de un terminal, y lograr su puesta en marcha en un plazo de 22 meses, desde el inicio de la construcción del mismo.

1.2. Resultados obtenidos

El Proyecto se logró construir en el plazo prefijado, sin sobrepasar el presupuesto inicial y con el alto estándar de calidad y seguridad que requiere este tipo de instalaciones, sin ningún conflicto laboral ni incidentes ambientales, cumpliendo el objetivo inicialmente acordado.

A continuación se presentan las fechas más importantes para el proyecto:

- Octubre 2006 : Inicio del proyecto (Permisos, selección de contratista EPC).
- Mayo/Junio 2007 : Órdenes de compra de equipos principales.
- Abril 2008 : Trabajos de Construcción.
- Marzo 2010 : Primer envío de gas.

1.3. Principales acciones realizadas

- Soluciones técnicas innovadoras: uso de buque estanque metanero como FSU;
- Enfoque contractual: se dividió la construcción del proyecto en varios contratos llave en mano:
 - a. Muelle.
 - b. Terminal, Planta de Regasificación e Instalaciones.
 - c. Ducto de Entrega de Gas y City Gate.
 - d. *Owner's Engineer*.
- Emisión anticipada de órdenes de compra de los equipos principales del terminal;
- Integración de equipos en terreno (dueño e Ingeniería del dueño);
- Programa de incentivos para alcanzar los objetivos (bonos contractuales);
- Estrecha colaboración entre entidades y actores externos;
- Estrategia de capacitación: Se capacitó a todo el personal contratista y subcontratistas en temas de prevención de riesgos, buenas prácticas laborales y medio ambiente.

- Soporte de accionistas y terceros: Seguimiento por expertos en industria GNL, con apoyo de CODELCO.
- Cercana relación con autoridades comunales, regionales y nacionales, así como una fluida comunicación con los servicios públicos involucrados.

2. Descripción y Antecedentes Generales del Proyecto

El Proyecto se emplaza en la bahía de Mejillones, en la comuna del mismo nombre a 8,5 kilómetros al noreste de Mejillones, en la Provincia de Antofagasta, Región de Antofagasta.

El Proyecto (GNLM) asegura mediante la construcción y operación de un terminal de recepción y regasificación de Gas Natural Licuado (GNL) en la Bahía de Mejillones de la Región de Antofagasta, el suministro de gas natural para el norte de Chile, transformándose en una alternativa real para asegurar un abastecimiento energético seguro y limpio.

Sociedad GNL Mejillones S.A., tenía durante la ejecución del proyecto como accionistas a GDF SUEZ y a CODELCO en partes iguales, participación que se modificaría al iniciarse la segunda etapa del proyecto.

El Terminal tiene una capacidad nominal de envío de 5,5 millones m³ de gas por día, lo cual permite disponer de una capacidad equivalente a 1.100 MW para generación eléctrica. Las instalaciones permiten descargar, almacenar y regasificar GNL y despacharlo mediante un ducto de entrega de aproximadamente 8 kilómetros de longitud, a los gasoductos NorAndino y Atacama.

A través del primero se abastecen la central termoeléctrica Mejillones y la central termoeléctrica Tocopilla, ambas de propiedad de E-CL, y con el segundo, se abastece la central térmica Atacama de propiedad de Gas Atacama, todas pertenecientes al Sistema Interconectado del Norte Grande (SING). También entrega en forma esporádica gas natural a la central térmica Taltal de propiedad de ENDESA y Southern Cross, que pertenece al Sistema Interconectado Central (SIC).

El diseño y supervisión de la construcción del Terminal lo realizó una firma de ingeniería internacional con experiencia reconocida mundialmente en tecnología criogénica. El Terminal se construyó y opera hoy de acuerdo con los más altos estándares internacionales y nacionales de seguridad y en materia de tecnología y protección del medio ambiente.

3. Diseño Operacional del Terminal

La operación del proyecto comprende dos etapas.

- En la primera etapa el Terminal opera desde febrero de 2010 utilizando una (FSU), esto es, con un barco metanero atracado al muelle. Dicho barco tiene una capacidad para almacenar de aproximadamente 162.400 metros cúbicos de GNL.
- La segunda fase considera la construcción de un estanque de almacenamiento de GNL en tierra, cuya construcción se inició en octubre de 2010.

4. Componentes Principales del Proyecto

- Un muelle de descarga de gas de aproximadamente 700 metros de largo, dotado de dos sitios de atraque. En el sitio norte permanece atracada la FSU y en el sitio sur atraca, aproximadamente cada 30 días, un barco metanero que transfiere GNL a la FSU. A la fecha han atracado en el Terminal 13 buques metaneros. El proceso de descarga de GNL a la FSU tiene una duración aproximada de 20 horas.
- Un cabezal equipado con cinco brazos de carga y descarga de GNL; tres en el sitio norte y dos en el sitio sur.

- Sistema de tuberías criogénicas de descarga de GNL y de recuperación de vapores, y sistema de manejo de vapores de GNL.
- Batería de equipos de regasificación, con capacidad total nominal de diseño de 5,5 millones de metros cúbicos estándar por día.
- Ducto de entrega de gas natural, de aproximadamente 8 kilómetros de longitud.
- Equipos e instalaciones auxiliares (equipos detectores de gas, red de incendio, estanque de agua para red de incendio, etc.).

5. Monto de la Inversión y Principales Contratos

Durante esta primera etapa del proyecto (Terminal de re-gasificación) se invirtieron aproximadamente US\$550 millones.

Los principales contratos de ingeniería, suministro y construcción (modalidad EPC) fueron:

- Construcción de las instalaciones civiles y electromecánicas terrestres del Terminal, así como los sistemas criogénicos de tuberías de descarga y transporte de GNL del muelle a la planta de regasificación.
- Construcción del muelle y del ducto de entrega de gas natural y la estructura metálica de carga y descarga de GNL en el cabezal del muelle.

