

2018

# PRINCIPALES CAUSAS DE INTERFERENCIAS EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA

MONTECINOS HENRÍQUEZ, ADOLFO

---

<http://hdl.handle.net/11673/43500>

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES**  
**VALPARAÍSO – CHILE**



**“PRINCIPALES CAUSAS DE INTERFERENCIAS EN EL  
DESARROLLO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA  
HOSPITALARIA”**

Memoria de titulación presentada por:  
**ADOLFO MONTECINOS HENRÍQUEZ**

Como requisito para optar al título de:  
**CONSTRUCTOR CIVIL**

Profesor Guía:  
**SERGIO CARMONA MALATESTA**

NOVIEMBRE – 2018

A mis padres por su incondicional  
apoyo en mi formación profesional.

## RESUMEN

En Chile, se está desarrollando una mejora del Sistema de Salud Pública a través de un intenso programa de construcción, habilitación, reposición y remodelación de la infraestructura hospitalaria, perteneciente al denominado “Plan Nacional de Inversiones Públicas” iniciado en 2014. A enero del 2018 ya se han entregado 22 hospitales, 22 están en construcción, mientras que 13 están en proceso de licitación y otros 18 en etapa de estudio y diseño.

Una problemática frecuente que se ha observado durante la construcción de la mayoría de este tipo de proyectos, dice relación con las múltiples interferencias que modifican las condiciones informadas por el mandante durante el proceso de licitación, dando origen a modificaciones de contrato y de obras. Estos eventos provocan aumentos de costos directos de construcción y mayores gastos generales, debido a mayores plazos, los que no siempre son reconocidos por el mandante, originando controversias contractuales.

Frente a esta situación, el objetivo de la presente memoria es elaborar una matriz de impacto, que permita categorizar y priorizar cada interferencia identificada según su impacto en los costos y plazos. Junto a esto, se analiza cuantitativamente las desviaciones de costos debido a una serie de interferencias en un proyecto en ejecución, mediante el método de Valor Ganado, obteniendo diagnósticos y pronósticos del desempeño de costos y cronograma.

Los resultados obtenidos sostienen que las interferencias identificadas son de total responsabilidad del mandante, sea por errores de diseño y/o administrativos. El principal factor causal de interferencias corresponde a que se licita, adjudica e inician las obras de un proyecto no definitivo. El impacto en los costos y plazos de ejecución hasta concluir un proyecto hospitalario es significativo, pudiendo hasta duplicar el presupuesto inicial. A modo de solventar estas situaciones, se sugiere licitar un proyecto definitivo, mejorar cláusulas de contrato sobre distribución de riesgos, implementar tecnología BIM y crear un panel técnico por cada proyecto hospitalario.

## **ABSTRACT**

In Chile, the public health system has risen. The construction and replacement within the remodeling developing programs planned in the "National Plan of Public Investments" started in 2014 with the President Michelle Bachelet's public health economic folder. At January 2018, there is 22 finished Hospitals, another 22 under construction while other 13 are in biddings schedule and 18 more in the study stages and design development process.

Main frequently problem has been seen during the construction of the most of the projects and there is various interference problems related with the bidding contract modifications from the hand of the client. Those events cause direct cost and general expenses increases due to changing deadlines with the client disagreement generating an obviously vicious contractual disputes.

Facing this issue, the main objective of this investigation is to elaborate a impact matrix that allows categorization and prioritization processes to identify according to each of the various interferences in cost and deadlines. Additionally it is to analyze quantitatively every cost defiance made by projects executing interferences with the Earned Value Method, getting diagnoses and performance forecast of cost and schedule.

Outcomes sustains that the identified interferences are under completely responsibility of the client, either by design or management mistakes. Bidding, adjudication and initiation of an indefinite Project are the main problem and cause of interferences. The cost impact and executing deadlines are very significative, being able to duplicate the initial budget. A very effective way to solve this situation is to bid a definitive project, contract clauses improving on risk distribution, introduce BIM technology and develop a technician panel for every health facility project.

## **GLOSARIO**

**Contratista:** persona natural o jurídica que, en razón de haberse adjudicado la propuesta, suscribe con el Mandante el contrato de ejecución de la obra.

**Adenda:** adiciones o complementos añadidos a una obra.

**Arbitraje:** forma de resolver un litigio sin acudir a la jurisdicción ordinaria.

**NCh:** Abreviatura de Norma Chilena.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>1.1. Motivación</b> .....	10
<b>1.2. Objetivos</b> .....	11
<b>1.2.1. Objetivo General</b> .....	11
<b>1.2.2. Objetivos Específicos</b> .....	11
<b>1.3. Metodología</b> .....	12
<b>CAPÍTULO 2 – ANTECEDENTES GENERALES</b> .....	13
<b>2.1. Marco Constitucional</b> .....	13
<b>2.2. Plan Nacional de Inversiones Hospitalarias</b> .....	13
<b>2.3. Cambios Normativos</b> .....	16
<b>2.4. Estado Actual</b> .....	18
<b>2.5. Beneficios del Plan de Inversiones Hospitalarias</b> .....	21
<b>CAPÍTULO 3 – MARCO TEÓRICO</b> .....	22
<b>3.1. Interferencia</b> .....	22
<b>3.2. Proyecto de Construcción Hospitalario</b> .....	22
<b>3.3. Contrato de Construcción</b> .....	22
<b>3.4. Concepto de Riesgo en Proyectos de Construcción</b> .....	24
<b>3.5. Análisis Cualitativo de Riesgos</b> .....	25
<b>3.5.1. Evaluación de Probabilidad e Impacto de los Riesgos</b> .....	25
<b>3.5.1 Matriz de Riesgos</b> .....	26
<b>3.6. Análisis Cuantitativo de Riesgos</b> .....	26
<b>3.6.1. Gestión del Valor Ganado</b> .....	26
<b>CAPÍTULO 4 – INVESTIGACIÓN PROPUESTA</b> .....	32
<b>CAPÍTULO 5 – MARCO METODOLÓGICO</b> .....	33
<b>5.1. Fuente de Información</b> .....	33
<b>5.1.1. Informes Técnicos</b> .....	33
<b>5.1.2. Reclamo</b> .....	33
<b>5.1.3. Levantamiento de Costos</b> .....	34
<b>5.1.4. Estimación Liquidaciones</b> .....	34

<b>CAPÍTULO 6 – INTERFERENCIAS</b> .....	35
<b>6.1. Análisis Proyecto H1</b> .....	35
<b>6.2. Análisis Proyecto H2</b> .....	37
<b>6.3. Análisis Proyecto H3</b> .....	38
<b>6.4. Análisis Proyecto H4</b> .....	39
<b>CAPÍTULO 7 – ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS</b> .....	41
<b>7.1. Evaluación de Probabilidad e Impacto de los Riesgos</b> .....	41
<b>7.1.1. Probabilidad de Ocurrencia</b> .....	41
<b>7.1.2. Escala de Impacto sobre los Objetivos del Proyecto</b> .....	42
<b>7.2. Matriz de Probabilidad e Impacto</b> .....	42
<b>7.3. Interferencias identificadas</b> .....	43
<b>CAPÍTULO 8 – ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS</b> .....	47
<b>8.1. Alcance del proyecto H4</b> .....	47
<b>8.2. Entrega de Antecedentes de licitación</b> .....	47
<b>8.3. Desarrollo de la Oferta</b> .....	48
<b>8.4. Cierre y adjudicación</b> .....	49
<b>8.5. Firma de Contrato</b> .....	50
<b>8.6. Ejecución del proyecto</b> .....	50
<b>8.7. Modificaciones de Contrato</b> .....	51
<b>8.8.1 Cumplimientos de hitos y garantías</b> .....	52
<b>8.9. Análisis Situacional del Proyecto Tipo</b> .....	53
<b>8.9.1. Análisis contractual del plazo</b> .....	53
<b>8.9.2 Análisis contractual del costo</b> .....	53
<b>8.9.3. Impacto en el proyecto</b> .....	54
<b>8.10. Levantamiento de costos</b> .....	56
<b>8.11. Gestión del Valor Ganado</b> .....	59
<b>8.11.1. Análisis Valor Ganado</b> .....	60
<b>CAPÍTULO 9 – PLAN DE ACCIÓN Y RECOMENDACIONES</b> .....	63
<b>9.1. Mecanismos para la solución de conflictos contractuales</b> .....	63
<b>9.1.1. Proyecto definitivo previo a licitación</b> .....	63
<b>9.1.2. Coordinación BIM en los proyectos</b> .....	64

9.1.3. Mejoramiento de cláusula sobre aumentos y modificaciones de obra, obras extraordinarias y obras nuevas.....	64
9.1.4. Contrato de Diseño y Construcción.....	66
9.1.5 Implementación de Dispute Boards.....	66
CONCLUSIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE PROYECTOS HOSPITALARIOS.....	15
TABLA 2. SUPERFICIES Y MONTOS DE HOSPITALES TERMINADOS.....	18
TABLA 3. MONTOS FINALES POR METRO CUADRADO DE LOS HOSPITALES TERMINADOS.....	19
TABLA 4. RELACIÓN MONTO SUPERFICIE DE LOS HOSPITALES EN CONSTRUCCIÓN.....	20
TABLA 5. PROBABILIDAD DE OCURRENCIA SEGÚN FRECUENCIA RELATIVA DE LA INTERFERENCIA I.....	41
TABLA 6. ESCALA DE IMPACTO SOBRE COSTO Y PLAZO DEL PROYECTO.....	42
TABLA 7. ESCALA DE GRISES SEGÚN PRIORIZACIÓN DEL RIESGO.....	43
TABLA 8. MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO.....	43
TABLA 9. INTERFERENCIAS IDENTIFICADAS QUE IMPACTAN EL PLAZO DEL PROYECTO.....	44
TABLA 10. INTERFERENCIAS IDENTIFICADAS QUE IMPACTAN EL COSTO DEL PROYECTO.....	45
TABLA 11. VARIACIONES DE PLAZO Y COSTO DE LOS PROYECTOS EN ESTUDIO.....	46
TABLA 12. MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO PARA VARIACIONES GENERALES DE LOS PROYECTOS EN ESTUDIO.....	46
TABLA 13. HITOS DEL PROCESO LICITATORIO.....	47
TABLA 14. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE OFERTAS DE LICITACIÓN.....	48
TABLA 15. EMPRESAS CONTRATISTAS OFERENTES.....	49
TABLA 16. DESGLOSE DE COSTOS DE LA OFERTA ADJUDICADA.....	49
TABLA 17. PRINCIPALES PARTIDAS DEL PROYECTO.....	50
TABLA 18. PRINCIPALES PARTIDAS CRÍTICAS DEL PROYECTO.....	51
TABLA 19. MODIFICACIONES APROBADAS DEL PROYECTO.....	52
TABLA 20. LÍNEA DE TIEMPO DE HITOS DEL PROYECTO.....	54
TABLA 21. LEVANTAMIENTO DE COSTOS SEGÚN FACTURAS Y LIQUIDACIONES ESTIMATIVAS.....	56
TABLA 22. DETALLE DE LOS ESTADOS DE PAGO NORMALES PARA LOS MESES EN ANÁLISIS.....	57
TABLA 23. DETALLE DE LOS ESTADOS DE PAGO CORRESPONDIENTE A ADENDAS.....	57
TABLA 24. RESUMEN DE LOS ESTADOS DE PAGO EFECTUADOS AL CONTRATISTA.....	58
TABLA 25. RESUMEN DE INGRESOS Y EGRESOS DE LA EMPRESA CONTRATISTA.....	58
TABLA 26. ANÁLISIS DE VALOR GANADO.....	61

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. DISPONIBILIDAD DE CAMAS DE HOSPITAL POR CADA MIL HABITANTES, OCDE 2013... 21	21
GRÁFICO 2. DESPLAZAMIENTO DE CURVA S POR MODIFICACIONES EN EL PLAZO DE CONTRATO... 55	55
GRÁFICO 3. SITUACIÓN DIAGNÓSTICO Y PRONÓSTICO DEL PROYECTO H4 POR VALOR GANADO... 62	62

## CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

Con el fin de mejorar la infraestructura para el Sistema de Salud Nacional, el Ministerio de Salud está desarrollando un intenso programa de construcción, habilitación, reposición y remodelación de la infraestructura hospitalaria de la red asistencial nacional, a través del denominado “Plan Nacional de Inversiones Públicas” iniciado en 2014 durante el gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet. De esta forma, a enero del 2018, ya se han entregado al uso 22 hospitales y otros 22 están en construcción, mientras 13 están en proceso de licitación y 18 en etapa de estudio y diseño. A esto se suma el reciente anuncio presidencial, que ha señalado el inicio de las etapas de estudio y diseño de otros siete nuevos hospitales.

Una problemática frecuente que se ha observado durante la construcción de la mayoría de este tipo de proyectos, dice relación con las múltiples interferencias que modifican las condiciones informadas por el mandante durante el proceso de licitación, dando origen a modificaciones de obras, obras adicionales y obras extraordinarias, provocando aumentos de costos directos de construcción y mayores gastos generales, debido a mayores plazos, los que no siempre son reconocidos por el mandante, originando controversias contractuales.

Frente a esta situación, se propone identificar las principales interferencias que impactan en el desarrollo de las obras y categorizarlas cualitativa y cuantitativamente, según su grado de impacto en el plazo y el costo de construcción. Con esta información, se sugerirá un plan de acción y recomendaciones que deberían tener en consideración las empresas durante el proceso de licitación y al momento de elaborar sus ofertas.

## **1.1. Motivación**

La industria de la construcción es una de las principales actividades económicas que impulsan el desarrollo nacional y se caracterizan por tener un comportamiento productivo inestable, altamente sensible a los cambios económicos, repuntando en periodos de expansión y afectada más rápidamente en periodos de crisis o recesión, que el promedio de otros sectores productivos como la minería, agricultura, transporte, entre otros.

Las obras de construcción tienen una corta vida relativa y se realizan contra el tiempo, por lo que el control y monitoreo de cada etapa que compone el proceso y su relación con el cumplimiento de plazos y costos, depende de una correcta gestión.

La mayoría de los contratos de construcción a Suma Alzada, carecen de cláusulas claras sobre la distribución de riesgos, por lo que, generalmente el mandante carga de toda responsabilidad a la empresa contratista, provocando controversias contractuales. Actualmente el Servicio de Salud presenta un plan de mejoramiento de la infraestructura hospitalaria a nivel nacional, por lo que la presente memoria espera ser un aporte para mandantes y contratistas, demostrando el efecto que tienen las interferencias durante la ejecución de las obras y, sugiriendo acciones y recomendaciones a considerar, con tal de evitar la materialización de estos riesgos, optimizando la inversión estatal y a la vez, los balances financieros correspondientes al contratista.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

El objetivo principal de esta memoria es elaborar una matriz que permita evaluar los impactos en los plazos y costos que provocan las principales interferencias identificadas en la construcción de proyectos hospitalarios en Chile.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Identificar las interferencias que alteran la ejecución de un proyecto de construcción hospitalaria que impactan el plazo y costo del proyecto.
- Establecer la probabilidad de ocurrencia mediante frecuencia relativa para cada interferencia identificada en los proyectos en estudio.
- Elaborar una matriz de riesgos que permita priorizar las interferencias identificadas según probabilidad de ocurrencia y el nivel de impacto en plazo y costo del proyecto.
- Estimar el impacto en el costo de las interferencias en el proyecto hospitalario en ejecución a través de la gestión del valor ganado, obteniendo el desempeño del cronograma y costo, pronosticando una proyección a término del proyecto.
- Sugerir un plan de acción y recomendaciones a considerar por las empresas durante el proceso licitatorio y al momento de elaborar sus ofertas.

