



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTANDARIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO DE SOBRECOSTO DE  
PROYECTO APLICADO A PROYECTOS MAYORES DE BHP**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE  
EMPRESAS**

**CAROLINA ANDREA CATALÁN SANTELICES**

**PROFESOR GUÍA:  
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
GERARDO DÍAZ RODENAS  
LORETO BURGOS RODRÍGUEZ**

**SANTIAGO DE CHILE  
2018**

## Resumen

El objetivo de la presente tesis es proponer una estandarización del análisis de riesgo de sobre costo para los proyectos de la Vicepresidencia de Proyectos de BHP en Chile, a través del diseño de un bow tie tipo, que sirva como base de análisis permitiendo así optimizar el proceso actual.

El bow tie es la actual herramienta de análisis y gestión de riesgos en BHP, donde se identifican causas e impactos asociados a un riesgo, lo que permite una correcta definición de controles preventivos y mitigadores.

La realización de esta tesis se justifica por los desafíos que actualmente enfrenta la minería, la necesidad de contar con la capacidad productiva suficiente para cumplir con la demanda de cobre del mundo y un precio que obliga a ser eficientes con el uso de capital. Es aquí donde la predictibilidad de costos es uno de los desafíos en la industria de proyectos, por lo que la gestión de riesgos resulta una herramienta importante para enfrentar dichos desafíos.

La metodología utilizada para el desarrollo de la presente tesis comprende un levantamiento de información a partir de los análisis de riesgo y lecciones aprendidas de tres proyectos ejecutados por BHP entre los años 2012 y 2017, sumado al análisis realizado por un panel de expertos que permite caracterizar el riesgo de sobrecosto, en específico, las potenciales causas que podrían generarlo y aquellos controles que permiten prevenir su ocurrencia y/o mitigar sus potenciales impactos.

Como resultado se obtienen un bow tie estandarizado para el análisis del riesgo de sobre costo. El análisis realizado tiene como resultado catorce causas, doce controles preventivos y siete controles mitigadores, cada uno de ellos es descrito para la comprensión de los futuros usuarios.

Los resultados de esta tesis permiten entregar una herramienta estandarizada que identifica tempranamente las principales causas y propone una batería de controles a ser aplicados en todos los proyectos de la Vicepresidencia.

La implementación de esta herramienta no considera costos adicionales dentro del área y sus potenciales beneficios se consideran importantes.

Se pone a disposición el resultado de esta tesis recomendando su uso como base para futuros análisis que permita tener una base de control estándar dentro de la compañía.

## DEDICATORIA

A mi familia, amigos, compañeros...Por el constante apoyo en este desafío.

## **Agradecimientos**

A la Vicepresidencia de Proyectos de BHP por apoyar mi desarrollo profesional invitándome a participar en este MBA.

A mis compañeros en los equipos de riesgos y de proyectos de BHP quienes siempre me brindaron tiempo, ayuda y consejos durante estos años.

A mis padres, hermanos, familiares y amigos por el apoyo incondicional en este desafío.

A mis compañeros de la sexta generación MBA Industria Minera, por el compañerismo, la alegría, la buena onda y los buenos momentos.

## Tabla de contenido

Resumen .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Indice de contenido .....	iv
Indice de tablas .....	v
Indice de figuras .....	vi
1. Introducción.....	1
2. Descripción y justificación .....	4
3. Objetivos.....	5
3.1 Objetivo General .....	5
3.2 Objetivos Específicos.....	5
4. Metodología.....	5
5. Marco conceptual.....	8
5.1 BHP.....	8
5.2 Proyectos .....	12
5.3 Riesgos .....	14
6. Desarrollo .....	16
6.1 Levantamiento de Causas .....	16
6.2 Levantamiento de Controles .....	19
6.3 Panel de Expertos.....	20
6.4 Resultados.....	25
7. Conclusiones y recomendaciones.....	26
7.1 Conclusiones.....	26
7.2 Recomendaciones.....	27
8. Bibliografía .....	28
9. Anexos .....	29
Anexo A: Procedimiento de Riesgos BHP .....	29
Anexo B: Análisis de riesgos.....	32
Anexo C: Análisis de riesgo estandarizado.....	35