6. Sustentabilidad, RSE, Permisos y Licencias

El Estudio de Impacto Ambiental del proyecto fue ingresado al Sistema de Evaluación Ambiental el 17 de mayo de 2007 y fue aprobado de manera unánime por la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta, mediante la Resolución Exenta N° 0054/2008, de fecha 30 de enero de 2008.

La construcción y operación del Terminal requirió del otorgamiento de una Concesión Marítima Mayor. En julio del 2007 GNLM ingresó la respectiva solicitud. El Decreto que otorgó dicha concesión, fue entregado a GNLM por la Capitanía de Puerto de Mejillones el 29 de abril de 2008.

GNLM firmó con la I. Municipalidad de Mejillones un Protocolo para el Desarrollo Sustentable de la Comuna de Mejillones, a fin de apoyar actividades educativas, culturales y sociales.

Además, GNLM es uno de los miembros fundadores de la Fundación para la Sustentabilidad del Gaviotín Chico. Dicha Fundación representa un exitoso ejemplo de cooperación entre los sectores Públicos y Privado, y de la posibilidad de integrar también a la Comunidad en la protección del medio ambiente.

7. Mano de Obra Empleada durante la Construcción y Operación

Durante la construcción del proyecto la mano de obra sobrepasó las dos mil personas en su etapa de mayor actividad.

Actualmente en el terminal trabajan 77 personas de las cuales el 35% corresponde a habitantes de la Comuna de Mejillones. Esta cifra se logró mediante un plan de contratación de mano de obra en coordinación con la Ilustre Municipalidad de Mejillones. La dotación actual total de la empresa, considerando sus oficinas en Santiago, es de 99 personas.

8. Operación del Terminal

Desde abril 2010, GNLM entrega en forma continua más de dos millones de metros cúbicos de gas natural por día a sus clientes, de acuerdo a contratos de compraventa y suministro de gas natural firmados con cada una de las cuatro empresas mineras involucradas en el proyecto desde su comienzo, para así generar el equivalente a cerca de 400 MW de

energía por un período de tres años, a partir de abril del 2010. Es decir, aproximadamente el 25% del mercado eléctrico en el SING se basa en gas natural. Adicionalmente, GNLM inició ventas de gas natural para uso industrial.

GNLM estima que la vida útil estimada del proyecto es al menos de 40 años. No obstante lo anterior, dicha estimación puede extenderse considerablemente mediante modificaciones y las mantenciones pertinentes.

9. GNLM2 - Estanque en Tierra

Se trata de un nuevo proyecto, que complementa las instalaciones de la planta y que permitirá sustituir el barco estanque actualmente utilizado y aumentar la capacidad de regulación de entrega de gas. La construcción del referido estanque de almacenamiento de GNL en tierra se inició en octubre de 2010, y se espera que entre en operación durante el último trimestre del año 2013. El estanque tendrá una capacidad aproximada de 175.000 m³ y es del tipo «contención total» (*«full containment»*). Este estanque tiene el más alto estándar de seguridad entre los tipos de estanques de GNL y su diseño considera la más avanzada tecnología de construcción antisísmica, así como sofisticados sistemas de monitoreo y protección.

Su construcción fue licitada internacionalmente según la modalidad EPC a la misma empresa encargada de la construcción del Terminal. La supervisión del proyecto la realizará a su vez la misma empresa que exitosamente cumplió el rol de *Owner Engineer* en la primera fase del Terminal. El monto de la inversión es de aproximadamente 204 millones de dólares.

ANEXO E 11. PLANTA CELULOSA VALDIVIA - CELULOSA ARAUCO

1. Introducción

El Proyecto Valdivia de Celulosa Arauco y Constitución S.A., está ubicado en la Provincia de Valdivia, Región de Los Ríos, 6 kilómetros al sureste de la localidad de San José de la Mariquina, a 500 metros de la ribera sur del Río Cruces y 32 kilómetros aguas arriba del Santuario de la Naturaleza Carlos Adwanter. Consiste en una planta industrial para la obtención de 550 mil toneladas anuales de pulpa de celulosa Kraft, blanqueada, de pino radiata y eucaliptos.

La planta está diseñada para una vida útil superior a 20 años y representó una inversión del orden de US\$1.200 millones, de los cuales aproximadamente 700 millones corresponden a las instalaciones. El resto corresponde al terreno y plantaciones. En ella se utilizó la más avanzada tecnología de proceso y control ambiental. La materia prima (madera de pino o eucaliptus) proviene tanto de plantaciones propias como de terceros.

Celulosa Arauco y Constitución S.A. ha establecido, como uno de sus objetivos, la preservación del equilibrio ecológico; sus políticas, en relación al medio ambiente, se basan en los principios del desarrollo sustentable. Consecuentemente, la empresa sometió su proyecto Valdivia al sistema de evaluación de impacto ambiental establecido en la Ley 19.300 sobre Bases del Medio Ambiente, mediante un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que se presentó a la Comisión Regional del Medio Ambiente.

2. Proceso Productivo

El proceso que se usa en la planta Valdivia para producir pulpa blanqueada se denomina «Kraft». En este proceso la madera, previamente astillada, se somete a cocción en digestores, usando una solución de hidróxido de sodio y sulfuro de sodio a temperatura y presión, con el fin de remover la lignina de la estructura de la madera y así liberar

las fibras de celulosa. La masa de fibras de celulosa, que se denomina pulpa, se lava con agua y pasa a los procesos siguientes de remoción adicional de lignina, primero con oxígeno y finalmente con otros agentes de blanqueo. De esta forma se obtiene pulpa blanqueada que, una vez secada, se exporta en forma de láminas para la elaboración de papel u otros productos.