### **1.3. Metodología**

Se analizarán tres informes técnicos de obras hospitalarias, identificando los distintos tipos de interferencias presentes, categorizándolas según su nivel de impacto en el plazo de ejecución, como también en el costo. Junto a esto, se complementa con información de una obra hospitalaria actualmente en ejecución, con un 73% de avance físico (marzo 2018), la cual presenta nueve adendas de contrato.

A modo de representar gráficamente la situación financiera de un proyecto sometido a modificaciones de contrato, se implementa la gestión del Valor Ganado para la obra hospitalaria en ejecución, estimando el desempeño de ésta, según un levantamiento de costos y liquidaciones de un periodo de control específico, obteniendo una proyección de término de obra bajo las condiciones de eficiencia, que comparada con la proyección financiera estimada, arroja la situación actual a la que se ve sometida la empresa contratista.

Respecto a los resultados obtenidos de dichos análisis, se propondrá planes de acciones y recomendaciones que permitan evitar, transferir o mitigar las amenazas identificadas durante la ejecución de proyectos hospitalarios.

## **CAPÍTULO 2 – ANTECEDENTES GENERALES**

La mejora de la infraestructura hospitalaria nacional, se realiza dentro de un contexto político y económico, con el fin de aumentar el acceso y calidad de la salud pública a lo largo del territorio nacional. Además, junto a esta inversión se adhiere la formación de especialistas, habilitación de profesionales y funcionarios de la salud para que rindan al cien por ciento con estos nuevos establecimientos. A continuación, se presenta el contexto y situación de la construcción hospitalaria en Chile.

### **2.1. Marco Constitucional**

En la Constitución Política de Chile, artículo 19, N°9 “Asegura a todas las personas el derecho a la protección a la salud”.

- El Estado protege el libre e igualitario acceso a las acciones de promoción, protección y recuperación de la salud y rehabilitación del individuo.
- Le corresponde asimismo, la coordinación y el control de las acciones relacionadas con la salud.
- Es deber preferente del Estado garantizar la ejecución de las acciones de salud, sea que se presten a través de instituciones públicas o privadas, en la forma y condiciones que determine la ley, la que podría establecer cotizaciones obligatorias.
- Cada persona tendrá el derecho de elegir el sistema de salud al que desee acogerse, sea este estatal o privado.

### **2.2. Plan Nacional de Inversiones Hospitalarias**

Con el fin de mejorar la infraestructura para el Sistema de Salud Pública, la Subsecretaría de Redes Asistenciales del Ministerio de Salud está desarrollando un intenso programa de construcción, habilitación, reposición y remodelación de la infraestructura hospitalaria de la red asistencial nacional. Para llevar a cabo estos proyectos, existen dos alternativas de financiamiento, las cuales se describen a continuación.

#### **a) Financiamiento por Inversión Directa Estatal**

Corresponde a la ocupación de fondos sectoriales del Ministerio de Salud, normado por la Ley de Compras Públicas, Decreto Supremo N°75. Los contratos bajo este tipo de financiamiento son controlados estrictamente por la Contraloría General, tienen menor flexibilidad para el pago de cambios en el proyecto y no cuentan con ningún sistema de resolución anticipado de conflictos, resolviendo toda controversia contractual por juicio ordinario.

#### **b) Financiamiento por Asociación Público-Privado**

Corresponde a la construcción de obras públicas financiadas por los recursos propios de un ente privado, a cambio de explotar algunos servicios y recibir pagos del Estado por el uso de la infraestructura por un determinado tiempo. Es normado por la Ley de Concesiones de Obras Públicas, Decreto con Fuerza de Ley N°169. Los contratos bajo esta modalidad de financiamiento tienen mayor flexibilidad normativa para el pago de cambios en el proyecto, cuenta con un panel técnico de concesiones como sistema de resolución anticipada de conflictos y, la solución de controversias contractuales se realiza por medio de arbitraje.

Actualmente en Chile se encuentran en operación 2 hospitales concesionados, el Hospital Dra. Eloíza Díaz de La Florida y el Hospital El Carmen-Luis Valentín Ferrada de Maipú, ambos ubicados en la Región Metropolitana. De los hospitales terminados pertenecientes al Plan Nacional de Inversiones, el Hospital de Antofagasta, Hospital Félix Bulnes y el Hospital Salvador Geriátrico, son los últimos proyectos hospitalarios financiados por concesión debido a problemas de calidad de servicio operacional en las dependencias concesionadas mencionadas anteriormente, siendo un total de 5 hospitales públicos financiados por concesión.

En el año 2014 se inició un Convenio Marco, en donde el estudio y diseño de proyectos hospitalarios los aprueba el Departamento de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, quien también regula el proceso de licitación y ejecución de las obras. En cuanto al financiamiento, administración de estos recintos y la resolución de

contratos, el Ministerio de Salud, representado por el Servicio de Salud territorial correspondiente. El Sistema Nacional de Servicios de Salud está compuesto por un total de 30 Servicios de Salud territoriales que tienen responsabilidades de acción sanitaria sobre territorios geográficos definidos, pudiendo ser de alcance regional o subregional.

El “Plan Nacional de Inversiones Públicas” del gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet, realiza el proceso de mejoramiento de la infraestructura hospitalaria, con un total de 60 hospitales, a los cuales se han adherido otros proyectos hospitalarios en el camino. A enero del 2018, de un total de 57 hospitales, 22 se encuentran terminados, 22 están en etapa de construcción y 13 están en procesos de licitación, como se detalla en la Tabla 1. Además, en un reciente anuncio presidencial, se adherieron a la etapa de estudio y diseño, 7 nuevos hospitales.

**Tabla 1. Distribución regional de proyectos hospitalarios.**

Región	Hospitales			Total	Porcentaje Incidencia
	En Licitación	En Construcción	Terminado		
XV. Arica y Parinacota	0	0	0	0	0,0%
I. Tarapacá	1	0	0	1	1,8%
II. Antofagasta	0	1	1	2	3,5%
III. Atacama	2	0	1	3	5,3%
IV. Coquimbo	0	1	1	2	3,5%
V. Valparaíso	1	5	0	6	10,5%
RM. Santiago	3	3	1	7	12,3%
VI. O'Higgins	0	0	2	2	3,5%
VII. Maule	0	2	1	3	5,3%
VIII. Bío Bío	0	2	4	6	10,5%
IX. Araucanía	5	5	2	12	21,1%
XIV. Los Ríos	0	0	1	1	1,8%
X. Los Lagos	1	2	4	7	12,3%
XI. Aysén	0	1	1	2	3,5%
XII. Magallanes	0	0	3	3	5,3%
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>57</b>	<b>100%</b>
	<b>22,8%</b>	<b>38,6%</b>	<b>38,6%</b>	<b>100%</b>	

### 2.3. Cambios Normativos

Luego del terremoto de 8,8 grados Richter del 27 de febrero del 2010, debido a los severos daños estructurales, algunos hospitales quedaron totalmente inutilizables, por lo que el Ministerio de Salud decidió actualizar la norma antisísmica NCh 433 “Diseño Sísmico de Edificios” y la NCh 430 “Hormigón Armado – Requisitos de Diseño y Cálculo”, de manera que todos los recintos a construir sean capaces de resistir terremotos de hasta 9 grados Richter. Esta decisión fue adoptada por el Comité de Emergencia del Gobierno, elevando la norma sísmica de estructuras públicas de 7,5 grados a 9 grados Richter.

A abril del 2010, existían 5 proyectos hospitalarios en licitación, de los cuales al menos 2 iban a ser revisados. Los hospitales de Maipú y La Florida (ambos concesionados) no fueron afectados ya que contaban con norma antisísmica para 9 grados Richter, en cambio, el Hospital Barros Luco, congeló la licitación tanto por el cambio normativo como también, por ser financiado con recursos estatales.

El Instituto Nacional de Normalización, en conjunto con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo e Innova Corfo, desarrollaron el proyecto “Mejorando la seguridad de edificaciones y sus instalaciones: Elaboración y actualización de normas chilenas para el sector construcción, aprendizajes del 27/F”, el que se inició el segundo semestre del año 2012 y contempló la elaboración de 14 normas relacionadas a mejorar la seguridad de las edificaciones. A continuación se nombran estas 14 normas, separadas en actualizaciones y nueva normativa.

#### **Actualizaciones**

- NCh 2745 Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica.
- NCh 2840/1 Construcción- Elevadores – Procedimientos de Inspección – Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos.
- NCh 2840/2 Construcción- Elevadores – Procedimientos de Inspección – Parte 2: Ascensores y montacargas hidráulicos.

- NCh 440/1 Construcción- Elevadores – Requisitos de seguridad e instalación – Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos.
- NCh 440/2 Construcción- Elevadores – Requisitos de seguridad e instalación – Parte 2: Ascensores y montacargas hidráulicos.
- NCh 1508 Geotecnia – Estudio de mecánica de suelos.

### **Nueva Normativa**

- NCh 3344/1 Seguridad de escaleras y caminadores mecánicos – Parte 1: Construcción e instalación.
- NCh 3344/2 Norma Chilena basada en Norma Europea EN 115-2 Seguridad de escaleras y caminadores mecánicos – Parte 2: Reglas para mejorar la seguridad de escaleras y caminadores mecánicos existentes.
- NCh 3357 Estructuras: diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales.
- NCh 3362 Requisitos mínimos de diseño, instalación y operación para ascensores electromagnéticos frente a sismos.
- NCh 3363 Diseño estructural para edificaciones en zonas inundables por tsunami.
- NCh 3359 Requisitos edificaciones estratégicas y de servicio comunitario.
- NCh 3364 Ensayos en terreno – STP, Ensayo de Penetración Estándar.
- NCh 3365 Requisitos para equipos de transporte vertical: Ascensores y montacargas inclinados o funiculares.

Respecto al formato tipo de las Bases Administrativas para proyectos hospitalarios, éstas han ido presentando modificaciones con las que se busca aumentar la calidad tanto de quienes ejecutan la obra, como también el aseguramiento de la calidad material de las obras. Estos cambios son posibles respaldar al comparar las bases administrativas de obras hospitalarias como el Hospital de Corral 2009, Hospital Gustavo Fricke 2012 y Hospital de Florida 2014. Dentro de los cambios se puede reconocer el aumento de los porcentajes referidos a los montos de las boletas de

garantía, el aumento de los porcentajes de la evaluación de oferta económica y técnica, junto al mayor requerimiento de experiencia profesional, restricciones en cuanto a la cantidad de subcontratación, precio reajutable según IPC, aumento de porcentajes de montos para seguros, aumento de multas, entre otros.

#### 2.4. Estado Actual

A enero de 2018, la situación de los proyectos hospitalarios se encuentra con un 38,6% de ellos terminados, otro 38,6% en construcción y un 22,8% en etapa de licitación. La inversión sobrepasa los 5 mil millones de dólares, con una superficie construida de 677.649 m<sup>2</sup> como se detalla en la tabla 2 y 1.425.431 m<sup>2</sup> en construcción como se indica en la tabla 3, beneficiando alrededor del 58% de la población chilena.

**Tabla 2. Superficies y montos de hospitales terminados.**

	<b>TERMINADOS</b>	<b>Superficie [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Monto adjudicado UF</b>	<b>Monto Final UF</b>
1	Hospital de Antofagasta	123.000	Sin Información	6.062.782
2	Hospital de Salamanca	4.813	305.899	285.035
3	Hospital Exequiel GC	52.178	1.500.396	2.444.995
4	Hospital de Chimbarongo	5.874	331.658	35.463
5	Hospital de Florida	3.947	300.429	300.429
6	Hospital de Penco Lirquén	23.567	1.159.109	1.416.287
7	Hospital de Pitrufquén	14.831	811.954	884.156
8	Hospital de Lanco	6.596	393.046	417.452
9	Hospital de Quilacahuín	3.914	Sin Información	289.089
10	Hospital de Futaleufú	4.523	Sin Información	465.707
11	Hospital de Puerto Aysén	14.458	1.239.621	1.593.336
12	Hospital de Porvenir	5.700	387.223	429.010
13	Hospital de Puerto Natales	16.142	1.449.631	1.474.872
14	Hospital de Puerto Williams	1.662	Sin Información	234.437
15	Hospital de San Juan De la Costa	4.215	Sin Información	338.832
16	Hospital de Copiapó	39.300	1.693.011	1.901.899
17	Hospital de Puerto Montt	108.103	3.297.867	4.509.562
18	Hospital de Rancagua	89.000	Sin Información	3.587.749
19	Hospital de Talca	85.870	3.316.226	3.698.091
20	Hospital de Los Ángeles	50.455	2.028.909	2.094.843
21	Hospital de Laja	6.728	390.115	411.997
22	Hospital de Lautaro	12.773	639.865	660.085
		<b>677.649</b>	<b>19.244.960</b>	<b>33.536.109</b>

**Tabla 3. Montos finales por metro cuadrado de los hospitales terminados.**

	<b>TERMINADOS</b>	<b>Superficie [m2]</b>	<b>UF/m2 adjudicado</b>	<b>UF/m2 Final</b>	<b>Variación</b>
1	Hospital de Antofagasta	123.000	Sin Información	49,29	-
2	Hospital de Salamanca	4.813	63,56	59,22	-0,07
3	Hospital Exequiel GC	52.178	28,76	46,86	0,63
4	Hospital de Chimbarongo	5.874	56,46	60,33	0,07
5	Hospital de Florida	3.947	76,12	76,12	0,00
6	Hospital de Penco Lirquén	23.567	49,18	60,10	0,22
7	Hospital de Pitruquén	14.831	54,75	59,62	0,09
8	Hospital de Lanco	6.596	59,59	63,29	0,06
9	Hospital de Quilacahuín	3.914	Sin Información	73,86	-
10	Hospital de Futaleufú	4.523	Sin Información	102,96	-
11	Hospital de Puerto Aysén	14.458	85,74	110,20	0,29
12	Hospital de Porvenir	5.700	67,93	75,26	0,11
13	Hospital de Puerto Natales	16.142	89,80	91,37	0,02
14	Hospital de Puerto Williams	1.662	Sin Información	141,06	-
15	Hospital de San Juan De la Costa	4.215	Sin Información	80,39	-
16	Hospital de Copiapó	39.300	43,08	48,39	0,12
17	Hospital de Puerto Montt	108.103	30,51	41,72	0,37
18	Hospital de Rancagua	89.000	Sin Información	40,31	-
19	Hospital de Talca	85.870	38,62	43,07	0,12
20	Hospital de Los Ángeles	50.455	40,21	41,52	0,03
21	Hospital de Laja	6.728	57,98	61,24	0,06
22	Hospital de Lautaro	12.773	50,10	51,68	0,03

Independientemente de los metros cuadrados de los hospitales, todos deben cumplir con las mismas exigencias de materialidad y calidad de obras, por lo que el promedio del costo por metros cuadrados podría considerarse como indicador representativo del valor asociado a este tipo de infraestructuras. De los hospitales terminados, el costo promedio de construcción fue de 67,17 UF/m<sup>2</sup>, los que corresponden a \$1.832.906/m<sup>2</sup> actuales.