## Índice de tablas

Tabla 1: Predictibilidad de Costos .....	4
Tabla 2: Causas identificadas .....	16
Tabla 3: Levantamiento de lecciones aprendidas.....	17
Tabla 4: Causas pre – identificadas.....	18
Tabla 5: Levantamiento Controles Existentes.....	19
Tabla 6: Causas Identificadas.....	21
Tabla 7: Controles Identificados.....	23

## Índice de figuras

Figura 1: Proyecto OGP1 – Minera Escondida .....	1
Figura 2: Proyecto EWS – Minera Escondida.....	2
Figura 3 Proyecto SGO – Minera Spence .....	2
Figura 4: Dimensiones de desempeño - IPA .....	3
Figura 5: Diagrama del proceso de investigación .....	6
Figura 6: Proceso de Gestión de Riesgos – BHP.....	7
Figura 7: Cartera de Proyectos BHP Minerals Americas.....	9
Figura 8: Proyecto OLAP – Minera Escondida .....	10
Figura 9: Proyecto OGP1 – Minera Escondida.....	10
Figura 10: Proyecto EWS – Minera Escondida .....	11
Figura 11: Proyecto SGO – Minera Spence .....	11
Figura 12: Bow tie.....	15
Figura 13: Diagrama levantamiento de causas (Elaboración propia).....	20
Figura 14: Diagrama levantamiento de controles (Elaboración propia).....	22
Figura 15: Matriz Análisis Control/Causa/Impacto.....	24
Figura 16: Bow tie estandarizado .....	25

## 1. Introducción

La industria minera en Chile enfrenta día a día múltiples desafíos para lograr satisfacer la demanda de cobre en el mundo, menores leyes en los depósitos; baja productividad; altos costos; escases de recursos tales como el agua y la energía; entre otros. Todos estos desafíos obligan a las compañías mineras y sus colaboradores a enfocar sus esfuerzos en múltiples dimensiones, con el objetivo de ser cada día más competitivos.

El desarrollo de proyectos de infraestructura es uno de los factores claves para hacer frente a estos desafíos; la construcción de nueva capacidad productiva, la renovación de infraestructura existente, así como también la inversión en infraestructura de apoyo para la producción, permite a las compañías alcanzar los objetivos de producción esperados.

En el caso particular de BHP, los desafíos para mantener los niveles de producción de sus operaciones en Chile la han llevado a invertir altas sumas de dinero. Dentro de estas inversiones se puede destacar en Minera Escondida una nueva concentradora, una planta desalinizadora de agua para contar con los requerimientos de agua necesarios para producir, entre otros. Por otra parte, actualmente se realiza una fuerte inversión en Minera Spence para incorporar una planta concentradora dentro de la operación y así asegurar continuidad del depósito.



Figura 1: Proyecto OGP1 – Minera Escondida





Figura 2: Proyecto EWS – Minera Escondida



Figura 3 Proyecto SGO – Minera Spence

En el caso de Chile, según lo reportado por el informe “Inversión en la Minería Chilena – Cartera de proyectos 2017 – 2026”, emitido por La Comisión Chilena del Cobre (Cochilco), la inversión en nuevos proyectos presentó disminuciones los últimos años, lo cual es explicado principalmente por la volatilidad que existe en el mercado. Sin embargo, se observa un incremento desde el año 2017, con la incorporación de 47 iniciativas que representan un aumento de US\$15.648 millones, lo cual da señales de reactivación en la industria del desarrollo de proyectos.

La evidente necesidad por desarrollar y mantener las instalaciones productivas, para así enfrentar las estimaciones de demanda de cobre futuras llevan a entender esta reactivación en los proyectos, sin embargo, estos no están exentos de desafíos en su desarrollo. El precio actual de los *commodities*

ha llevado a las compañías a imponer restricciones de capital, lo cual las obliga a ser selectivos en sus decisiones de inversión y eficientes en su ejecución.