La principal materia prima del proyecto lo constituye la madera, cuya demanda se estima en alrededor de 2.240.000 m³ de fibra de pino radiata y 563.000 m³ /año de fibras de eucalipto. El suministro es proporcionado en parte por las plantaciones propias de la empresa entre la VIII y X Regiones, y en parte de plantaciones de terceros, principalmente de la zona.

Durante la operación, el caudal medio estimado de agua fresca necesario es de 650 l/s y se obtiene del río Cruces y/o de pozos, desde donde es bombeada hacia la planta de tratamiento de agua. La obra de captación de agua superficial es una estructura de hormigón semi-sumergida, ubicada en el cauce del río y que está conectada a una sala de bombas por tuberías horizontales enterradas. La ubicación exacta y el diseño de la estructura de captación de agua se han definido de manera de minimizar los posibles cambios en la configuración natural del río.

Los residuos industriales líquidos del proyecto representan un flujo de unos 600 l/s. Este caudal es similar al caudal alimentado a proceso (650 l/s). La diferencia de 50 l/s corresponde, principalmente, a vapor de agua que se pierde en la atmósfera y a humedad residual retenida en la pulpa.

3. Emisiones y Residuos

3.1. Emisiones Atmosféricas

Durante la operación de la planta Valdivia se producen emisiones en las siguientes fuentes fijas: caldera de recuperación, horno de cal, estanque de disolución, caldera de poder e incinerador de gases no condensables (NCG). Las principales sustancias emitidas son: material particulado, dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos de azufre reducido (TRS).

Se ha verificado que las concentraciones ambientales que resultan de estas emisiones cumplen con las normas de calidad del aire vigentes en el país.

3.2. Residuos Líquidos

Durante la operación se generan unos 600 l/s de efluente líquido, el que es sometido a tratamiento primario, secundario y terciario para posteriormente descargarlo al río Cruces. El diseño de la planta Valdivia responde a la mejor tecnología actual, de modo que este efluente se puede considerar entre los de mejor calidad ambiental de plantas de celulosa a nivel mundial.

Los parámetros de interés que caracterizan un efluente de planta de celulosa son los siguientes: demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅); demanda química de oxígeno (DQO); sólidos suspendidos totales (TSS); compuestos órgano-clorados (AOX); cloratos; nitrógeno/fósforo; compuestos cloro-fenólicos; ácidos resínicos; ácidos grasos, y color. En el efluente líquido de la planta Valdivia, las concentraciones medias anuales de estos parámetros, después del tratamiento terciario cumplen ampliamente con los niveles establecidos por la autoridad en estas materias.

El efluente líquido es descargado al río Cruces a través de un difusor instalado en el lecho del río, para permitir una eficiente dilución. De esta forma, las concentraciones en el río, luego de la dilución, cumplen con las normas chilenas de calidad del agua para distintos usos y las normas ambientales.

3.3. *Residuos Sólidos*

El proceso de pulpa Kraft es eficiente en términos de reciclaje de desechos sólidos. Toda la madera que entra a la planta es consumida, ya sea en la producción de pulpa propiamente tal, o bien en la generación de vapor y energía eléctrica. Del volumen total de residuos o desechos sólidos producidos (unas 3.000 a 4.000 toneladas diarias), aproximadamente un 95% es incinerado para generar vapor o energía; el 5% restante (principalmente rechazos de proceso y cenizas de incineración) es dispuesto en un depósito de residuos sólidos propio habilitado en un lugar próximo a la planta industrial, de acuerdo a la normativa chilena vigente. Los lodos del clarificador primario son incinerados, mientras que los del clarificador secundario y terciario son enviados al depósito del proyecto.

4. *Situación Actual*

4.1. *Construcción y Puesta en Marcha*

La fábrica Valdivia se construyó y se puso en operaciones el primer trimestre del año 2004, después de 31 meses de trabajo continuado, comenzando desde la etapa de Ingeniería Conceptual hasta la Puesta en Marcha. Este plazo es considerado como todo un record en este tipo de proyectos, tanto a nivel nacional como internacional.

Este esfuerzo fue realizado principalmente por un grupo de ingeniería liderado por la Gerencia de Ingeniería y Construcción de ARAUCO, el que, con la colaboración de empresas chilenas de ingeniería, el apoyo especializado de aplicación de procesos de empresas extranjeras y empresas constructoras nacionales, logró cumplir con las metas trazadas por la dirección de la empresa, tanto en plazos, como en niveles de inversión.

Después de una puesta en marcha exitosa, los niveles de producción fueron rápidamente alcanzados y la operación se mantuvo dentro de los límites autorizados por las reparticiones gubernamentales correspondientes. Es natural que dentro de los procesos de puesta en marcha de planta químicas de esta envergadura, se produzcan algunos desequilibrios y posteriores ajustes, que producen descargas no deseadas de gases, vapores y ciertas emanaciones. Este proceso no fue ajeno en el caso de la planta Valdivia, pero desaparecieron en forma natural, a poco de iniciar las operaciones.

4.2. *Problemas Ambientales Circunstanciales*

Posteriormente a la puesta en marcha de la planta a comienzos del 2004 y sin mediar hasta la fecha una clara explicación científica o técnica, a fines de mayo de ese año, se inició un proceso de migración de los cisnes de cuello negro desde el medio acuático Santuario de la Naturaleza Carlos Adwanter. Este fenómeno causó, en un comienzo, extrañeza en la población cercana, tanto ribereña como de los poblados vecinos y posteriormente de las autoridades nacionales ligadas con la preservación del medio ambiente.

Posteriormente, se comprobó, que junto con la migración de las aves, también se había producido cierta mortandad de ellas, lo cual causó una rápida reacción pública en el país que posteriormente se extendió al exterior. Este fenómeno no afectó las otras especies u organismos que habitan el santuario.