**Tabla 4. Relación monto superficie de los hospitales en construcción.**

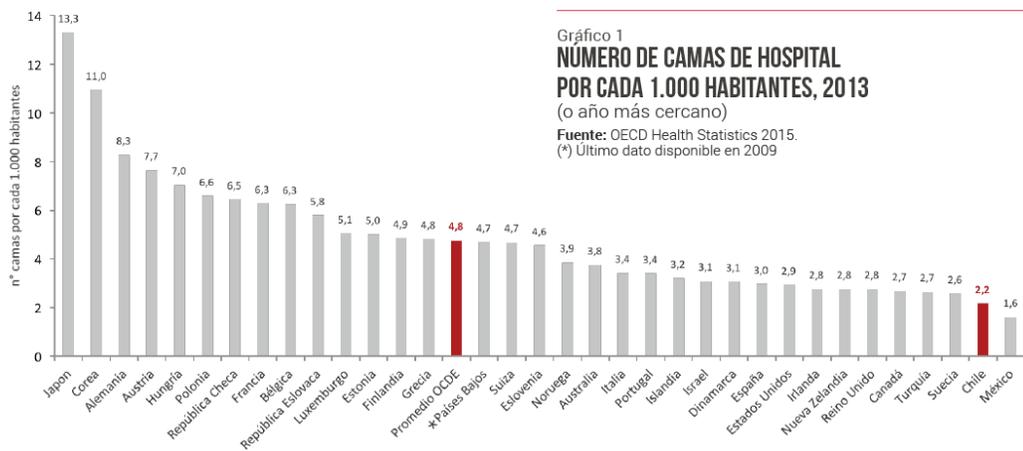
	<b>EN CONSTRUCCIÓN</b>	<b>Superficie [m2]</b>	<b>Monto de Inversión</b>	<b>Monto Inversión UF</b>	<b>UF/m2</b>
1	Hospital Carlos Cisterna de Calama	34.462	\$65.071.288.588	2.548.779	73,96
2	Hospital de Cunco	7.565	\$15.111.352.142	589.617	77,94
3	Hospital de Carahue	7.582	\$13.609.919.072	533.759	70,40
4	Hospital Gustavo Fricke 1ra Etapa	92.247	\$ 98.738.075.338	4.320.266	46,83
5	Hospital Félix Bulnes (Concesión)	125.000	\$138.550.745.000	5.801.727	46,41
6	Hospital de Ovalle	41.296	\$69.042.724.274	2.737.247	66,28
7	Hospital Philippe Pinel	17.120	\$21.121.136.779	805.403	47,04
8	Hospital de Cochrane	5.072	\$16.499.799.469	639.290	126,04
9	Hospital de Angol	43.000	\$81.560.299.933	3.109.302	72,31
10	Hospital de Padre Las Casas	30.151	\$57.473.976.771	2.187.397	72,55
11	Hospital de Curicó	101.073	\$204.747.327.112	7.807.542	77,25
12	Hospital de Salvador Geriátrico	169.000	\$175.515.038.000	7.358.100	43,54
13	Hospital Quillota-Petorca	71.812	\$114.341.762.999	4.576.790	63,73
14	Hospital de Curacautín	8.871	\$17.739.699.121	665.817	75,06
15	Hospital de Ñuble	128.000	\$154.594.932.148	5.812.423	45,41
16	Hospital Claudio Vicuña	57.497	\$82.716.554.835	3.104.899	54,00
17	Hospital de Barros Luco	183.203	\$239.014.552.778	8.964.641	48,93
18	Hospital de Marga-Marga	57.497	\$102.669.092.013	4.607.454	80,13
19	Hospital de Quellón	16.906	\$42.535.296.286	1.607.221	95,07
20	Hospital Las Higueras Talcahuano	100.704	\$112.251.411.700	4.219.328	41,90
21	Hospital de Linares	93.937	\$123.666.623.174	4.629.084	49,28
22	Hospital de Ancud	33.436	\$77.717.882.532	2.900.963	86,76
		<b>1.425.431</b>	<b>\$2.024.289.490.064</b>	<b>79.527.049</b>	

Para los hospitales en construcción, según indica la tabla 4, el costo promedio de construcción es de 66,4 UF/m<sup>2</sup>, correspondiente a \$1.811.895/m<sup>2</sup> actuales, con una variación de 1,15% menor al costo promedio de los hospitales terminados. Dada la situación, es válido estimar con estos indicadores los costos de construcción de los proyectos que se adhieran al plan de inversiones hospitalarias, según la superficie total a construir.

## 2.5. Beneficios del Plan de Inversiones Hospitalarias

Con el mejoramiento de la infraestructura de salud pública el Ministerio de Salud busca fortalecer y mejorar el nivel de salud de la población, disminuir las inequidades en el acceso a estas, considerando que el 70% de la población en Chile se atiende en Salud Pública. Las construcciones cumplen con las normas vigentes de la construcción, además de un sistema antisísmico.

Según datos estadísticos 2013 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la cual agrupa a 35 países miembros, Chile se encuentra penúltimo dada su capacidad de 2,2 camas cada mil habitantes, y bajo el promedio OCDE correspondiente a 4,8 camas cada mil habitantes, como se detalla en el Gráfico 1. Esta cuantía sirve como medida general de la disponibilidad del servicio para pacientes internados, Japón lidera con capacidad de 13,3 camas cada mil habitantes, mientras que en última posición se encuentra México con 1,6 camas cada mil habitantes.



**Gráfico 1. Disponibilidad de camas de hospital por cada mil habitantes, OCDE 2013.**

Con la mejora de la infraestructura hospitalaria nacional, se busca aumentar la disponibilidad de camas por cada mil habitantes, acercándose al promedio OCDE.

## **CAPÍTULO 3 – MARCO TEÓRICO**

### **3.1. Interferencia**

La interferencia es una alteración o perturbación del desarrollo normal de una cosa mediante la interposición de otra que puede llegar a resultar un obstáculo. Para efectos de la presente memoria, la interferencia concierne a acontecimientos, tanto de orden administrativo como técnico, que han impactado en el desarrollo normal del contrato y de las obras, y por ende, en los plazos y costos de construcción, que no fueron correcta, clara y oportunamente informadas a las empresas licitantes en el proceso de licitación, y por lo tanto, no pudieron ser evaluados ni técnica ni económicamente al momento de ofertar.

### **3.2. Proyecto de Construcción Hospitalario**

Según la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyecto – PMBOK, un proyecto es un esfuerzo que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, y tiene la característica de ser naturalmente temporal, es decir, que tiene un inicio y un final establecidos, y que el final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Si como resultado al esfuerzo temporal se obtiene un producto, servicio o resultado único vinculado con la construcción hospitalaria, surge el concepto de “proyecto de construcción hospitalario”.

### **3.3. Contrato de Construcción**

Un contrato es un convenio entre dos partes para realizar o dejar de hacer ciertas cosas, en él se definen derechos, responsabilidades y obligaciones de todas las partes involucradas. Los contratos de construcción involucran generalmente a un mandante y un contratista. El mandante es para quien se ejecuta la obra y el contratista el que lleva a cabo la ejecución física.

En el sector de la construcción los contratos se pueden categorizar en función de dos criterios: (1) manejo de costos y riesgos y (2) alcance.

## 1) Contratos según manejo de costos y riesgos

A continuación se presentan tres tipos de contrato, los cuales presentan diferentes ventajas y riesgos de acuerdo a qué tan definido están los proyectos.

- Suma Alzada: contrato en que se acuerda que el contratista hará la totalidad de un proyecto por una suma fija de dinero. Por tanto, el máximo riesgo recae sobre el contratista. Su ventaja es que el mandante conoce desde el inicio el costo total de la obra.
- Precios Unitarios: se establece que el pago por el trabajo es el monto que resulta al sumar las cantidades de trabajo efectivamente realizadas multiplicadas por sus precios unitarios. En este tipo de contratos el riesgo es compartido entre el mandante y el contratista.
- Administración delegada: el mandante delega la administración de la obra al contratista, pagándole la totalidad de los gastos de construcción de la obra. Por sus servicios el contratista recibe un honorario fijo o variable. El riesgo tomado por el contratista es mínimo.

## 2) Contratos según alcance

- Sólo Construcción: el contratista sólo tiene la responsabilidad de construir la obra. Es decir, el diseño, mantenimiento y operación del proyecto incumben exclusivamente al mandante. El contratista recibe del mandante toda la información necesaria para llevar a cabo el proyecto.
- Llave en mano o EPC (Engineering, Procurement and Construction): contempla el servicio del diseño, suministro de los equipos, construcción y montaje. Normalmente el diseño se basa en un anteproyecto otorgado por el mandante al contratista.
- Concesiones o BOAT (Build, Operate and Transfer): el mandante contrata a una concesionaria para que esta financie y brinde el servicio de diseño, construcción, mantenimiento y operación de una obra. El beneficio para la concesionaria proviene de los pagos que efectúan los usuarios o el Estado por el uso o disponibilidad de la infraestructura.

### **3.4. Concepto de Riesgo en Proyectos de Construcción**

Según la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyecto – PMBOK, el riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta que, de materializarse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad. Las condiciones de riesgo pueden incluir aspectos del entorno del proyecto o de la organización que contribuyan a poner en riesgo el proyecto, tales como las prácticas deficientes de dirección de proyectos, la falta de sistemas de gestión integrados, la concurrencia de varios proyectos o la dependencia de participantes externos fuera del ámbito de control directo del proyecto.

Los riesgos positivos y negativos se conocen normalmente como oportunidades y amenazas. El proyecto puede aceptarse si los riesgos se encuentran dentro de las tolerancias y están en equilibrio con el beneficio que puede obtenerse al asumirlos.

Para tener éxito, una organización debe comprometerse a abordar la gestión de riesgos de manera proactiva y consistente a lo largo del proyecto. Se debería realizar una elección consciente a todos los niveles de la organización para identificar activamente y procurar una gestión de riesgos eficaz durante la vida del proyecto. El riesgo del proyecto puede existir desde el mismo momento en que se inicia el proyecto. El avanzar en un proyecto sin un enfoque proactivo de la gestión de riesgos es probable que dé lugar a un mayor número de problemas, como consecuencia de las amenazas no gestionadas.

### **3.5. Análisis Cualitativo de Riesgos**

Según la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyecto - PMBOK, el análisis cualitativo de riesgos evalúa la prioridad de los riesgos identificados a través de la probabilidad relativa de ocurrencia, del impacto correspondiente sobre los objetivos del proyecto si los riesgos llegaran a presentarse, así como de otros factores, tales como el plazo de respuesta y la tolerancia al riesgo por parte de la organización, asociados con las restricciones del proyecto en términos de costo, cronograma, alcance y calidad. Dichas evaluaciones reflejan la actitud frente a los riesgos, tanto del equipo del proyecto como de otros interesados. Por lo tanto, una evaluación eficaz requiere la identificación explícita y la gestión de los enfoques frente al riesgo por parte de los participantes clave en el marco del proceso de Análisis Cualitativo de Riesgos.

#### **3.5.1. Evaluación de Probabilidad e Impacto de los Riesgos**

La evaluación de la probabilidad de los riesgos estudia la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo específico. La evaluación del impacto de los riesgos estudia el efecto potencial de los mismos sobre un objetivo del proyecto, tal como el cronograma, el costo, la calidad o el desempeño, incluidos tanto los efectos negativos en el caso de las amenazas, como los positivos, en el caso de las oportunidades.

Para cada uno de los riesgos identificados, se evalúa la probabilidad y el impacto. Los riesgos se pueden evaluar a través de entrevistas o reuniones con participantes seleccionados por estar familiarizados con las categorías de riesgo incluidas en la agenda.

Las probabilidades e impactos de los riesgos se califican de acuerdo con las definiciones proporcionadas en el plan de gestión de los riesgos. Los riesgos con una baja calificación en cuanto a probabilidad e impacto se incluirán en el registro de riesgos como parte de una lista de observación para su futuro monitoreo.

### **3.5.1 Matriz de Riesgos**

La Matriz de Riesgos corresponde a una tabla de doble entrada que combina la probabilidad de que ocurra un evento, con el impacto que éste puede causar en el proyecto. De esta manera, conseguimos establecer una priorización de los riesgos.

La escala para categorizar y priorizar los riesgos será fijada en el desarrollo del análisis cualitativo de riesgo y es subjetiva, es decir, establecida por el responsable del estudio.

### **3.6. Análisis Cuantitativo de Riesgos**

El análisis cuantitativo de riesgos se enfoca en los efectos de esos riesgos, y les asigna una cuantificación numérica. Lo que permite tomar decisiones en caso de incertidumbre.

#### **3.6.1. Gestión del Valor Ganado**

Según el Project Management Institute – PMI, la gestión del valor ganado (EVM) proporciona un enfoque para medir el desempeño del proyecto a partir de la comparación de su avance real frente al avance planeado, permitiendo evaluar tendencias para formular pronósticos.

Para implementar la gestión del valor ganado en un proyecto, es necesario definir la línea base de medición del desempeño (Performance Measurement Baseline, PMB), que integra la descripción del trabajo a realizar (alcance), los plazos para su realización (cronograma) y el cálculo de sus costos y de los recursos requeridos para su ejecución (costo). La gestión de valor ganado establece y monitorea tres dimensiones claves para cada paquete de trabajo y cada cuenta de control.

**a) Variables Fundamentales**

- Valor Planificado (Planned Value, PV): es el presupuesto autorizado que se ha asignado al trabajo programado. Este presupuesto se adjudica por fase a lo largo del proyecto, pero para un momento determinado, el valor planificado establece el trabajo físico que se debería haber llevado a cabo hasta ese momento. El PV total se conoce en ocasiones como la línea base para la medición del desempeño (PMB). El valor planificado total para el proyecto también se conoce como presupuesto hasta la conclusión (BAC).

$$\text{Fórmula: } PV = \%Avance\ programado * BAC \quad (1)$$

- Valor Ganado (Earned Value, EV): es la medida del trabajo realizado en términos de presupuesto autorizado para dicho trabajo. Es el presupuesto asociado con el trabajo autorizado que se ha completado. El EV medido debe corresponderse con la PMB y no puede ser mayor que el presupuesto aprobado del PV para un componente. El EV se utiliza a menudo para calcular el porcentaje completado de un proyecto.

$$\text{Fórmula: } EV = \%Avance\ real * BAC \quad (2)$$

- Costo Real (Actual Cost, AC): es el costo incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un período de tiempo específico. Es el costo total en el que se ha incurrido para llevar a cabo el trabajo medido por el EV. El AC no tiene límite superior; se medirán todos los costos en los que se incurra para obtener el EV.

**b) Diagnóstico**

- Variación del cronograma (Schedule Variance, SV): es una medida de desempeño del cronograma que se expresa como la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado. Determina en qué medida el proyecto está adelantado o retrasado en relación con la fecha de entrega, en un momento determinado. Es recomendable utilizar la variación del cronograma en conjunto con la metodología de programación de la ruta crítica (CPM) y la gestión de riesgos.

$$\text{Fórmula: } SV = EV - PV \quad (3)$$

$$SV\% = SV/PV \quad (3.1)$$

SV = 0          Cumplimiento con el cronograma.

SV > 0          Se ha realizado más trabajo que el planificado.

SV < 0          Se ha realizado menos trabajo que el planificado.

- Variación del costo (Cost Variance, CV): es el monto del déficit o superávit presupuestario en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el costo real. La CV es particularmente crítica porque indica la relación entre el desempeño real y los costos incurridos. Una CV negativa es a menudo difícil de recuperar para el proyecto.

$$\text{Fórmula: } CV = EV - AC \quad (4)$$

$$CV\% = CV/EV \quad (4.1)$$

CV > 0          Se ha gastado menos de lo presupuestado.

CV < 0          Se ha gastado más de lo presupuestado

Los valores de SV y CV pueden convertirse en indicadores de eficiencia para reflejar el desempeño del costo y del cronograma de cualquier proyecto, para comparar con otros proyectos o con un portafolio de proyectos. Las variaciones resultan útiles para determinar el estado del proyecto.

- Índice de desempeño del cronograma (Schedule Performance Index, SPI): es una medida de eficiencia del cronograma que se expresa como la razón entre el valor ganado y el valor planificado. Refleja la medida de la eficiencia con que el equipo del proyecto está utilizando su tiempo. Puesto que el SPI mide todo el trabajo del proyecto, se debe analizar asimismo el desempeño en la ruta crítica, para así determinar si el proyecto terminará antes o después de la fecha de finalización programada.

$$\text{Fórmula: } SPI = EV/PV \quad (5)$$

SPI < 1      Cantidad de trabajo menor a la prevista.