Múltiples son los desafíos que la administración de proyectos enfrenta, estos se resumen en desarrollar y ejecutar los proyectos de manera segura, con costos y plazos competitivos, con costos y plazos predictivos, y alcanzando los parámetros operativos comprometidos. El "Institute Project Analysis" (IPA), ente orientado a realizar análisis y *benchmark* de la industria de desarrollo de proyectos, define 5 dimensiones bajo las cuales el desempeño de los proyectos es evaluado:

- Seguridad
- Competitividad en costos
- Competitividad en plazos
- Predictibilidad en costos
- Predictibilidad en plazos
- Operatividad

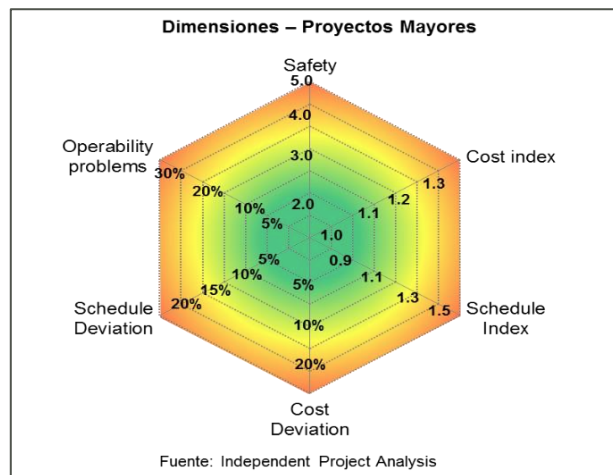


Figura 4: Dimensiones de desempeño - IPA

Para hacer frente a estos desafíos existen distintas disciplinas que apoyan a la administración de proyectos. La presente tesis se enfoca en la dimensión de predictibilidad de costos y cómo la gestión de riesgos en proyectos, a través las distintas herramientas que entrega, permite identificar y analizar el riesgo de sobre costo de un proyecto para así poder administrarlo de forma efectiva.

## 2. Descripción y justificación

En la industria de desarrollo y ejecución de proyectos, los costos son una variable de gran importancia en la actualidad, en particular, la predictibilidad se ha vuelto una de las áreas de foco dentro de la industria, cumplir con las estimaciones de costos y evitar al máximo sus desviaciones resulta crítico.

Una gestión deficiente de costos puede generar que las inversiones aumenten y, por consecuencia, el valor agregado o rentabilidad de las mismas disminuyan.

Según algunos estudios realizados por la Corporación de Bienes de Capital (CBC) y considerando además proyecciones de empresas como Valor Experto, se estima que existe cerca de un 70% de probabilidad de que un proyecto experimente sobre costos de aproximadamente un 15%.

En el caso particular de BHP, se puede observar en la tabla 1 algunos de proyectos mayores desarrollados durante los años 2012 y 2017. Estos proyectos presentaron desviaciones respecto a sus estimaciones originales, considerar los análisis de riesgos utilizados y las lecciones aprendidas en el desarrollo de cada proyecto permite realizar un análisis valioso para la administración de costos y gestión de riesgos que permita lograr mejores resultados.

Proyecto	Costo Estimado	Costo Final	Desviación
OLAP	721	911	26%
OGP1	3.800	4.200	11%
EWS	3.430	3.700	8%

Tabla 1: Predictibilidad de Costos

Ante la importancia de este tema y en busca de hacer frente a los desafíos que se presentan, resulta importante que los proyectos utilicen la gestión de riesgos para analizar los riesgos que se enfrentan, para luego determinar sus estrategias de control y gestión. Identificar las potenciales causas que lo originan y determinar acciones que permitan disminuir la probabilidad de ocurrencia del evento y/o mitigar sus potenciales impactos resulta un factor clave en la administración de proyectos.