Dado que los efluentes tratados de la nueva fábrica de celulosa Valdivia son descargados al río Cruces, tributario del medio acuático mencionado, se empezó a sindicarse a esta empresa como la culpable de tan lamentables sucesos, especialmente desde el punto de vista de la conservación de la naturaleza.

Una primera investigación, llevada adelante por CONAMA a través de entidades especializadas, concluyó que los cisnes de cuello negro migraron o murieron debido a la falta de un alimento esencial en el Santuario llamado «luchecillo», que corresponde a una planta invasora y que crece en las aguas bajas del humedal.

Ante esta situación, la dirección de la empresa ARAUCO, el 18 de enero del 2005, ordenó la detención de la fábrica para realizar todos los estudios y verificaciones necesarias para clarificar los sucesos antes mencionados, y buscar solución a un potencial efecto ambiental debido a la operación de la planta. Las operaciones se reanudaron el 17 de febrero, con la aprobación de CONAMA.

Participaron en estos estudios y verificaciones las principales entidades científicas de Chile, incluidas la Universidad Austral (UACH), la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad de Concepción, las cuales emitieron informes sobre la situación. La UACH en marzo de 2005, emitió un informe a CONAMA en el cual confirma presencia de hierro en las aguas y que podría ser la causa de la muerte del luchecillo, alimento de los cisnes. Posteriormente, en abril de 2005, CELCO publicó un informe, contratado a la Pontificia Universidad Católica (a través del CASEB), que desvirtúa el Informe de la UACH. Se concluye que los efluentes de la planta Valdivia no contienen cantidades significativas de hierro, que pudieren afectar al luchecillo.

Las razones del porqué este luchecillo dejó de crecer aún no están claras, pese al informe de UACH. Existen muchas hipótesis al respecto, algunas de las cuales apuntan a fenómenos naturales como una posible contaminación producida por las descargas de efluentes de la fábrica de celulosa Valdivia. Después de un completo análisis de todos los antecedentes disponibles, el 6 de junio 2005, COREMA publicó la Resolución de su votación del 25 de mayo, que aprueba la continuación de las operaciones de la Planta.

En junio de 2005, CELCO, cerró nuevamente las actividades de la planta Valdivia para proceder a revisar, en forma interna y exhaustiva, los alcances de las nuevas exigencias impuestas por la COREMA. Posteriormente, el 12 de agosto de 2005, la planta reanudó su operación, pero con una producción restringida a un 80% de su capacidad total y con la condición de que el titular (Arauco) deberá proponer y poner en operación una alternativa de descarga de sus residuos industriales líquidos, distinta del río Cruces, santuario de la naturaleza Carlos Adwanter, o afluentes de ellos, debiendo someter el proyecto al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, bajo la forma de un Estudio de Impacto Ambiental.

Desde ese entonces, hasta la fecha, Arauco ha trabajado en esa dirección, estando pronto a concluir los requisitos necesarios, estudios y permisos, para la materialización de esta obra, que conducirá los residuos líquidos tratados, para disposición final en el mar, mediante un difusor submarino localizado fuera de la Zona de Protección Litoral.

Además, en paralelo, desde esa fecha hasta ahora, si bien se reconoce que el sistema de tratamiento de efluentes de la planta es uno de los mejores a nivel mundial, la empresa CELCO ha continuado estudiando posibles mejoramientos a dicho tratamiento, con el objeto de alcanzar cada vez un mejor desempeño ambiental. Actualmente el efluente líquido llega a tener características de pureza similares al agua potable para algunos de sus parámetros.

Los esfuerzos anteriores no han impedido una serie de acciones de tipo legal y de presión a través de medios de comunicación, las cuales sin haber tenido consecuencias directas en la actual producción de la planta ya operando al 100% de su capacidad, ciertamente han impactado en la imagen que parte de la comunidad tiene de la planta y sus instalaciones, lo que ha dificultado hasta ahora la posibilidad de aumentar sus niveles de producción.

5. Análisis y Conclusiones

Revisando la síntesis de los hechos narrados en los acápites anteriores, resulta difícil emitir una opinión clara y concluyente de las causas que produjeron los problemas en el santuario Carlos Adwanter. Existen diversas hipótesis y opiniones encontradas sobre el origen de las causas que hicieron disminuir el luchecillo, alimento de los cisnes de cuello negro. Lo notable es que un proyecto de envergadura mundial, ejecutado bajo las más

avanzadas técnicas y cumpliendo rigurosamente las exigencias ambientales, haya sido detonante de una alteración social en una zona que necesita imperiosamente de inversiones para alentar su desarrollo.

Según los análisis e informes realizados por universidades locales y otras entidades extranjeras que también participaron de alguna manera en esta discusión, la desaparición del luchecillo no es resultado de las descargas de los efluentes de la planta, ya que los niveles de hierro que se encuentran en ellos son insignificantes. El tratamiento terciario se hace con sulfato de aluminio.

El problema podría haberse generado por otras causas ajenas a la descarga de los efluentes de la planta. Por ejemplo se apunta a razones de degradación natural del Santuario o que aguas arriba de la planta Valdivia existen descargas de aguas servidas de diversos poblados, los que pudieron, de alguna manera también, contribuir al fenómeno de disminución del luchecillo.

Un proyecto exitoso, como el de la fábrica de celulosa de Valdivia, que fue estudiado durante su concepción en todo detalle por expertos nacionales e internacionales no podría tener una falla tan ostensible como la que se le imputa pero, aun así, ha debido soportar la condena pública y la dificultad para obtener autorización para aumentar su nivel de producción. La construcción de un emisario al mar, actualmente en estudio y obtención de permisos, podrá poner punto final a esta controversia.