SPI > 1      Cantidad de trabajo mayor a la prevista.

- Índice de desempeño del costo (Cost Performance Index, CPI): es una medida de eficiencia del costo de los recursos presupuestados, expresado como la razón entre el valor ganado y el costo real. Se considera la métrica más crítica de la gestión de Valor Ganado y mide la eficiencia del costo para el trabajo completado. Los índices son útiles para determinar el estado de un proyecto y proporcionar una base para la estimación del costo y del cronograma al final del proyecto.

$$\text{Fórmula: } CPI = EV/AC \quad (6)$$

CPI < 1      Costo superior al planificado respecto al trabajo completado.

CPI > 1      Costo inferior respecto al desempeño a la fecha.

- Indicador de relación entre costo y cronogramas (CSI): Con este indicador es posible saber si existen posibilidades de recuperar el proyecto, entre más cercano a 1, mayores serán las posibilidades.

$$\text{Fórmula: } CSI = CPI * SPI \quad (7)$$

$0,9 < CSI > 1,2$	Altas posibilidades de recuperar el proyecto.
$0,8 < CSI < 0,9$	Existen posibilidades de arreglar el proyecto.
$1,2 < CSI < 1,3$	Existen posibilidades de arreglar el proyecto.
$CSI < 0,8$	Bajas posibilidades de arreglar el proyecto.
$CSI > 1,3$	Bajas posibilidades de arreglar el proyecto.

- Índice del desempeño del trabajo por completar (To Complete Performance Index, TCPI): es una medida del desempeño del costo que se debe alcanzar con los recursos restantes a fin de cumplir con un determinado objetivo de gestión, tal como el BAC o EAC. Es la relación entre el costo para terminar el trabajo pendiente y el presupuesto restante.  
Si el objetivo es lograr el presupuesto original del proyecto, en donde no ha habido modificaciones en el cronograma ni en el presupuesto:

$$\text{Fórmula: } TCPI = (BAC - EV)/(BAC - AC) \quad (8.1)$$

En caso que se haya modificado el presupuesto original y el objetivo es lograr el costo estimado al finalizar:

$$TCPI = (BAC - EV)/(EAC - AC) \quad (8.2)$$

$TCPI < 1$	El proyecto está por debajo del presupuesto.
$TCPI = 1$	El proyecto está dentro del presupuesto.
$TCPI > 1$	El proyecto está por encima del presupuesto.

c) **Pronósticos**

- Duración estimada para finalizar (Duration Estimate Finish, DEF): corresponde al plazo total estimado para finalizar el proyecto. Corresponde al cociente entre la duración estimada de control y el SPI.

$$\text{Fórmula: } DEF = DEC/SPI \quad (9)$$

- Costo estimado a la conclusión (Estimate at Completion, EAC): es el costo de completar todo el trabajo, expresado como la suma del costo real a la fecha y la estimación hasta la conclusión.

$$\text{Fórmula: } EAC = BAC/SPI \quad (10)$$

- Estimado hasta concluir (Estimate to complete, ETC): proyección de lo que falta gastar para terminar el proyecto.

$$\text{Fórmula: } ETC = (BAC - EV)/CPI \quad (11.1)$$

- Estimado hasta concluir (Estimate to complete, ETC): proyección de lo que falta gastar para terminar el proyecto, según impacto del programa base.

$$\text{Fórmula: } ETC = (BAC - EV)/(CPI * SPI) \quad (11.2)$$

- Variación a la Conclusión (Variance at Completion, VAC)

$$\text{Fórmula: } VAC = BAC - EAC \quad (12)$$

$$VAC\% = VAC/BAC \quad (12.1)$$

- Índice de Rendimiento del Costo a la Conclusión (Cost Performance Index at Conclusion, CPIAC):

$$CPIAC = BAC/EAC \quad (13)$$

## **CAPÍTULO 4 – INVESTIGACIÓN PROPUESTA**

En esta investigación se identificarán las principales interferencias que han impactado la ejecución de obras de cuatro proyectos hospitalarios, bajo contrato a suma alzada. Se establecerán los impactos en los costos y plazos de construcción que causan las interferencias identificadas y se determinará la probabilidad de ocurrencia de cada suceso mediante frecuencia relativa.

Con estos datos, se elaborará una matriz de riesgos que permita priorizar según nivel de impacto, cada interferencia identificada. Además, a modo de cuantificar el efecto negativo de las interferencias en el desarrollo de un proyecto, se analizará cuantitativamente a través de la gestión del Valor Ganado, un control de desempeño de costo, programación y alcance en términos monetarios sobre uno de los proyectos estudiados, el cual se encuentra en plena ejecución, pudiendo obtener las proyecciones a término y su relación de la situación financiera real versus la situación financiera estimada por la empresa contratista.

De los resultados obtenidos, se sugerirá elaborar un plan de acción y recomendaciones para el estudio de propuestas de proyectos hospitalarios, con el fin de solventar toda controversia contractual.

## **CAPÍTULO 5 – MARCO METODOLÓGICO**

La metodología para lograr identificar las causas raíz de interferencias durante la construcción de proyectos hospitalarios y sus verdaderos efectos monetarios, es a través de un análisis causal de información recopilada.

### **5.1. Fuente de Información**

La información recopilada es obtenida a través del estudio de dos tipos de documentos, ambos describen y validan sucesos por los cuales una empresa contratista exige una compensación monetaria por parte del mandante. Dichos documentos se describen a continuación.

#### **5.1.1. Informes Técnicos**

Los informes técnicos utilizados para extraer información son desarrollados por la Asesoría de la Universidad Técnica Federico Santa María. El material facilitado para el desarrollo de la investigación, corresponde a tres informes técnicos sobre proyectos terminados de infraestructura hospitalaria de carácter regional, que validan la existencia de interferencias que han impactado en el desarrollo de las obras.

Dado que toda información facilitada es de carácter confidencial, el análisis presente en esta investigación se referirá a dichos proyectos de construcción hospitalaria de forma genérica y anónima. Considerando que son tres informes técnicos, se nombrarán como H1, H2 y H3 respectivamente.

#### **5.1.2. Reclamo**

El reclamo utilizado para complementar la información de los informes técnicos mencionados anteriormente, es el cuarto proyecto de construcción hospitalario, correspondiente a H4. La diferencia de H4 con los proyectos anteriores, es que, se encuentra en plena ejecución, con un 73% de avance físico a marzo 2018.

La información es obtenida durante el desarrollo de la práctica profesional, en ella se presentan adendas de contrato, estados de pago, modificaciones de la programación oficial de obra y un extracto de las causas de un reclamo.

### **5.1.3. Levantamiento de Costos**

Para llevar a cabo la realización del análisis cuantitativo estimado del proyecto de construcción hospitalario H4, se hace un levantamiento de las facturas correspondientes a tres meses consecutivos. De esta forma se estiman los costos directos e indirectos que efectúa la empresa constructora mensualmente en un período específico.

Junto a la programación oficial de obra y su porcentaje de avance físico estimado de cada partida del itemizado para las fechas registradas, se obtiene el costo de ejecución esperado, pudiendo comparar la situación esperada con la situación real.

Utilizando estos datos, es adecuado implementar la Gestión del Valor Ganado para controlar el desempeño general de costos, plazo y alcance, cruciales para lograr el objetivo del proyecto. Los datos recopilados permiten crear el pronóstico del desarrollo del proyecto y con esto, proyectar el término de las obras considerando los rendimientos actualizados por cada control.

### **5.1.4. Estimación Liquidaciones**

A diferencia del levantamiento de facturas del proyecto H4, la empresa constructora no facilitó el desglose de las liquidaciones de mano de obra comprometida con el proyecto H4. Sin embargo, se estima un porcentaje promedio para calcular las liquidaciones de mano de obra respecto al costo directo, obtenido de la oferta de dos hospitales adjudicados por dicha empresa constructora.

## **CAPÍTULO 6 – INTERFERENCIAS**

Una interferencia corresponde a acontecimientos, tanto de orden administrativo como técnico, que han impactado en el normal desarrollo del contrato y de las obras, y por ende, en los plazos y costos de construcción, que no fueron correcta, clara y oportunamente informadas a las empresas licitantes en el proceso de licitación de la obra hospitalaria correspondiente, y por lo tanto, no pudieron ser evaluados ni técnica ni económicamente al momento de ofertar.

En este capítulo se darán a conocer las características generales de cada proyecto hospitalario en análisis, junto al total de interferencias identificadas. Sin embargo, no todas las interferencias tienen asociados sus impactos en el plazo y costo, por lo que, para efectos del análisis cualitativo y cuantitativo posterior, se utilizarán las interferencias que sí detallen sus efectos en plazo y costo.

### **6.1. Análisis Proyecto H1**

El proyecto H1, región del Maule, es adjudicado por un monto reajutable de \$71.457.547.076, impuestos incluidos, por un plazo de 780 días corridos y una superficie total a construir de 80.000 m<sup>2</sup>.

Desde el inicio del desarrollo de las obras, el consorcio constructor ha debido enfrentar una serie de interferencias, aumentos y disminuciones de obras y obras extraordinarias que han impactado significativamente en los costos y plazos de construcción, las que ha sido parcialmente reconocidas y formalizadas mediante tres adendas.

Las adendas han incluido en aumentos de plazo con un total de 176 días adicionales al plazo contractual inicial, dando un nuevo plazo total de construcción de 956 días corridos. No obstante, a la fecha de emisión del informe técnico referente, una cantidad de Obras Adicionales aún continuaban en estudio por parte del Servicio de Salud correspondiente o habían sido rechazadas, tanto en cantidades como en montos.

Debido a diversas interferencias, el consorcio constructor presentó a dicho Servicio de Salud un Reclamo por un monto neto de \$18.543.013.782, equivalente al 30,88% del valor neto inicial del contrato.

Las principales interferencias identificadas durante la construcción del proyecto son las siguientes:

- 1) Cambio importante del proyecto.
- 2) Atraso en la entrega del Proyecto Definitivo para construir.
- 3) Traspaso de tareas propias del diseño al Constructor.
- 4) Atraso en la entrega de los terrenos por parte del Servicio de Salud y otras interferencias asociadas al inicio del contrato.
- 5) Errores administrativos del mandante.
- 6) Mayor duración por cambio en el sistema de fundaciones y micropilotes.
- 7) Mayor duración por mecánica de suelos en uno de los edificios.
- 8) Mayor duración por interferencias en excavación.
- 9) Mayor duración por cambio en cielos y tabiques.
- 10) Atraso en la entrega de equipos suministrados por el Servicio de Salud.
- 11) Incorporación de nuevos proyectos y obras ajenas al proyecto original.
- 12) Disminución de partidas que ya presentaban trabajos asociados.
- 13) Condiciones adversas del subsuelo del terreno no informado durante licitación.
- 14) Traspasos al constructor de responsabilidades contractuales del mandante.
- 15) Interferencias del Servicio de Salud en algunas especialidades.
- 16) Cláusula de las Bases Administrativas para solicitud y formalización de Obras Adicionales permite a la Inspección Técnica de Obra rebajar, desconocer o demorar el pago de las obras ejecutadas.
- 17) Detenciones ordenadas por la Inspección Técnica de Obra o causadas por indefinición y/o no respuestas a consultas solicitando aclaración del proyecto.
- 18) Multa mal aplicada.
- 19) Pérdida de productividad.

## 6.2. Análisis Proyecto H2

El proyecto H2, región de Atacama, es adjudicado por un monto reajutable de \$35.493.122.068, impuestos incluidos. El plazo de construcción corresponde a 1980 días corridos, los cuales se separan en tres etapas de 920, 605 y 455 días corridos respectivamente y una superficie total a construir de 42.146 m<sup>2</sup>.

Durante el transcurso del proyecto, el Servicio de Salud otorgó en 7 oportunidades aumentos de plazos, formalizados a través de resoluciones exentas. El total de días adicionales corresponde a la suma de 670 días corridos, por lo que el nuevo plazo de contrato aumenta a 2.650 días corridos.

A continuación se presentan las interferencias identificadas durante la construcción del proyecto:

- 1) Atraso en entrega de edificios a demoler y remodelar.
- 2) Modificaciones de obras ejecutadas y no reconocidas.
- 3) No reconocimiento por parte del Servicio de Salud de trabajos adicionales (TRAA) ejecutados.
- 4) Errores en la topografía.
- 5) Errores de información relativas al subsuelo y a la mecánica de suelos.
- 6) Errores de diseño en arquitectura y en las diferentes especialidades.
- 7) Atrasos en nuevas soluciones y definiciones técnicas requeridas en proyectos definitivos por errores de diseño.
- 8) Requerimientos de información agravados por los atrasos en las respuestas a las solicitudes de definición técnica.
- 9) Modificación del diseño sin las autorizaciones previas.
- 10) Formalización tardía de modificaciones de obras, junto pago tardío de Estados de Pagos (EPPP).
- 11) Superación del límite en aumentos de obras y obras extraordinarias. (10%)
- 12) Pérdida de productividad.
- 13) Hecho de Fuerza Mayor (aluvión).

### 6.3. Análisis Proyecto H3

El proyecto H3, región de Los Lagos, es adjudicado por un monto de \$69.312.953.022, impuestos incluidos, en un plazo de 950 días corridos y una superficie total a construir de 90.509 m<sup>2</sup>.

Desde el inicio del contrato, el consorcio constructor debió enfrentar una serie de modificaciones e interferencias producidas por el Servicio de Salud, las que impactaron en el desarrollo de las obras, las que no pudieron ser ejecutadas de acuerdo a los criterios y rendimientos considerados por el constructor al formular su oferta técnica y económica, generando aumentos de costos directos de construcción y mayores gastos generales, por mayores plazos.

Durante el desarrollo del proyecto se aprobaron y formalizaron 17 adendas, con un aumento de plazo total de 1553 días, y costos categorizados en aumentos de obras, disminuciones de obras, obras extraordinarias y gastos generales por aumentos de plazos.

Las interferencias reconocidas en el informe son las siguientes:

- 1) No pago del total de gastos generales debido a aumentos de plazos.
- 2) Aumento de plazo por Fuerza Mayor (terremoto).
- 3) Errores de diseño.
- 4) Aumento de plazo por modificación de planos de arquitectura y estructura.  
Efecto en reprogramación de partidas críticas.
- 5) Pérdida de productividad de mano de obra y materiales.
- 6) Paralización en programa de adquisiciones por cambio de diseño.
- 7) Modificación de especialidades.
- 8) Impacto en partidas traslapadas por piso.
- 9) Aumentos de plazo por modificación de partida de “pavimentación y señalética”.
- 10) Errores administrativos del Servicio de Salud en la toma de razón de resolución de pago de gastos generales.

- 11) Disminución de la partida “pavimentación exterior”.
- 12) Superación límite contractual para obras nuevas o extraordinarias (10%).
- 13) Gastos generales y utilidades no reconocidas en adendas que sobrepasan el 10% permitido.
- 14) Obras extraordinarias categorizadas erróneamente como aumentos de obra.
- 15) Descuentos de gastos generales y utilidades por disminución de obra que no producen disminución de plazo.
- 16) Atraso en proceso de recepción provisoria de obra.
- 17) Pérdida de productividad por modificaciones de contrato.

#### **6.4. Análisis Proyecto H4**

El proyecto H4, región de Valparaíso, es adjudicado con un monto de \$85.401.043.651 con impuestos incluidos, en un plazo de 1280 días corridos y con una superficie total a construir de 92.000 m<sup>2</sup>.

El proyecto se encuentra en ejecución con un avance físico del 73% a marzo del 2018. Desde el inicio de las obras han surgido situaciones que cambian las condiciones iniciales de licitación, dando origen a 9 adendas por modificaciones de obra.

Dentro de las interferencias identificadas durante la construcción del proyecto son las siguientes:

- 1) Modificación de obra por existencia de instalaciones no previstas en licitación.
- 2) Modificación de obra por existencia de fundaciones y red de alcantarillado no previstas en licitación.
- 3) Errores en mecánica de suelos.
- 4) Obra adicional de mejoramiento de suelo.
- 5) Cambio de materialidad por actualización de normativa referida a las canalizaciones eléctricas.
- 6) Modificación de planos estructurales de cámaras sentinas.

- 7) Aumento de obra por refuerzo de shaft.
- 8) Cambio de condiciones de diseño.
- 9) Obras adicionales en partidas de Obra Gruesa.
- 10) Interferencia redes de agua potable con estructura de tabiques.
- 11) Modificación de potencia del sistema de climatización.
- 12) Modificaciones en especialidad eléctrica.
- 13) No cancelación oportuna de gastos generales reconocidos.
- 14) Reducción de precios en notas de cambio aprobadas.
- 15) Rechazo de notas de cambio.
- 16) Diseños desarrollados por la Constructora.
- 17) Paralización por toma ilegal de la obra.
- 18) No reconocimientos de obras adicionales y extraordinarias.
- 19) Pérdida de productividad.
- 20) Mayores costos en entibaciones por error en mecánica de suelos.
- 21) Mayor costo de equipamiento de seguridad y salud.
- 22) Pérdida por equivalencia técnica no aprobadas.
- 23) Atraso en aprobación de notas de cambios y RDI.
- 24) Multas mal cursadas.
- 25) Partidas globales no canceladas.

Además, cabe mencionar un cambio normativo en la materialidad de los ductos de canalizaciones eléctricas para recintos hospitalarios, de ductos de PVC conduit a ductos metálicos galvanizados, cumpliendo con el Oficio Circular N°4979, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

## CAPÍTULO 7 – ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS

Basado en la Guía PMBOK, el Análisis Cualitativo de Riesgos es el proceso de priorizar los riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos. El beneficio clave de este proceso es que permite a los directores de proyecto reducir el nivel de incertidumbre y concentrarse en los riesgos de alta prioridad.

### 7.1. Evaluación de Probabilidad e Impacto de los Riesgos

La evaluación de la probabilidad de los riesgos estudia la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo específico. La evaluación del impacto de los riesgos estudia el efecto potencial de los mismos sobre un objetivo del proyecto, tal como el cronograma, el costo, la calidad o el desempeño, incluidos tanto los efectos negativos en el caso de las amenazas, como los positivos, en el caso de las oportunidades.

Para el desarrollo de este análisis, se estudiará el efecto potencial negativo de los riesgos que generan las interferencias sobre el cronograma y costo del proyecto.

#### 7.1.1. Probabilidad de Ocurrencia

La probabilidad de ocurrencia de los riesgos a analizar, se asignarán por criterios de frecuencia relativa la cual se calculará de la siguiente manera.

$$f_r = (n^{\circ} \text{ proyectos con interferencia } i) / (n^{\circ} \text{ total de proyectos}) \quad (14)$$

Considerando que la muestra en estudio es de un total de cuatro proyectos de obra hospitalaria, la probabilidad de ocurrencia se define en la tabla 5.

**Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia según frecuencia relativa de la interferencia *i*.**

Descripción	Probabilidad	fr (14)
Frecuente en la totalidad de casos	1	4/4
Frecuente en el 75% de los casos	0,75	3/4
Frecuente en la mitad de los casos	0,5	2/4
Sólo ocurre en uno de los casos	0,25	1/4

### 7.1.2. Escala de Impacto sobre los Objetivos del Proyecto

Considerando que el fin último de un proyecto de obra hospitalaria y sus respectivas modificaciones de obra, es cumplir con el alcance del proyecto, sus estándares de calidad y cumplimiento de las normativas vigentes, la evaluación de los impactos se hará sobre el plazo y costo del proyecto. A continuación, en la Tabla 6 se detalla la escala de impacto sobre los objetivos del proyecto mencionados anteriormente.

*Tabla 6. Escala de impacto sobre costo y plazo del proyecto.*

Escala de impacto sobre objetivos del proyecto					
OBJETIVO PROYECTO	Muy Bajo 0,05	Bajo 0,1	Moderado 0,2	Alto 0,4	Muy Alto 0,8
<b>COSTO</b>	Aumento insignificante	Aumento > 5%	Aumento del 10 - 15%	Aumento del 15 - 25%	Aumento > 25 %
<b>PLAZO</b>	Aumento insignificante	Aumento > 10%	Aumento del 20 - 30%	Aumento del 30 - 50%	Aumento > 50%

### 7.2. Matriz de Probabilidad e Impacto

Los riesgos se pueden priorizar con vistas a un análisis cuantitativo posterior y a la planificación de respuestas basadas en su calificación. Las calificaciones se asignan a los riesgos en base a la probabilidad y al impacto previamente evaluados.

Dicha matriz especifica las combinaciones de probabilidad e impacto que llevan a calificar los riesgos con una prioridad baja, moderada o alta.

A continuación, en la Tabla 8 se presenta una matriz en blanco y negro, calificando la prioridad del riesgo, según escala de grises definido en la Tabla 7. Esta matriz es aplicable para priorizar los riesgos tanto por el impacto en el costo, como también el impacto en el plazo de ejecución de un proyecto.

*Tabla 7. Escala de grises según priorización del riesgo.*

<b>ALTO</b>
<b>MODERADO</b>
<b>BAJO</b>

*Tabla 8. Matriz de probabilidad e impacto.*

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	AMENAZAS				
	<b>1</b>	0,05	0,1	0,2	0,4
<b>0,75</b>	0,04	0,08	0,15	0,3	0,6
<b>0,50</b>	0,03	0,05	0,1	0,2	0,4
<b>0,25</b>	0,02	0,03	0,05	0,1	0,2
	<b>0,05</b> Muy Bajo	<b>0,1</b> Bajo	<b>0,2</b> Moderado	<b>0,4</b> Alto	<b>0,8</b> Muy Alto

### 7.3. Interferencias identificadas

A continuación, en las tablas 9 y 10, se presenta el resultado del análisis cualitativo de las interferencias identificadas que impactan el plazo de ejecución del proyecto y las que impactan el costo total del proyecto respectivamente. En ellas se detalla el porcentaje de variación promedio, la probabilidad de ocurrencia según frecuencia relativa, su valorización según escala de impacto y finalmente, la priorización de cada evento.

Con esta matriz de impacto, es posible evaluar y priorizar las principales interferencias durante la construcción de hospitales, lo que permite crear un plan de acción y/o recomendaciones para solventarlas.

**Tabla 9. Interferencias identificadas que impactan el plazo del proyecto.**

Interferencias que impactan el Plazo del proyecto		Porcentaje Variación	Probabilidad Ocurrencia	Impacto	Prioridad	
1	Atraso entrega Proyecto Definitivo	45,10%	0,75	0,4	0,30	Alto
2	Atraso en entrega de terrenos	35,13%	0,75	0,4	0,30	Alto
3	Atraso respuestas de RDI de Especialidades	22,31%	0,75	0,2	0,2	Alto
4	Atraso entrega de equipos por parte del mandante	37,23%	0,5	0,4	0,20	Alto
5	Errores proyecto topográfico	59,39%	0,25	0,8	0,20	Alto
6	Modificaciones partidas de obra gruesa	33,84%	0,5	0,4	0,20	Alto
7	Aumento de plazo sin pago de GG	39,68%	0,5	0,4	0,20	Alto
8	Cambios en terminaciones	7,44%	0,5	0,05	0,03	Moderado
9	Nuevo proyecto	26,92%	0,25	0,2	0,05	Moderado
10	Atrasos del mandante que atrasan la obra general	5,13%	0,5	0,05	0,03	Moderado
11	Aumento de plazo por fuerza mayor	3,37%	0,5	0,05	0,03	Moderado
12	Aumento de plazo por paralización de trabajadores	0,74%	0,5	0,05	0,03	Moderado
13	Atraso de Recepción provisoria	11,05%	0,25	0,1	0,02	Moderado
14	Errores en mecánica de suelos	13,37%	0,75	0,1	0,08	Bajo

Las causales de interferencias en el plazo de ejecución del contrato en su mayoría corresponden a una ineficiente administración por parte del Servicio de Salud y su Unidad Técnica, siendo la principal interferencia la no entrega del Proyecto Definitivo, desencadenando controversias contractuales debido a una indefinición explícita en las bases administrativas y contrato, sobre la forma correcta de actuar frente a la ocurrencia de estos eventos.

A simple vista se puede concluir que la forma de solventar estas situaciones es por medio de una correcta gestión en el plan de trabajo de los profesionales a cargo de representar al Servicio de Salud.

**Tabla 10. Interferencias identificadas que impactan el costo del proyecto.**

Interferencias que impactan el costo del proyecto		Porcentaje Variación	Probabilidad Ocurrencia	Impacto	Prioridad	
1	Pérdida de productividad	21,39%	1	0,4	0,40	Alto
2	Atraso reconocimiento/formalización de OOAA	2,05%	1	0,05	0,05	Moderado
3	Superación del límite del 10% sobre aumentos de obra	0,81%	0,75	0,05	0,04	Moderado
4	GG no reconocidos por paralización de compras	1,61%	0,75	0,05	0,04	Moderado
5	Cambio sistema de fundaciones/ errores mec. suelo	0,87%	0,5	0,05	0,03	Moderado
6	Multas mal cursadas	0,02%	0,5	0,05	0,03	Moderado
7	Mayor costo de mano de obra por aumento de plazo	0,84%	0,5	0,05	0,03	Moderado
8	Costo financiero por atraso en pago de facturas	0,07%	0,5	0,05	0,03	Moderado
9	Cambios en terminaciones	0,07%	0,25	0,05	0,02	Moderado
10	Modificaciones en especialidades	0,96%	0,25	0,05	0,02	Moderado
11	Indemnización de subcontratos	4,20%	0,25	0,05	0,02	Moderado
12	Atraso emisión de resoluciones de modificaciones de obra	0,08%	0,25	0,05	0,02	Moderado
13	Trabajos ejecutados en terreno no reconocidos	0,02%	0,25	0,05	0,02	Moderado
14	OOEE categorizadas erróneamente como OOAA	0,60%	0,25	0,05	0,02	Moderado
15	Descuento indebido de GG y UTI por disminución de obra	0,45%	0,25	0,05	0,02	Moderado
16	Atraso en Recepción Provisoria	1,26%	0,25	0,05	0,02	Moderado
17	Modificaciones de obra ejecutados y no reconocidos	7,45%	0,75	0,1	0,08	Bajo

De las interferencias que impactan al costo, nuevamente está presente la causal de administración del Servicio de Salud, sea por atraso, por no reconocimiento de avances, no reconocimiento de obras adicionales, no pago de gastos generales por aumentos de plazo, multas mal cursadas, entre otras. Todas estas interferencias convergen en la forma en que se interpretan las bases administrativas, junto al criterio profesional de quienes administran la Unidad Técnica.

Si bien la pérdida de productividad, tanto en materiales como en mano de obra, no es una interferencia, si no, más bien es un efecto de las diferentes interferencias identificadas, es el evento más incidente dentro de los costos de reclamos de la empresa

contratista hacia el Servicio de Salud. Esto se debe a que la empresa contratista al momento de ofertar el proyecto licitado, planifica todos los recursos en base al costo y plazo del proyecto, dado que corresponde a un contrato de construcción a suma alzada, los cuales se ven afectados directamente al cambiar las condiciones iniciales.

A modo de análisis general de las interferencias en los proyectos estudiados, en la Tabla 11 se promedian las variaciones en plazo y costo, para luego en la Tabla 12, generar una matriz de impacto y su correspondiente categorización.

**Tabla 11. Variaciones de plazo y costo de los proyectos en estudio.**

	H1	H2	H3	H4	Promedio
<b>Aumento de plazo</b>	22,56%	33,83%	163,47%	30,23%	62,52%
<b>Aumento de costo</b>	35,89%	43,36%	36,74%	8,38%	31,09%

**Tabla 12. Matriz de probabilidad e impacto para variaciones generales de los proyectos en estudio.**

	Variación	Probabilidad	Impacto	Prioridad	
<b>Aumento de plazo</b>	62,52%	1	0,8	0,8	Alto
<b>Aumento de costo</b>	31,09%	1	0,8	0,8	Alto

De las variaciones de costo de los proyectos de construcción hospitalarios, se espera que existan controversias contractuales dado que el límite de modificaciones de obra estipulado en las bases administrativas corresponde hasta un 10% del monto adjudicado, situación que no se respeta en ninguno de los proyectos en estudio.

La priorización general arrojada por la matriz de riesgos es de carácter alta, que complementado con la matriz de impacto de las interferencias en plazo y costo, sostiene que debe gestionarse una mejora urgente, para así implementarlo en todos los proyectos hospitalarios que están prontos a materializarse. De esta forma minimizar los sobrecostos para el Estado, producto de errores eminentemente por parte del Servicio de Salud territorial y su respectiva Unidad Técnica.

## CAPÍTULO 8 – ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS

La forma, condiciones y ejecución de un proyecto, se define en el contrato entre las partes, bases administrativas y especificaciones técnicas, en el orden de prevalencia que se defina según proyecto. La información de la licitación, documentos entregables para el estudio de la propuesta, las respuestas y aclaraciones del proceso, equivalen a los primeros respaldos contractuales del proyecto frente a posibles controversias. A continuación, se hará el análisis cuantitativo del proyecto H4, impactado por una serie de interferencias durante la construcción del proyecto.

### 8.1. Alcance del proyecto H4

El proyecto hospitalario dispuesto a análisis, consta de un edificio de 9 pisos de altura y dos subterráneos, con 92.000 m<sup>2</sup> totales a construir, de los cuales 16.000 m<sup>2</sup> corresponden a estacionamientos. El proyecto contempla 116 camas críticas, con un aumento de un 23,4% de la capacidad actual; 440 camas de hospitalización, incremento de un 20,3% de la capacidad actual; 21 pabellones, 16 de cirugía general, 3 de traumatología y 2 de urgencia; 3 pabellones de hemodinamia y 7 salas de parto integral. Además del incremento de unidades asistenciales, la construcción cuenta con áreas de apoyo diagnóstico, terapéutico, logístico, administrativo e industrial, que le permiten ser funcional y autosuficiente.

### 8.2. Entrega de Antecedentes de licitación

En la Tabla 13 se presentan los hitos del proceso de licitación del proyecto a analizar, según información directa del portal de Mercado Público.

**Tabla 13. Hitos del proceso licitatorio.**

Hitos	Fecha apertura	Hora
Fecha de Publicación	31-07-2012	19:26:00
Fecha inicio de preguntas	01-08-2012	0:01:00
Fecha final de preguntas	09-11-2012	23:59:00
Fecha publicación respuestas	26-11-2012	23:59:00
Fecha de acto de apertura técnica	31-12-2012	16:02:00
Fecha de acto apertura económica	31-12-2012	16:02:00
Fecha de adjudicación	11-03-2013	18:07:17

El financiamiento lo otorga el fondo sectorial del Ministerio de Salud, con un monto máximo referencial de \$110.000.000.000 con impuestos incluidos, en un tiempo de contrato máximo de 2010 días corridos.

Los criterios de evaluación se detallan en la Tabla 14 con sus respectivas ponderaciones.