A N E X O F

LA INGENIERÍA CHILENA Y EL SISMO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010

1. El Sismo de febrero y la Sismicidad del País

A las 3:34 am del día 27 de febrero de 2010 la mayor parte de la población de las zonas central y sur del país fue despertada por un violento terremoto. Algunas decenas de minutos después, cerca de 500 km de la costa central fueron afectadas por un gran tsunami que destruyó varios pueblos costeros, caletas de pescadores y que impactó algunas importantes ciudades e instalaciones industriales, como Constitución, Talcahuano y Concepción, así como también a la isla de Juan Fernández. El sismo tuvo una magnitud de Mw 8,8 y la duración del movimiento fuerte («*strong motion*») se estimó en 110 segundos, constituyéndose en ese entonces en el 5° sismo más grande registrado a nivel mundial en términos de energía liberada, siendo que el mayor registrado en el mundo también ocurrió en el territorio nacional: el sismo de Valdivia de 1960 de magnitud Mw 9,5.

Las lecciones aprendidas en los eventos sísmicos ocurridos en el país, principalmente aquellos de 1960 y 1985, así como otros ocurridos en el resto del mundo y especialmente en México, Japón y USA, han sido absorbidas en gran parte por la práctica de la ingeniería civil estructural y geotécnica del país y plasmadas en forma gradual en las normas chilenas de diseño estructural y en guías y recomendaciones de diseño de estructuras y obras como presas y embalses.

2. Los Daños Producidos por el Sismo del 27 de febrero

Las muertes producidas por el sismo fueron del orden de 550, siendo que aproximadamente la mitad de estas fueron causadas por los efectos directos del tsunami o por los efectos combinados del tsunami y la destrucción de viviendas ubicadas en el borde costero.

La gran magnitud del sismo, y el número relativamente bajo de víctimas fatales, han sido consideradas internacionalmente como indicadores del gran desarrollo y capacidad de la ingeniería chilena. Sismos de la magnitud del ocurrido en Chile en febrero de 2010 han producido daños y fatalidades significativamente mayores en otros países, tanto desarrollados como emergentes.

3. Daños Producidos por el Tsunami

Como ya se ha mencionado, una parte importante de los daños ha ocurrido por causa del tsunami y dentro de éstos se ha afectado a viviendas y otras instalaciones situadas en zonas de riesgo de tsunami ya identificadas hace bastante tiempo. La responsabilidad de estos daños reside en una grave falla en la planificación territorial y en los planos reguladores de muchos asentamientos, en que no se ha indicado claramente el nivel de riesgo asociado a ciertas zonas costeras.

Respecto de los daños ocurridos a diferentes estructuras por efecto directo del terremoto y no del tsunami, la situación general es bastante positiva en términos relativos, ya que el número de estructuras dañadas significativamente ha sido reducido, si no se consideran las construcciones de adobe y ciertas estructuras lineales como puentes y vías elevadas.

4. Daños en Puentes y Vías Elevadas

Varios puentes y vías elevadas sufrieron serios daños durante el sismo de febrero 2010 y en forma muy clara en varias obras construidas en los últimos 10 a 20 años. Una parte importante de los daños se relaciona con deformaciones o movimientos excesivos de tableros y vigas, los que en algunos casos finalmente perdieron el apoyo, colapsando la estructura y dejándola fuera de servicio.

En un informe post sismo (Kawashima et al., 2010) se comenta que en varios puentes y/o pasos a desnivel que sufrieron severos daños, se habría obtenido un desempeño satisfactorio si se hubieran aplicado las prácticas de diseño habituales en Chile. En general estas estructuras fueron diseñadas y construidas por las concesiones de obras viales, como un producto industrializado que no respetó los criterios sísmicos tradicionalmente utilizados por el MOP, o bien impuso los propios.

En otros casos de puentes dañados se identificaron problemas de fundación relacionados con suelos débiles y principalmente suelos licuables en sismos.

A pesar de los notables avances en la ingeniería estructural antisísmica, tanto en Chile como en el exterior, y del buen comportamiento de la ingeniería nacional ante el sismo de febrero de 2010 se debe reconocer que se deberían tomar iniciativas, por parte de instituciones como el MOP y de las organizaciones de ingeniería del país, respecto de nuevas normativas y guías de diseño que permitan evitar los malos desempeños sísmicos de algunas estructuras como puentes y vías elevadas.

Pero no solamente los puentes constituyen líneas vitales que un país debiera mantener operables en condiciones extremas como el caso de un sismo intenso, inundaciones u otra condición similar. Pareciera que existe consenso en el país de que ciertas instalaciones debieran mantenerse operables durante y después de un evento catastrófico, pero tal consenso aparente no se refleja ni en normas ni en recomendaciones de diseño, ni en instrucciones para su localización y definición de funciones de operación. Algunos ejemplos de estas estructuras vitales los constituyen: puentes, hospitales, sedes de gobierno local, cuarteles de policía, aeropuertos, cuarteles de bomberos, centrales de comunicación, matrices de agua potable y otras.

Hay una evidente responsabilidad de las autoridades de Gobierno, las que con el apoyo de la ingeniería nacional y la consulta a la comunidad deberían definir los criterios que deben regir la definición, localización, diseño y operación de estas estructuras constituyentes de las líneas vitales, las cuales deben mantenerse operables en una catástrofe o al menos considerar proyectos que permitan la pronta recuperación de la instalación u obra después de ocurrida una catástrofe.

5. Daños en Presas y Depósitos de Relaves Mineros

Como consecuencia del sismo de febrero ocurrió la falla de 3 presas de relaves: Las Palmas en la VII Región, Veta del Agua en la V Región y La Florida en la VI Región. La primera se trata de un depósito relativamente menor que no estaba en operación y que se encontraba abandonado desde algunos años, pero su falla ocasionó la muerte de 4 personas que vivían aguas abajo cerca de la presa. La segunda se trata de un conocido depósito menor de relaves que ya había fallado en sismos anteriores y cuya operación ya ha merecido varios reparos en el pasado. En ambos casos se trata de estructuras sub estándar cuyo diseño y operación no corresponde a la actual práctica responsable del diseño y operación de presas de relave.