**Tabla 14. Criterios de evaluación de ofertas de licitación.**

<b>Ítem</b>	<b>Ponderación</b>
Evaluación Técnica	34%
Plazo de Ejecución	10%
Cumplimiento de Requisitos	1%
Precio	55%

La evaluación de cada ítem se compone de datos tabulados para lograr asignar el puntaje correspondiente a cada oferente, definidos en las Bases Administrativas de la licitación, criterios que han ido evolucionando para asegurar la calidad de las construcciones.

### **8.3. Desarrollo de la Oferta**

Según las Bases Administrativas, el oferente deberá elaborar y desarrollar el estudio de la propuesta tomando en consideración lo señalado en las bases de licitación, especificaciones técnicas de arquitectura y especialidades, planos generales, planos de detalle, estudios específicos y cualquier otro documento aprobado por el Mandante y que sea parte de los antecedentes contenidos en la convocatoria.

Deberá incorporar, además, en su oferta todas las obras necesarias a realizar para cumplir con las leyes, normas u ordenanzas, aunque ellas no hayan sido mencionadas en los antecedentes de la licitación. Deberá además, considerar los ensayos de materiales, inspección ocular del terreno, estudio detallado del proyecto y de las especificaciones técnicas, de manera de incluir en su oferta todas las acciones necesarias para dar término a las faenas de ejecución de obras, de acuerdo a lo indicado en los antecedentes de la licitación. Desde la fecha de apertura de la propuesta, las ofertas tendrán vigencia por un plazo de 150 días corridos, cumplido este plazo los

oferentes no adjudicados pueden solicitar la devolución de sus documentos bancarios y técnicos.

#### 8.4. Cierre y adjudicación

Dada la asistencia registrada en las actas de las 4 visitas a terrenos, se cuenta un total de 24 proveedores, de los cuales 10 presentan sus ofertas y de éstos, sólo 6 cumplen con los requisitos del proceso. Cabe destacar que de las 10 empresas participantes, sólo dos son de origen nacional. En la Tabla 15 se detallan los proveedores con aceptación de oferta, sus montos y diferencias con el contratista adjudicado.

*Tabla 15. Empresas contratistas oferentes.*

Proveedor	Monto Unitario Oferta	Diferencia Monto	Porcentaje Variación
EMPRESA CONTRATISTA 1	\$71.765.582.900	\$0	0%
EMPRESA CONTRATISTA 2	\$82.262.313.286	\$10.496.730.386	13%
EMPRESA CONTRATISTA 3	\$90.125.282.298	\$18.359.699.398	20%
EMPRESA CONTRATISTA 4	\$90.981.351.553	\$19.215.768.653	21%
EMPRESA CONTRATISTA 5	\$91.870.163.605	\$20.104.580.705	22%
EMPRESA CONTRATISTA 6	\$92.688.425.262	\$20.922.842.362	23%

La empresa que se adjudica la licitación el 1 de enero del 2013, corresponde a la Empresa Contratista 1. El monto total de contrato con IVA incluido corresponde a \$85.401.043.651 y se desglosa según detalla la Tabla 16.

*Tabla 16. Desglose de costos de la oferta adjudicada.*

Costo Directo	GG	Utilidades	Monto Neto	Plazo
\$60.420.198.207	\$8.626.475.774	\$2.718.908.919	\$71.765.582.900	1280 días corridos
100,00%	14,28%	4,50%		

## 8.5. Firma de Contrato

El tipo de contrato es a suma alzada y su precio en pesos chilenos reajutable anualmente de acuerdo al Índice de Precios al Consumidor, determinado por el Instituto Nacional de Estadísticas. El adjudicatario deberá formalizar contrato dentro de los primeros 15 días hábiles posteriores a la fecha de notificación de la adjudicación. El contratista al suscribir el contrato, deberá entregar al mandante el documento de Garantía de Fiel Cumplimiento del Contrato y Obligaciones laborales, previsionales y tributarias, así como la Garantía adicional en caso de proceder. El contrato obliga al Contratista a la ejecución hasta su total terminación de las obras materia de la licitación.

La firma del contrato se registra con fecha 2 de abril del 2013 junto a la entrega de la correspondiente documentación.

## 8.6. Ejecución del proyecto

La entrega de terreno se realiza el día 6 de Junio del 2013, contando desde el día siguiente los 1280 días corridos para ejecutar las obras, esperando la recepción final para diciembre de 2016.

A modo de controlar la distribución de costos, en la Tabla 17 se detalla un plan de cuentas con las partidas del presupuesto según porcentaje de incidencia respecto al monto total del costo directo del proyecto. Para definir las partidas principales del proyecto, se aplica el principio de Pareto, en donde se muestra el 20% de las partidas que acumulan el 80% del total de costos.

*Tabla 17. Principales partidas del proyecto.*

Ítem	Monto	Porcentaje incidencia	Monto Acumulado	Porcentaje Acumulado
Instalaciones y otros	\$24.540.688.916	40,62%	\$24.540.688.916	40,62%
Obra gruesa	\$16.793.694.411	27,79%	\$41.334.383.327	68,41%
Tabiquerías	\$3.288.658.066	5,44%	\$44.623.041.393	73,85%
Trabajos preliminares	\$2.139.414.213	3,54%	\$46.762.455.606	77,40%
Pavimentos interiores	\$1.607.401.234	2,66%	\$48.369.856.839	80,06%
Muebles	\$1.272.630.567	2,11%	\$49.642.487.406	82,16%
Cielos	\$1.257.111.659	2,08%	\$50.899.599.065	84,24%
Impermeabilización	\$1.216.372.239	2,01%	\$52.115.971.304	86,26%

Según Carta Gantt, la partida de “Muebles” y “Cielos”, no son partidas críticas, por lo que a pesar de su elevado valor, no impacta directamente el plazo de ejecución del proyecto frente a posibles modificaciones. Dado esto, las principales partidas del proyecto queda representado por la Tabla 18.

**Tabla 18. Principales partidas críticas del proyecto.**

<b>Cuadro Partidas Principales</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Monto</b>	<b>Porcentaje incidencia</b>	<b>Monto acumulado</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Instalaciones y otros	\$24.540.688.916	40,62%	\$24.540.688.916	40,62%
Obra gruesa	\$16.793.694.411	27,79%	\$41.334.383.327	68,41%
Tabiquerías	\$3.288.658.066	5,44%	\$44.623.041.393	73,85%
Trabajos preliminares	\$2.139.414.213	3,54%	\$46.762.455.606	77,40%
Pavimentos interiores	\$1.607.401.234	2,66%	\$48.369.856.839	80,06%
Impermeabilización	\$1.216.372.239	2,01%	\$49.586.229.078	82,07%

El objetivo es monitorear que se cumplan los avances esperados, ya que son partidas críticas y de gran costo de ejecución, por lo que cualquier atraso en el avance físico repercute a los montos esperados en los estados de pago correspondiente, impactando la situación financiera del Contratista.

### **8.7. Modificaciones de Contrato**

Durante la ejecución de la obra surgen situaciones que alteran las condiciones iniciales contempladas en la oferta, lo que se traduce en modificaciones de obra. A la fecha, existen 9 adendas de contrato, de las cuales 8 presentan reservas de derecho por parte del contratista, en vista de reclamar plazos adicionales, costos directos e indirectos, gastos generales e indemnizaciones por daños y perjuicios.

Las adendas aprobadas aumentan el plazo de contrato en 387 días y el precio por \$7.153.992.843, dando como resultado de la modificación, un nuevo plazo de contrato de 1667 días corridos y precio neto de contrato de \$77.777.341.592. Sólo la Adenda 8, contempla una indemnización correspondiente al pago de 191 días de gastos generales. El monto diario de gastos generales es \$6.739.434, por lo que en los 191 días de indemnización, arroja un monto total de gastos generales adicionales de

\$1.287.231.932. A continuación en la Tabla 19 se detallan las adendas aprobadas y su respectivo efecto en el desarrollo del contrato.

**Tabla 19. Modificaciones aprobadas del proyecto.**

N°	Tipo	Plazo	Plazo Contrato	GG Adicional	Monto adicional c/IVA	Monto Contrato c/IVA	Porcentaje Variación
-	<b>Contrato Inicial</b>	-	<b>1280</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$ 85.401.043.651</b>	<b>0,00%</b>
1	Aumento de plazo	99	1379	\$0	\$0	\$ 85.401.043.651	0,00%
2	Cuotas anticipo	0	1379	\$0	\$0	\$85.401.043.651	0,00%
3	Obra Adicional	0	1379	\$0	\$ 62.253.385	\$85.463.297.036	0,07%
4	Obra Adicional	0	1379	\$0	\$53.799.587	\$85.517.096.623	0,14%
5	Obra Adicional	0	1379	\$0	\$60.400.448	\$85.577.497.071	0,21%
6	Obra Adicional	97	1476	\$0	\$896.678.823	\$86.474.175.894	1,26%
7	Obra Adicional	0	1476	\$0	\$5.515.157.165	\$91.989.333.059	7,71%
8	Obra Adicional	191	1667	\$1.287.231.932	\$0	\$91.989.333.059	7,71%
9	Obra Adicional	0	1667	\$0	\$565.703.435	\$92.555.036.494	8,38%
	<b>TOTAL</b>	<b>387</b>	<b>1667</b>	<b>\$1.287.231.932</b>	<b>\$7.153.992.843</b>	<b>\$92.555.036.494</b>	

Toda modificación al contrato debe solicitarse por medio de Nota de Cambio a través del Libro de Obra, con su debida documentación de respaldo. La revisión de la solicitud la realiza la Inspección Técnica de Obra, la aprobación la genera la Unidad Técnica, siendo ratificada por la resolución exenta del Servicio de Salud.

Cada modificación de obra tiene sus condiciones que la caracterizan, una normativa que les rige y un estándar, que hace referencia al arte del buen construir.

### **8.8.1 Cumplimientos de hitos y garantías**

Cada modificación de contrato, tenga este consecuencias en plazo y/o costos, debe actualizar la correspondiente boleta de garantía y póliza de seguro, generando un costo financiero adicional. Del total de adendas, el contratista actualiza 7 veces la boleta de garantía de Fiel Cumplimiento de Contrato y 3 veces las pólizas de seguro TRC y RC.

## **8.9. Análisis Situacional del Proyecto Tipo**

El análisis de las etapas del ciclo contractual de esta obra hospitalaria en particular, se hace durante un periodo tipo, correspondiente a los meses de Febrero, Marzo y Abril del año 2017, de los cuales se realiza un levantamiento de facturas y liquidaciones. Dada la fecha, el proyecto ya tiene aprobadas y en ejecución las 9 adendas, por lo que el análisis corresponde a los costos reales obtenidos de las facturas físicamente registradas y digitalizadas.

### **8.9.1. Análisis contractual del plazo**

De las 9 adendas en estudio, sólo 3 impactaron en el plazo, la adenda #1 aumentó en 99 días corridos la partida de “Excavación masiva de Terreno Natural”, la adenda #6 aumentó en 97 días corridos la partida “Relleno bajo radier 2do subterráneo Edificio A-B” y “Canalizaciones”, y la adenda #8 aumentó en 191 días corridos la partida “Tabiquerías” y “Equipos de climatización”. El plazo adicional al original corresponde a 387 días corridos, por lo que el nuevo plazo de contrato es de un total de 1667 días corridos.

### **8.9.2 Análisis contractual del costo**

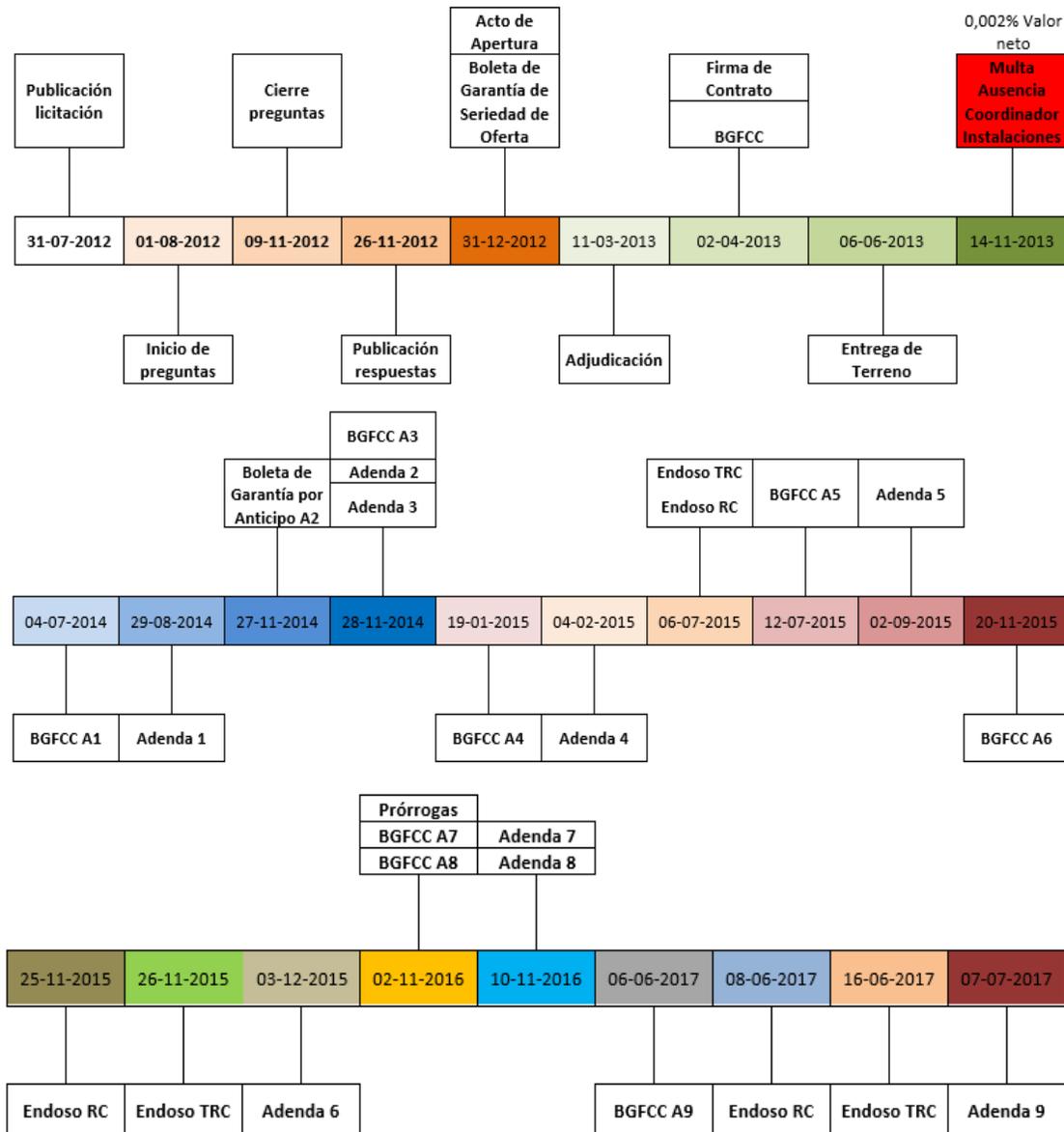
De las 9 adendas en estudio, 6 impactaron el costo de presupuesto, con un aumento neto de \$6.011.758.692, quedando un nuevo monto neto de contrato de \$77.777.341.592. Adicional a los costos directos, existen costos financieros asociados a la actualización de montos y vigencia de las boletas de garantías y de las pólizas de seguros correspondientes. Estos costos financieros están contemplados dentro de los gastos generales, de los que sólo se pagaron gastos generales adicionales en la adenda #8, correspondiente a la suma de 191 días.

Según bases de licitación, cualquier modificación al contrato no deberá exceder en conjunto al 10% del monto inicial del proyecto, lo que corresponde a \$7.176.558.290 neto. El aumento real de costos corresponde al 8,38% del monto neto inicial, quedando un monto remanente neto de \$978.823.192.

### 8.9.3. Impacto en el proyecto

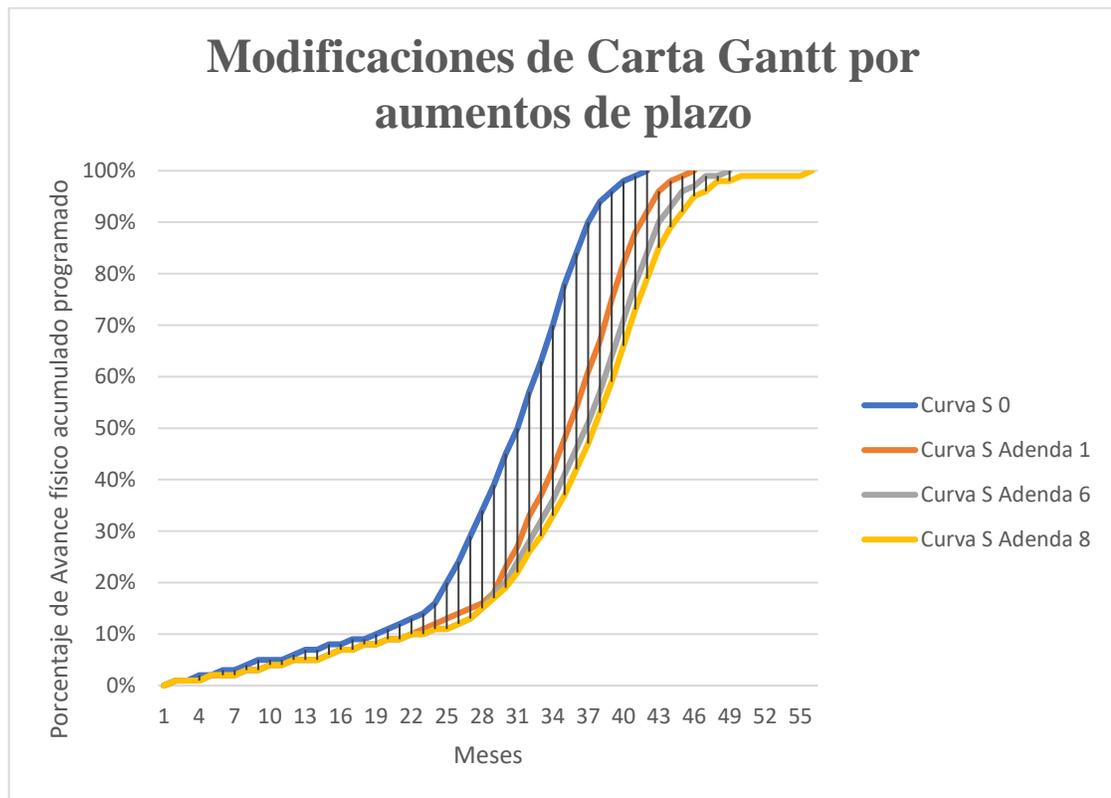
A medida que se aprueba una adenda, se deben actualizar las boletas de garantías y seguros correspondientes. Los estados de pago de las adendas se hacen de acuerdo a su porcentaje de avance real, por lo que se adiciona al ingreso de los estados de pagos originales. En la Tabla 21, se presenta una línea de tiempo con los hitos del proyecto.

**Tabla 20. Línea de tiempo de hitos del proyecto.**



Dado que las obras adicionales pertenecen a partidas principales, se impacta directamente la ruta crítica, lo que significa un aumento de plazo del contrato. Con esto, a la vez, se impacta a los subcontratos vinculados a las adiciones de obra, por ende se crean adendas internas con los subcontratos, casos en donde también se originan controversias contractuales por modificación de condiciones.

A continuación, en el Gráfico 2 se ilustra la variación de la curva de avance estimado por cada modificación de plazo del contrato.



**Gráfico 2. Desplazamiento de curva S por modificaciones en el plazo de contrato.**

## 8.10. Levantamiento de costos

Los meses de análisis a los que se realiza el levantamiento de facturas y liquidaciones, corresponden a febrero, marzo y abril del año 2017, como muestra la Tabla 21, con una representación de documentos mayor al 90%. Dado que la empresa Constructora 1 no facilitó información sobre las liquidaciones de mano de obra, ésta se estimará respecto al valor total de costo directo calculado por el levantamiento de facturas, según el porcentaje referencial de 2 proyectos hospitalarios adjudicados por la empresa.

*Tabla 21. Levantamiento de costos según facturas y liquidaciones estimativas.*

	2017		
	Febrero	Marzo	Abril
<b>Total documentos</b>	178	317	186
<b>Registrados</b>	162	313	170
<b>Costo Directo CD</b>	\$ 913.604.448	\$1.470.582.403	\$1.539.985.856
<b>Mano de Obra (31% CD)</b>	\$ 283.217.379	\$ 455.880.545	\$ 477.395.615
<b>Costo Indirecto</b>	\$ 92.043.208	\$ 175.725.675	\$ 228.104.885
<b>Vacías</b>	\$ 47.214.167	\$ -8.410.300	\$ 168.617.340
<b>Total Neto</b>	\$1.336.079.202	\$2.093.778.323	\$2.414.103.696
<b>Total con IVA</b>	<b>\$1.589.934.250</b>	<b>\$2.491.596.204</b>	<b>\$2.872.783.399</b>

La información de estados de pagos es facilitada por el departamento de Contabilidad de la empresa Contratista 1 y se detallan en la tabla 22. También, son facilitados los estados de pago de las adendas en ejecución, correspondientes a las adendas 6 y 7, detallados en la tabla 23.

*Tabla 22. Detalle de los Estados de Pago normales para los meses en análisis.*

	2017		
	Febrero	Marzo	Abril
<b>Costo Directo</b>	\$ 682.148.983	\$ 600.880.117	\$ 810.639.143
<b>Gastos Generales</b>	\$ 97.393.617	\$ 85.790.480	\$ 115.738.762
<b>Utilidades</b>	\$ 30.696.704	\$ 27.039.605	\$ 36.478.761
<b>Total Neto</b>	\$ 810.239.304	\$ 713.710.202	\$ 962.856.666
<b>IVA</b>	\$ 153.945.468	\$ 135.604.938	\$ 182.942.767
<b>Total</b>	\$ 964.184.772	\$ 849.315.140	\$1.145.799.433
<b>Anticipo</b>	\$ -192.836.954	\$ -177.039.586	\$ -229.159.887
<b>EEPP Real</b>	<b>\$ 771.347.817</b>	<b>\$ 672.275.554</b>	<b>\$ 916.639.546</b>
<b>Avance Parcial</b>	1,13%	0,99%	1,34%

*Tabla 23. Detalle de los Estados de Pago correspondiente a adendas.*

	2017		
	Febrero	Marzo	Abril
<b>Adenda 6</b>	\$646.791.086	\$646.791.086	\$646.791.086
<b>Avance Parcial ADD 6</b>	11,02%	0,07%	0,00%
<b>Monto EP ADD 6</b>	\$71.290.367	\$465.709	-
<b>Adenda 7</b>	\$3.978.185.281	\$3.978.185.281	\$3.978.185.281
<b>Monto EP ADD 7</b>	\$34.851.721	\$132.892.818	\$68.593.729
<b>Avance Parcial ADD 7</b>	0,88%	3,34%	1,72%
<b>Total Costo Directo</b>	\$106.142.088	\$133.358.527	\$68.593.729
<b>Gastos Generales (12%)</b>	\$12.737.051	\$16.003.023	\$8.231.247
<b>Utilidades (4,5%)</b>	\$4.776.394	\$6.001.134	\$3.086.718
<b>Monto Neto</b>	\$123.655.533	\$155.362.684	\$79.911.694
<b>IVA</b>	\$23.494.551	\$29.518.910	\$15.183.222
<b>Total Estado de Pago</b>	<b>\$147.150.084</b>	<b>\$184.881.594</b>	<b>\$95.094.916</b>
<b>Avance Acumulado</b>	55,17%	58,05%	59,53%

En la Tabla 24 se resume los ingresos por el total de estados de pago evaluados para los meses de febrero, marzo y abril del 2017.

**Tabla 24. Resumen de los Estados de Pago efectuados al contratista.**

	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>
<b>EP Normal</b>	\$771.347.817	\$ 672.275.554	\$ 916.639.546
<b>EP Adendas</b>	\$147.150.084	\$ 184.881.594	\$ 95.094.916
<b>Total</b>	<b>\$918.497.901</b>	<b>\$ 857.157.148</b>	<b>\$1.011.734.462</b>

Una vez obtenidos los montos de ingresos y egresos del proyecto, se detalla la diferencia financiera de los flujos monetarios de la empresa contratista en la Tabla 25.

**Tabla 25. Resumen de ingresos y egresos de la empresa contratista.**

	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>
<b>Ingresos</b>	\$ 918.497.901	\$ 857.157.148	\$ 1.011.734.462
<b>Egresos</b>	-\$ 1.589.934.250	-\$ 2.491.596.204	-\$ 2.872.783.399
<b>Situación Financiera</b>	<b>-\$ 671.436.349</b>	<b>-\$ 1.634.439.056</b>	<b>-\$ 1.861.048.937</b>

La situación financiera de la empresa contratista es deplorable, estas condiciones obligan a que macro empresas o consorcios se adjudiquen este tipo de construcciones, dado el respaldo financiero que les permite seguir las obras, mientras se solicita por medio de reclamos o demandas, pagos no reconocidos a la empresa contratista junto a la correspondiente indemnización por daños y perjuicios.

### 8.11. Gestión del Valor Ganado

A modo de medir el desempeño del proyecto, se implementará el método de Valor Ganado, el cual permite comparar la cantidad de trabajo planificado con la cantidad de trabajo real. Este método cubre tres líneas base de la gestión de proyectos, alcance, costo y plazo. La gestión del Valor Ganado se compone de índices de variaciones de costos y plazo, e índices de desempeño de costos y plazos.

#### Estructura Valor Ganado

##### a) Variables Fundamentales

**BAC:** Presupuesto hasta la conclusión (Budget at completion)

**PV:** Costo presupuestado para el avance físico programado.

$$PV = \%Avance\ programado * BAC \quad (1)$$

**EV:** Valor Ganado, valor del avance físico real.

$$EV = \%Avance\ real * BAC \quad (2)$$

**AC:** Costo real del trabajo ejecutado.

##### b) Diagnóstico

**SV:** Variación de programa  $SV = EV - PV \quad (3)$

**CV:** Variación en los costos  $CV = EV - AC \quad (4)$

**SPI:** Índice de cumplimiento de plazo  $SPI = EV/PV \quad (5)$

**CPI:** Índice de cumplimiento de costos  $CPI = EV/AC \quad (6)$

**CSI:** Indicador de relación entre costo y cronogramas  $CSI = CPI * SPI \quad (7)$

**TCPI:** Índice del desempeño de trabajo por completar

$$TCPI = (BAC - EV)/(BAC - AC) \quad (8.1)$$

$$TCPI = (BAC - EV)/(EAC - AC) \quad (8.2)$$

c) **Pronóstico**

**DEF:** Duración estimada al finalizar

$$DEF = DEC/SPI \quad (9)$$

**EAC:** Costo estimado al finalizar

$$EAC = BAC/CPI \quad (10)$$

**ETC:** Proyección de lo que falta gastar para terminar

$$ETC = (BAC - EV)/CPI \quad (11.1)$$

**ETC PB:** Proyección de lo que falta según programa base

$$ETC = (BAC - EV)/(CPI * SPI) \quad (11.2)$$

**VAC:** Variación proyectada del costo al final del proyecto

$$VAC = BAC - EAC \quad (12)$$

**CPIAC:** Índice de rendimiento del costo a la conclusión.

$$CPIAC = BAC/EAC \quad (13)$$

#### **8.11.1. Análisis Valor Ganado**

El análisis de Valor Ganado se realizará sobre el proyecto global, con fecha de control 30 de abril del 2017 (día 1425 del programa), correspondiente al último mes estudiado para el levantamiento de costos.

A la fecha de control, el presupuesto actualizado es de \$92.555.036.494, impuestos incluidos, en un plazo de ejecución actualizado de 1667 días corridos. Según programa oficial actualizado del proyecto, el avance programado para abril del 2017 es de un 65%, sin embargo, el avance real del proyecto presenta un 55,97%, con un 9,03% de atraso en el cronograma. El costo real AC es de \$104.314.707.789, situación crítica dado que sobrepasa en un 12,71% del presupuesto total actualizado, en prácticamente la mitad del avance de las obras.

A continuación en la Tabla 26, se detalla el desarrollo y resultados del análisis de Valor Ganado para abril del 2017.

**Tabla 26. Análisis de valor ganado.**

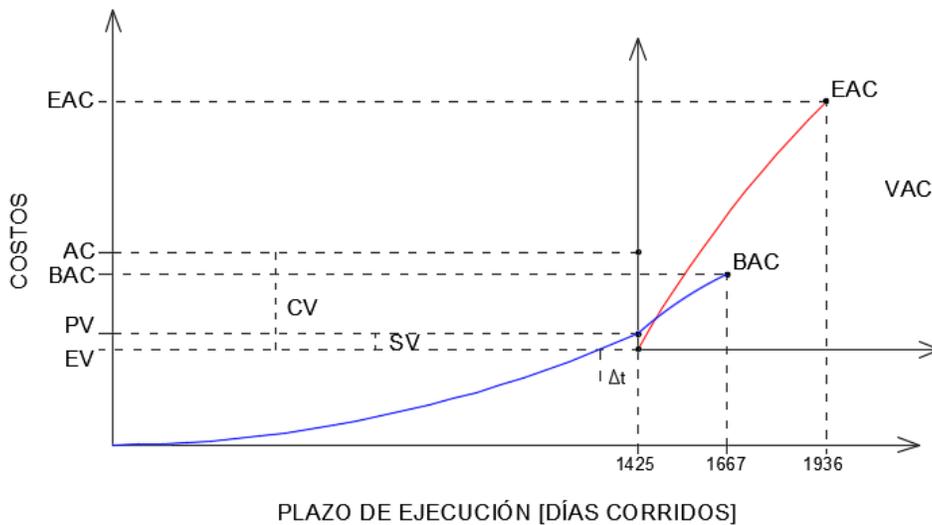
<b>ANÁLISIS VALOR GANADO</b>		
Control	30-04-2017	Fecha control
BAC	\$92.555.036.494	Presupuesto hasta la conclusión
APP	65%	Avance programado del proyecto
ARP	55,97%	Avance real del proyecto
DEC	1667	Duración estimada de control
<b>VARIABLES FUNDAMENTALES</b>		
PV (1)	\$60.160.773.721	Costo avance programado
EV (2)	\$51.803.053.926	Valor avance real
AC	\$104.314.707.789	Costo real (dato)
<b>DIAGNÓSTICO</b>		
SV (3)	\$-8.357.719.795	Variación de cronograma
CV (4)	\$-52.511.653.863	Variación de costo
SPI (5)	0,861	Índice de desempeño cronograma
CPI (6)	0,497	Índice de desempeño costos
CSI (7)	0,43	Índice desempeño programación
TCPI (8.1)	-3,47	Índice desempeño trabajo por completar
TCPI (8.2)	0,497	Índice desempeño trabajo por completar
<b>PRONÓSTICO</b>		
DEF (9)	1936	Plazo estimado al finalizar
EAC (10)	\$186.376.108.253	Costo estimado al finalizar
ETC (11.1)	\$82.061.400.464	Proyección faltante para finalizar
ETC (11.2)	\$95.300.893.874	Proyección faltante para finalizar
VAC	\$-93.821.071.759	Variación proyectada de costos
CPIAC	0,497	Variación costo final

En primer lugar, la situación de las variables fundamentales acusa grandes deficiencias en la programación de cronograma y presupuesto, con un atraso de avance físico de 9,03% y un sobrecosto real para esa fecha por un monto de \$44.153.934.068, equivalente a un 73,39% del costo planeado. Mientras que el valor ganado es menor que el costo planeado y que los costos reales. En síntesis, a la fecha de control se lleva un avance físico menor al programado con un costo real de ejecución mayor al programado.