El caso del depósito de La Florida corresponde a una operación minera de tamaño medio (mediana minería) por parte de una empresa internacional. La presa que presentó fallas corresponde a un diseño no ortodoxo, en que la nueva presa se apoyó en una presa existente, separada de esta mediante sistema de membrana y filtros. Aparentemente habría fallado un dren que estaría subdimensionado (J. Troncoso, 2010).

En la zona entre el epicentro y el depósito de Veta del Agua en la V Región existen numerosas presas y depósitos de relaves, inclusive de grandes dimensiones, que no sufrieron daños en absoluto o sufrieron daños de poca significación y que no comprometen de modo alguno su seguridad. Estas presas en general tienen alturas de entre 60 a 180 m de altura y han sido diseñadas en los últimos 30 años utilizando modernos métodos de análisis (Los Leones, Tórtolas, Carén, Ovejería, El Torito). Otras más antiguas están sometidas a periódicas revisiones y mantenimiento (Piuquenes y Barahona).

El comportamiento general de estas obras durante el fuerte sismo de febrero 2010 se considera muy satisfactorio, pero evidentemente existe un problema serio relacionado con depósitos de relaves de operaciones mineras menores, algunas no operando en la actualidad, a las cuales se les ha autorizado diseños y operación que se pueden considerar sub estándar.

Hay varios casos de presas de tierra asociadas a embalses de agua en el área impactada por el terremoto, sin que se haya registrado ningún colapso mayor. Fueron registrados daños de importancia como grietas y deformaciones importantes en los taludes de algunas presas de tierra de dimensiones menores (altura menor a 30 m), asociadas a embalses de riego, obras que en muchos casos tienen escasas actividades de mantenimiento y control.

De un total de 25 presas de riego de alturas entre 4 a 40 m, inspeccionadas por la DGA después del terremoto en la zona afectada por el sismo, 2 presentaron colapso parcial (altura de 7 y 15 m); 5 presentaron agrietamiento significativo y deformación de los taludes (altura de 4 a 30m); 5 presentaron grietas importantes pero sin grandes deformaciones de los taludes y 13 (altura de 4 a 40 m) presentaron sólo grietas menores o ninguna.

No hubo daños de significación en ninguna presa importante en la zona cercana al sismo. Especial mención cabe hacer de los casos de las importantes presas de tierra y de hormigón rodillado de Convento Viejo, así como de la presa de hormigón en arco de Rapel, que a pesar de estar muy cercanas a la zona epicentral no registraron daños.

6. Daños en Edificios

A pesar del espectacular colapso de algunos pocos edificios en Concepción y de los serios daños ocurridos a también unos pocos edificios relativamente nuevos en la Región Metropolitana, en general el desempeño de la gran mayoría de las edificaciones, incluyendo las de gran altura, fue muy satisfactorio. Se ha mencionado que los daños más serios no afectaron a más del 2% de las edificaciones modernas o de las últimas 3 a 4 décadas, existentes en la zona de impacto del sismo de febrero.

Muchos de los daños observados en edificios son de elementos no estructurales, tales como paneles divisorios, cielos falsos, equipos de aire acondicionado, entre otros. Este tipo de fallas, si bien en general no amenazan la integridad de las personas, constituyen costos considerables tanto en reparaciones como en la detención del uso de los recintos e instalaciones. Un ejemplo de lo anterior lo constituye el terminal aéreo de Santiago que, siendo una instalación crítica, especialmente en caso de catástrofe, quedó inhabilitado por varios días. Esta es una materia de especial preocupación en la elaboración de las nuevas normas que se encuentran en desarrollo.

7. Comportamiento de Edificios y Puentes con Sistemas de Aislamiento Sísmico de Base

En la zona afectada por el sismo se encontraron algunos edificios con sistemas de protección sísmica consistente en aisladores elastoméricos colocados entre la estructura y la fundación. Además del edificio de la Comunidad Andalucía en Santiago Sur, también

tuvieron buen comportamiento otros edificios con sistemas de aislación, como la Clínica y el Edificio de Ingeniería Civil de la Universidad Católica y el Hospital Militar, pero desgraciadamente no hay registros del movimiento en esos edificios.

Es necesario mencionar, también, los puentes con sistemas de aislamiento, todos los cuales tuvieron un excelente comportamiento. Entre ellos se encuentran dos puentes con redes de acelerómetros, que captaron buenos registros: el puente Marga-Marga de Viña del Mar y un tramo de la Línea 5 del Metro de Santiago, ubicado a un lado de la estación Mirador.

ANEXO G

ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA Y LA GESTIÓN DE PROYECTOS

1. Formación en Ingeniería Civil en las Universidades Chilenas

La ingeniería civil es la rama de la ingeniería que aplica los conocimientos de las ciencias básicas (física, matemática, química y biología) y de la geología, al diseño, construcción, mantención, gestión y operación de obras de infraestructura, hidráulicas, energía, industriales, mineras y otras.

El campo de actuación de la ingeniería civil incluye una importante componente de organización y gestión en lo que a ejecución de proyectos de inversión se refiere y no sólo en aquellos relativos a la construcción de obras sino también en aquellos relacionados con la planificación de ecosistemas, incorporando la vida humana y otros similares. En consecuencia, su accionar puede comprender planes de organización y gestión territorial, relacionados con manejo de todas aquellas actividades que propenden al bienestar de la sociedad, como son el manejo de recursos hídricos y tratamiento de basuras, la prevención de desastres y el control de tráfico y transporte, tanto de personas como de carga.

En la práctica, el ingeniero civil frecuentemente debe asumir tareas de dirección y gestión de proyectos de inversión, en general complejos y multidisciplinarios. Su accionar tendrá un gran impacto en la ejecución y resultado de ese proyecto. De este hecho se desprende la importancia de que se analicen las herramientas y conocimientos que respecto de la gestión de proyectos reciben los estudiantes durante su formación profesional en la Universidad.

Del análisis hecho de los planes de estudio de seis universidades chilenas que imparten la carrera de ingeniería civil, se desprende que son escasos los cursos formales respecto de gestión de proyectos. En general, en los cursos de la carrera de ingeniería civil se incluyen unidades dedicadas a ese tema, pero en la mayor parte de los casos esos cursos son electivos. Existen algunos cursos de diplomado y de maestrías en el tema de gestión de proyectos (por lo menos en una universidad), pero esos cursos son seguidos especialmente por profesionales que se especializan en la programación y control de proyectos, los que no coinciden necesariamente con aquellos profesionales responsables por decidir y dirigir los proyectos de inversión.

En la **Tabla G-1** se indican los cursos relacionados con la dirección de proyectos que se imparten en seis importantes facultades de ingeniería del país, mencionando al mismo tiempo el número de unidades docentes o créditos de cada uno.

En la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (UCH), se aprecia que, de los cursos obligatorios de la carrera, sólo uno (Programación y Control de Proyectos) con un total de 10 horas académicas semanales está enfocado al área de gestión. De los cursos electivos, se detectan 5 cursos del área civil que dicen relación con administración o gestión de proyectos de construcción o inmobiliarios y un similar número de cursos del área industrial, que se refieren a la gestión y administración en general, con aproximadamente 8 horas académicas semanales cada uno.

Los ingenieros civiles del área de construcción que egresan de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) se denominan ingenieros civiles con Diploma Académico en Ingeniería y Gestión de la Construcción o en Ingeniería de Diseño y Construcción de Obras.

TABLA G-1.
CURSOS
RELACIONADOS
CON DIRECCIÓN
DE PROYECTOS

Curso	UCH		PUC		USACH		AUS		UTFSM		UDEC	
	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U
Economía o Introducción a la Economía	O	10	O	10	O	-	O	4	O	-		
Evaluación de Proyectos	O	10			O	-						
Programación/Planificación y Control de Proyectos	O	10	O	10							O	-
Legislación y Contratos	E	10										
Contabilidad y Control de Gestión	E	10										
Gestión de Operaciones	E	10										
Comportamiento Organizacional y Gestión de Recursos Humanos	E	10										
Ingeniería Económica y Gestión Financiera	E	10										
Administración de Empresas Constructoras	E	8										
Gestión en la Construcción	E	8										
Gestión de Empresas Constructoras e Inmobiliarias	E	8										
Gestión Financiera	E	10										
Administración de Proyectos de Construcción	E	4										
Administración de Proyectos			O	10								
Gestión de Operaciones de Construcción			O	10								
Ingeniería de Costos			O	10								
Dirección y Gestión de Empresas					O	-						
Administración					O	-						
Planificación de Proyectos					O	-						
Administración de Empresas							O	4				
Preparación y Evaluación de Proyectos							O	4				
Economía II									O	-		
Administración General									O	-		
Planeamiento									O	-		
Gestión de Empresas											O	-
Formulación y Evaluación de Proyectos											O	-
Total de Créditos o Unidades Docentes de la Carrera		595		550		S/I		318		S/I		S/I

NOTA: T = Tipo de curso (O: Obligatorio, E: Electivo). / U = Unidades docentes o créditos que en algunos casos representan las horas semanales de dedicación. / S/I = Sin Información.
Para la Universidades USACH, UTFSM y UDEC se establece una duración de los estudios de 12 semestres o seis años.
Fuente: Elaboración propia de la Comisión IICH.

Los cursos propios de la especialidad cubren actualmente una alta gama de materias relativas a la administración de proyectos de construcción y gestión de operaciones de construcción, enfocados principalmente a preparar profesionales que se encarguen de administrar el proceso de construcción, que es una parte importante de un proyecto de inversión, pero no todo. De los cursos optativos destacaban en planes de estudio pasados, entre otros, aquellos de Administración de Empresas Constructoras, Administración de Riesgos y Gestión de la Seguridad en la Construcción, Gestión de Concesiones de Obras Públicas, Gestión Inmobiliaria, Gestión de Infraestructura; sin embargo, el plan de estudios vigente, iniciado en el año 2009, no incluye estas materias en los cursos optativos para dichos profesionales.

La Universidad de Santiago de Chile (USACH) define el perfil de sus titulados de ingeniería Civil como un profesional con una visión amplia y una capacidad perceptiva que le permite identificar, plantear y resolver correctamente los problemas relacionados con las Obras Civiles. Además, se enfatiza que este profesional es capaz de aplicar los conocimientos de las ciencias económicas, de administración y gestión, las ciencias humanas, los procesos y métodos de administración y gestión, obtenidos por el estudio y la experiencia, en forma creativa y metódica, para actuar eficientemente en la gestación, evaluación, gestión, planificación, y administración de proyectos y empresas relacionadas con su profesión. Sin embargo el número de cursos o de talleres relacionados con la gestión de proyectos es reducido.

Formar un profesional destinado a la generación, diseño, evaluación y administración de proyectos de obras civiles, en especial de edificaciones, urbanizaciones y obras de infraestructura, es el objetivo planteado por la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Austral de Chile (AUS). Sin embargo, prácticamente no existen cursos formales sobre gestión de proyectos de inversión y como en otras universidades los cursos relacionados con administración de proyectos se refieren más bien a los aspectos de programación, costos y control de la construcción de obras civiles.

La Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM) define a sus titulados de ingeniería Civil como el profesional que aborda el estudio, la planificación, el proyecto, la construcción, la operación y la mantención de las obras de infraestructura.

El análisis de los cursos impartidos muestra que sólo 3 de estos están relacionados con la gestión y administración en general.