El diagnóstico del proyecto, arroja una variación negativa de cronograma, lo que significa un eventual atraso respecto al avance programado con un costo asociado de -\$8.357.719.795. Respecto a la variación de costos, también es negativa, por lo que el costo a la fecha está sobre el valor ganado por \$52.511.653.863. Estas situaciones las reflejan los índices de desempeño del cronograma y costos, ambos menores a 1. Dado estos resultados, el índice de costo de programación CSI, es menor a 1, teniendo el proyecto bajas posibilidades de revertir la situación.

Finalmente, el pronóstico del proyecto según desempeño de cronograma SPI estima una duración total hasta la finalización de 1936 días corridos. En cuanto a la estimación del presupuesto hasta concluir el proyecto EAC, se calcula de acuerdo al índice de desempeño de costos CPI sobre el presupuesto BAC, obteniendo un costo total de \$186.376.108.253, equivalente a un 101,37% sobre BAC. La variación total de costos estimados hasta la conclusión VAC, es de \$93.821.071.759, valor mayor al presupuesto estimado al finalizar al momento de control.

A continuación en el Gráfico 3, se ilustra la situación diagnóstico y pronóstico del proyecto obtenido a partir del control a abril 2017.



**Gráfico 3. Situación diagnóstico y pronóstico del proyecto H4 por Valor Ganado.**

## **CAPÍTULO 9 – PLAN DE ACCIÓN Y RECOMENDACIONES**

Tras cuantificar los grandes efectos que resultan de la materialización de las amenazas identificadas en los proyectos hospitalarios y que a la vez, existe una alta probabilidad de que ocurran estas interferencias durante la ejecución de las obras, se sugiere un plan de acción y recomendaciones a considerar en el desarrollo de los proyectos venideros, con el fin de optimizar recursos, lograr los objetivos de las partes interesadas, cumplir con los plazos de entrega, mejorar la gestión administrativa y técnica tanto de mandantes como de contratistas, mejorar cláusulas contractuales sobre distribución de riesgos, entre otras.

### **9.1. Mecanismos para la solución de conflictos contractuales**

Para solventar el origen de las interferencias identificadas, se sugiere una serie de mecanismos que podrían evitar conflictos contractuales entre las partes de un proyecto de construcción. Para lograr un normal desarrollo de un proyecto, se recomienda considerar todos los mecanismos de solución de conflictos contractuales propuestos a continuación.

#### **9.1.1. Proyecto definitivo previo a licitación**

La causal principal que da origen a distintas interferencias durante la ejecución de los proyectos, corresponde a que se adjudica un proyecto no definitivo, por lo que, los proponentes ofertan un supuesto proyecto, el cual podría modificarse luego de iniciadas las obras.

Esta situación es considerada un incumplimiento al contrato a suma alzada, el cual pacta entre las partes la construcción del proyecto por un precio fijo y cantidades inamovibles, salvo partidas nuevas o extraordinarias según se especifique en los documentos contractuales.

Por lo tanto, se recomienda la apertura de una licitación de proyecto de infraestructura hospitalaria una vez obtenido el proyecto definitivo, asegurando una correcta oferta por parte de los proponentes.

### **9.1.2. Coordinación BIM en los proyectos**

La coordinación BIM (Building Information Modeling) permite organizar los proyectos multidisciplinarios antes de su ejecución en obra, solucionando posibles conflictos entre ellos advirtiendo con anterioridad y a un costo controlado los problemas derivados del diseño de los proyectos en plataformas de dos dimensiones.

Los sistemas BIM nacen con el propósito de integrar todos los sistemas y subsistemas de un edificio (arquitectura, estructura, instalaciones, otros) en un único modelo digital, de manera integrada y coordinada. El modelamiento y coordinación de proyectos con BIM permite visualizar todas las disciplinas previamente al proceso de construcción, detectar en forma temprana los errores, y por consiguiente, lograr un ahorro sustancial en los costos finales. La implementación de la coordinación BIM para todas las disciplinas que componen el proyecto incluyendo las administrativas, es una forma adecuada de lograr un proyecto definitivo previo a la licitación.

### **9.1.3. Mejoramiento de cláusula sobre aumentos y modificaciones de obra, obras extraordinarias y obras nuevas.**

En las bases administrativas y en el contrato de construcción, existe una cláusula restrictiva sobre los aumentos de obra, obras nuevas y las obras extraordinarias, la cual fija que toda modificación de obra no podrá sobrepasar, en conjunto, el 10% del monto inicial del contrato, contabilizando las disminuciones convenidas.

En caso de que derivado de una orden del Servicio, el programa de obra se impacte, sin modificación en las cantidades de obra, extendiéndose el plazo más allá de lo establecido en el programa de obra oficial, el Contratista tendrá derecho al pago de una indemnización, que se calculará por día, y será equivalente al cociente que resulte de dividir los Gastos Generales establecidos en la oferta de licitación por el Plazo de Ejecución de la Obra. Estos valores se mantendrán invariables para estos efectos, durante toda la ejecución de la obra.

El Servicio podrá efectuar reducciones y/o eliminación de partidas con el fin de adecuar estas últimas al monto disponible para su ejecución. En caso de disminución de obras el Contratista no tendrá derecho a indemnización alguna por parte del Servicio. En caso de aumento de obras deberá complementarse la o las garantías y pólizas respectivas.

Además, para los aumentos de obras, obras nuevas y obras extraordinarias se especifica un límite de Gastos Generales y de Utilidades, de 12% y 10% respectivamente.

Sin embargo, esta cláusula no especifica los procedimientos en caso de sobrepasar el 10% de modificaciones de obra, dando origen a distintas interpretaciones de acción entre las partes. Adicional a esto, los aumentos de plazo y sus respectivos Gastos Generales tienden a aumentar sus valores diarios respecto a la oferta de licitación, por actualizaciones de costos y reajustes, por lo que la forma en que se estima el pago de los Gastos Generales diarios frente a modificaciones de obra no es el más conveniente para la empresa Contratista.

De los casos estudiados, se tiene una disminución y/o eliminación de partidas que ya se encontraban ejecutadas o en ejecución, por lo que la empresa Contratista debió demoler y rehacer según nuevas indicaciones, correspondiéndole legalmente una indemnización por parte del Servicio. Este tipo de suceso no se especifica dentro de los posibles riesgos que pudieran generar la disminución y/o eliminación de partidas.

Por último, el límite propuesto por el Servicio sobre el pago de Gastos Generales y Utilidades frente a modificaciones de obra, es menor en algunos casos, que los porcentajes adjudicados, provocando pérdidas injustificadas para el Contratista.

#### **9.1.4. Contrato de Diseño y Construcción**

Si bien todos los contratos de construcción de hospitales financiados por inversión pública corresponden a contratos a Suma Alzada, se sabe que frente a interferencias pueden surgir modificaciones de contrato y obras, dando origen a conflictos contractuales entre las partes.

La implementación de un contrato de Diseño y Construcción, en donde el diseño se basa en un anteproyecto otorgado por el mandante al contratista, traspassa toda responsabilidad al contratista, siendo una buena forma de distribuir riesgos asociados a modificaciones de obra.

Para la construcción de hospitales, los diseños son elaborados por el Departamento de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, por lo que, en caso que se destine el diseño al contratista, éste debiera ser aprobado por el Departamento de Arquitectura de dicha entidad, cerciorándose que cumpla con todos los requisitos pertinentes.

#### **9.1.5 Implementación de Dispute Boards**

El Dispute Board es un sistema alternativo y anticipado de resolución de controversias, en virtud del cual un panel de expertos independiente, constituido normalmente al inicio de la ejecución del contrato, ayuda a las partes a resolver sus desacuerdos a través de la asistencia informal y la emisión de recomendaciones o decisiones, según el modelo que se adopte. Por su naturaleza, opera en contratos con cierto contenido técnico, que son de ejecución de mediano a largo plazo y en los que la solución oportuna de alguna desavenencia presenta un provecho especialmente atractivo para las partes.

Algo similar al Dispute Board es el Panel Técnico de Concesiones, organismo que entrega recomendaciones en casos de discrepancias técnicas y económicas entre el Ministerio de Obras Públicas y las empresas que explotan concesiones de infraestructura, creado el año 2.010 por la Ley 20.410

En Chile, según un estudio realizado por la Cámara Chilena de la Construcción, con el apoyo de la empresa encuestadora Gemines en 2015 (muestras de 1.072 contratos realizados entre 2012 y 2014), en uno de cada tres contratos hubo algún tipo de problema que no se pudo resolver entre las partes y entre ellos el 43% se resolvió con la intervención de terceros y el 57% fue a instancias judiciales.

Es por esto, que se recomienda la implementación de Dispute Board para cada proyecto de infraestructura hospitalaria, el cual actúa como puente para generar un entendimiento compartido entre las partes, resolviendo sus diferencias en forma oportuna, manteniendo una comunicación fluida y una relación de cooperación. En este contexto, las partes son llamadas a trabajar como un equipo de manera de lograr el fin común de llevar el proyecto de construcción a buen término.

En el procedimiento de los Dispute Board ambas partes tienen la misma oportunidad de acceder al panel cuando a su juicio así se requiera. De esta manera, en cuanto los problemas entre las partes surgen, éstas pueden hacerlos presentes a los miembros del panel, los que pueden intervenir en forma oportuna, ágil y eficiente, gracias a que han estado en contacto directo con la obra y su desarrollo desde el inicio de la misma.

Los miembros del Dispute Board son designados directamente por las partes, de común acuerdo y antes de que se dé inicio a la ejecución de las obras contratadas, a diferencia del Panel Técnico de Concesiones en que los miembros son nombrados directamente por el Ministerio de Obras Públicas. La correcta selección de los miembros es esencial para la obtención de los resultados ofrecidos por este mecanismo. Los miembros deben ser elegidos en consideración a su experiencia profesional y su nivel de experticia en el tipo de proyectos para el cual se les asignará. Lo anterior es crucial para que los miembros del panel sean capaces de ofrecer una evaluación experta y lógica de los problemas que las partes deban enfrentar a lo largo de la ejecución del contrato, con miras a evitar el surgimiento de disputas entre las partes y sólo si esto no es posible, a resolver aquellas disputas que surjan de manera oportuna.

La inclusión de Dispute Board en los contratos de construcción tendrá la intención de resguardar el interés fiscal y evitar situaciones que pudieran implicar el pago por parte del Servicio de excesivos mayores costos a las empresas contratistas, como habría ocurrido en la totalidad de los hospitales estudiados en la presente memoria.

## CONCLUSIONES

La presente investigación se ha dedicado a elaborar una matriz de impacto para poder categorizar y priorizar las principales interferencias identificadas durante la construcción de obras hospitalarias, según su impacto en el plazo y costo de ejecución. Una priorización alta, acusa que dicha interferencia tiene una alta probabilidad de ocurrencia en este tipo de proyectos y que en caso de materializarse, originará un importante impacto en uno o más de los objetivos del proyecto. Del total de interferencias identificadas, el 68% de ellas presenta priorización moderada, lo que aumenta la incertidumbre que se materialicen.

Junto al análisis cualitativo, se realizó un análisis cuantitativo mediante la gestión de Valor Ganado, que evaluó el efecto de las modificaciones de contrato y obras aprobadas en un proyecto hospitalario en construcción. El resultado pronosticó la situación a término del proyecto considerando las eficiencias de costos para la fecha de control, la cual entregó una estimación desfavorable tanto en plazo como en costos, respecto a las cantidades en que se adjudicó dicho proyecto.

En síntesis, en primer lugar, todas las interferencias identificadas son netamente de responsabilidad del mandante, sea por errores de diseño y/o administrativos. El principal factor causal de interferencias es que se licita, adjudica e inician las obras de un proyecto no definitivo, altamente expuesto a modificaciones durante la ejecución del mismo.

En segundo lugar, dado que el contrato de construcción es a suma alzada, cualquier modificación de las condiciones iniciales del proyecto, causará controversias contractuales. A esto se suma, la inexistencia de una cláusula de contrato sobre la distribución de riesgos, lo que conlleva a que todos estos conflictos se resuelvan a través del juicio ordinario. Una posible solución para este caso, es que el contrato sea de diseño y construcción, pasando el total de responsabilidad sobre el proyecto a la empresa contratista, previa aprobación del Departamento de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas.

De los proyectos hospitalarios estudiados se tiene una variación promedio de costos de un 32,09%, y una variación promedio de plazo de ejecución de un 62,52%. Además, la estimación a la conclusión obtenida mediante el análisis de valor ganado del proyecto en ejecución es de un 101,37% adicional del presupuesto. Frente a este escenario, es imprescindible realizar mejoras que optimicen los costos y plazos de construcción de hospitales, normalizando las fechas de entrega y resguardando la inversión estatal.

Para mejorar estas situaciones, se debe realizar un par de cambios que se complementen entre sí, para ello se sugiere la implementación de un panel técnico por cada proyecto de construcción hospitalario, conformado por profesionales elegidos entre ambas partes involucradas en el contrato, de manera de anticiparse a controversias contractuales, resolviendo conflictos sin tener que acudir a instancias judiciales, y no comprometer mayor plazo en las respuestas a estos, permitiendo el normal desarrollo de las obras.

Otro punto importante a considerar, es la capacitación tecnológica de los profesionales de la construcción en herramientas digitales que permiten planificar, revisar y monitorear de forma correcta tanto el anteproyecto, como también todos los proyectos complementarios de una obra. Claro ejemplo es la revisión de proyectos a través de la plataforma BIM, actual estrategia pública para el año 2020.

Para finalizar, lograr solventar en su totalidad los conflictos contractuales estudiados en esta memoria de titulación, depende de implementar y mejorar en conjunto, todos los planes sugeridos anteriormente. De concretarse, se estarán optimizando los costos de construcción de hospitales, se respetarán los plazos para la entrega de los hospitales y se reducirán los impactos financieros hacia el contratista, dando la oportunidad de adjudicar este tipo de proyectos a contratistas nacionales.

## BIBLIOGRAFÍA

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Inc, Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK), Quinta Edición, Estados Unidos, Project Management Institute, Inc, 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, La gestión del valor ganado y su aplicación [en línea]

<<https://www.pmi.org/learning/library/earned-value-management-best-practices-7045>>[Consulta: julio 2018]

MOEIN BARAKCHI, A Comparative Study on Hospital Construction Cost Between Norway and The United States, Noruega, NTNU, 2017.

DOMINIC D AHIAGA-DAGBUI, SIMON D SMITH, Dealing With Construction Cost Overruns Using Data Mining, United Kingdom, Construction Management Economics, 2014.

MINISTERIO DE SALUD, Plan Nacional de Inversiones Hospitalarias [en línea]  
<<http://www.minsal.cl/plan-nacional-de-inversiones-hospitalarias-gobierno-asegura-cumplimiento-de-compromiso-presidencial/>> [Consulta: enero 2018]

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, MAXIMILIANO, La problemática del riesgo en los proyectos de infraestructura y en los contratos internacionales de construcción, Revista e -Mercatoria, Volumen 6, Número 1, 2007.

HERNÁN DE SOLMINIHAC, Tipos de contratos de construcción: ¿Cómo se asignan las responsabilidades y obligaciones en un proyecto? [en línea]  
<<https://claseejecutiva.emol.com/articulos/hernan-desolminihac/tipos-contratos-construccion-responsabilidades-obligaciones/>> [Consulta: junio 2018]