El perfil del ingeniero civil de la Universidad de Concepción (UDEC) se define como un profesional que posee un conjunto armónico de conocimientos de Ciencias Básicas y de Ciencias de Ingeniería que lo capacita para desarrollar soluciones de infraestructura técnicamente factibles, económicamente sustentables, social y ambientalmente compatibles. Este profesional estaría capacitado para analizar, planificar, diseñar, construir y gestionar obras de infraestructura, con una visión lo suficientemente flexible como para adaptarse a las exigencias tecnológicas cambiantes a lo largo del tiempo.

Los cursos de Planificación y Control de Proyectos, Formulación y Evaluación de Proyectos y Gestión de Empresas son cursos del área de Economía obligatorios para todos los alumnos de la carrera de ingeniería civil de esta universidad.

2. Conclusiones

Como resultado de lo expuesto se puede concluir que, en general, las universidades privilegian los aspectos técnicos de diseño y construcción de obras en la formación de los ingenieros civiles.

En general, se aprecian debilidades en lo que se refiere tanto a Planificación de Proyectos y Gestión de Contratos como también en el Manejo de los Aspectos Sociales y Ambientales y en la Gestión de Riesgos pues, de existir cursos que abordan estos temas, estos cursos son sólo de carácter electivo.

A la vista del gran número de proyectos de inversión que han fracasado - en el sentido que no se han cumplido las expectativas que se definieron al iniciarlos - principalmente debido a problemas o errores de gestión y considerando el importante rol que en general cumplen los ingenieros civiles en los proyectos de inversión se concluye en la conveniencia y necesidad de incorporar en la formación del ingeniero civil el conocimiento de la gestión de proyectos en su sentido más amplio, incluyendo tanto los aspectos técnicos (programación, costo y control) como otros aspectos igualmente importantes como las dimensiones ambientales, legales, sociales y otras.

Se propone como metodología, la formación basada en el análisis de proyectos reales en sus distintas etapas de desarrollo, para lo cual se puede utilizar la metodología que tanto éxito ha tenido el Análisis de Casos en cursos internacionales de Maestría en Administración de Negocios. En la preparación, presentación y discusión de los casos a analizar, deberían colaborar en forma importante con los académicos, los profesionales que han participado en los proyectos en análisis. Los estudiantes deberían al cabo de cada taller o sesión de análisis de un caso particular de proyecto de inversión escribir un informe o texto con sus propias conclusiones sobre el caso analizado. Es importante que se destaquen en dicho informe las lecciones aprendidas. La dedicación semanal a este tipo de taller debería ser de 5 horas incluyendo tanto las sesiones presenciales como el trabajo personal del estudiante.

Otra posibilidad adicional de reforzar la preparación de los alumnos de ingeniería en temas de gestión de proyectos, es la utilización de prácticas de vacaciones, definiendo que estas prácticas puedan realizarse en un mismo proyecto, permitiendo así que el alumno pueda seguirlo en diferentes fases de desarrollo. El informe de la última práctica de vacaciones debería contener un análisis no sólo de la última fase, sino que también de aquello que podría haber sido realizado de mejor forma en las fases anteriores.

No obstante lo anterior, y teniendo en cuenta que las carreras de ingeniería civil privilegian la formación de sus egresados en los aspectos técnicos de diseño y construcción de obras, se recomienda que las universidades formulen diplomados y maestrías en el tema de gestión de proyectos, en los que también participen como profesores profesionales con amplia experiencia en el tema.

ANEXO H

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Informes Comisiones de Estudio

- Educación, ciencia y tecnología. Diez Propuestas para la competitividad de Chile. (Año 1996)
- Principios ordenadores para modernizar la gestión del Estado. (Año 2000)
- Distintas visiones sobre tecnologías de información e internet en Chile. (Año 2001)
- Perspectivas y desafíos de la ingeniería chilena. (Año 2001)
- Educación en ingeniería. Una visión integradora de las perspectivas profesional y académica. (Año 2002)
- Regulación de mercados. Tópicos seleccionados en regulación. (Año 2003)
- Estudio sobre la inserción laboral de los ingenieros civiles en Chile. (Año 2005)
- Desafíos de la minería en Chile. Realidades y mitos. (Año 2005)
- El sistema de salud en Chile. Análisis, 10 propuestas de cambios. (Año 2005)
- Ética y Educación en Ingeniería. (Año 2005)
- El sector educacional básico y medio en Chile. Evolución y proposiciones de gestión para su mejoramiento. (Año 2006)
- Una minería sustentable. Fortalezas y desafíos. (Año 2007)
- La crisis energética y el mercado eléctrico. Aspectos claves y recomendaciones. (Año 2008)
- Innovación. Pilar estratégico para el desarrollo económico. Propuestas y acciones para Chile. (Año 2009)
- Aspectos clave para un desarrollo ambientalmente sustentable en Chile. (Año 2009)
- Temas Prioritarios para una Política Nacional de Recursos Hídricos. (Año 2011)
- La Globalización de los Servicios de Ingeniería Originados en Chile. (Año 2011)
- Hacia una Gestión Integrada de Recursos Hídricos: Una Propuesta. (Año 2012)

Libros

- Nuevos paradigmas a comienzos del tercer milenio, 453 pág. (Año 2004)
- Chile supera la encrucijada: Retos y decisiones, 381 pág. (Año 2005)
- Los Recursos Hídricos. El rol de los embalses para su regulación y mejor aprovechamiento (Año 2010)

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.
SNC LAVALIN CHILE S.A.
SOCIEDAD GNL MEJILLONES S.A.
SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A.
EMPRESAS DE INGENIERÍA COLABORADORAS
GEOSONDA LTDA.
IEC INGENIERÍA S.A.
JRI INGENIERÍA S.A.
SYNEX INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
ZAÑARTU INGENIEROS CONSULTORES 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