Considerando la relevancia que un correcto análisis de riesgos tiene para la predictibilidad de costos, la presente tesis se enfoca en la estandarización del diseño del riesgo de sobre costo que pueda ser utilizado por todos los proyectos del portafolio de BHP *Minerals Americas*. Tomando como base la experiencia en la administración de este riesgo en proyectos pasados y las

lecciones ya aprendidas en dichos procesos, esta estandarización permitirá mejorar y unificar la gestión de riesgos dentro de la Vicepresidencia de Proyectos con un análisis simple y comparable a través de la compañía.

Para dar cumplimiento a los procedimientos definidos por BHP, se utiliza la herramienta de análisis definida para identificar y determinar las principales causas que originan un sobre costo, y se entrega una propuesta de controles preventivos y mitigadores que permita mejorar la administración de este riesgo considerando la experiencia de otros proyectos y la industria.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Proponer una estandarización del análisis de riesgos de sobre costos de un proyecto mayor a través del diseño de un *bow-tie* tipo que sirva como base para análisis del riesgo para los futuros proyectos en *BHP Minerals Americas* que permita optimizar y mejorar el proceso actual de análisis del mencionado riesgo.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

Determinar las potenciales causas asociadas al riesgo para ser incorporados en un *bow-tie* a través de la revisión y análisis de los riesgos identificados en proyectos ejecutados por *BHP Minerals Americas*.

Describir los controles preventivos y mitigadores detallando su aplicación durante la vida de un proyecto, capturar mejores prácticas del mercado y proporcionar una recomendación sobre su implementación en futuros proyectos de *BHP Minerals Americas*.

### **4. Metodología**

El desarrollo de esta tesis utiliza una estrategia de investigación descriptiva y explicativa, que permite caracterizar el riesgo de sobre costo, específicamente las potenciales causas que podrían generar y aquellos controles que permiten prevenir su ocurrencia o bien mitigar sus impactos.

El alcance de la propuesta de estandarización incluye:

- Unificación del nombre y alcance del riesgo
- Identificación y normalización de causas
- Identificación y estandarización de controles

Para la identificación de causas y controles se realiza un análisis comparativo utilizando la información sobre el análisis de riesgos desarrollado y las lecciones aprendidas identificadas por 3 proyectos ejecutados en los últimos 5 años por la Vicepresidencia de Proyectos de BHP *Minerals Americas*.

El siguiente diagrama muestra la secuencia bajo la cual se desarrolla el análisis y se obtienen los resultados:



Figura 5: Diagrama del proceso de investigación

- 4.1 Levantamiento de causas: A través de los *bow ties* del riesgo de sobre costo utilizado por cada uno de los proyectos bajo análisis se extraen las causas identificadas en cada uno de ellos, posteriormente se agrupan aquellas comunes y se describe cada una de ellas por la autora.
- 4.2 Análisis de lecciones aprendidas: A través de las lecciones aprendidas levantadas por cada uno de los proyectos bajo análisis se extraen aquellas asociadas al sobre costo de proyectos, se listan y posteriormente se agrupan para formar un listado consolidado que es incorporado al listado de causas identificado en el punto anterior.
- 4.3 Levantamiento de controles: Al igual que el levantamiento de causas, se consideran los controles, preventivos y mitigadores, identificados y utilizados en la gestión de los proyectos incluidos en este análisis en los diferentes *bow ties* existentes, son agrupados y descritos por la autora.
- 4.4 Revisión con panel de expertos: Se realiza una sesión la cual incluye expertos en la gestión de costos y en la administración de proyectos de BHP. En esta sesión es presentada la información obtenida en los puntos 1,2 y 3. Las causas y controles son presentadas a los asistentes quienes revisan, validan y complementan la información obtenida.

4.5 Consolidación de la información: la información obtenida y validada en el panel de expertos es incluida en el respectivo bow tie, se incluye además un anexo con la descripción de cada causa y control incluido en el análisis.

La metodología de gestión de riesgos utilizada corresponde a la definida por BHP en el documento "*Risk Management – Our Requirements*" (Anexo A).

El documento mencionado define el proceso metodológico de riesgos que se debe aplicar dentro de la compañía, basado en la ISO 31000, sus principales componentes se pueden apreciar en el siguiente diagrama:

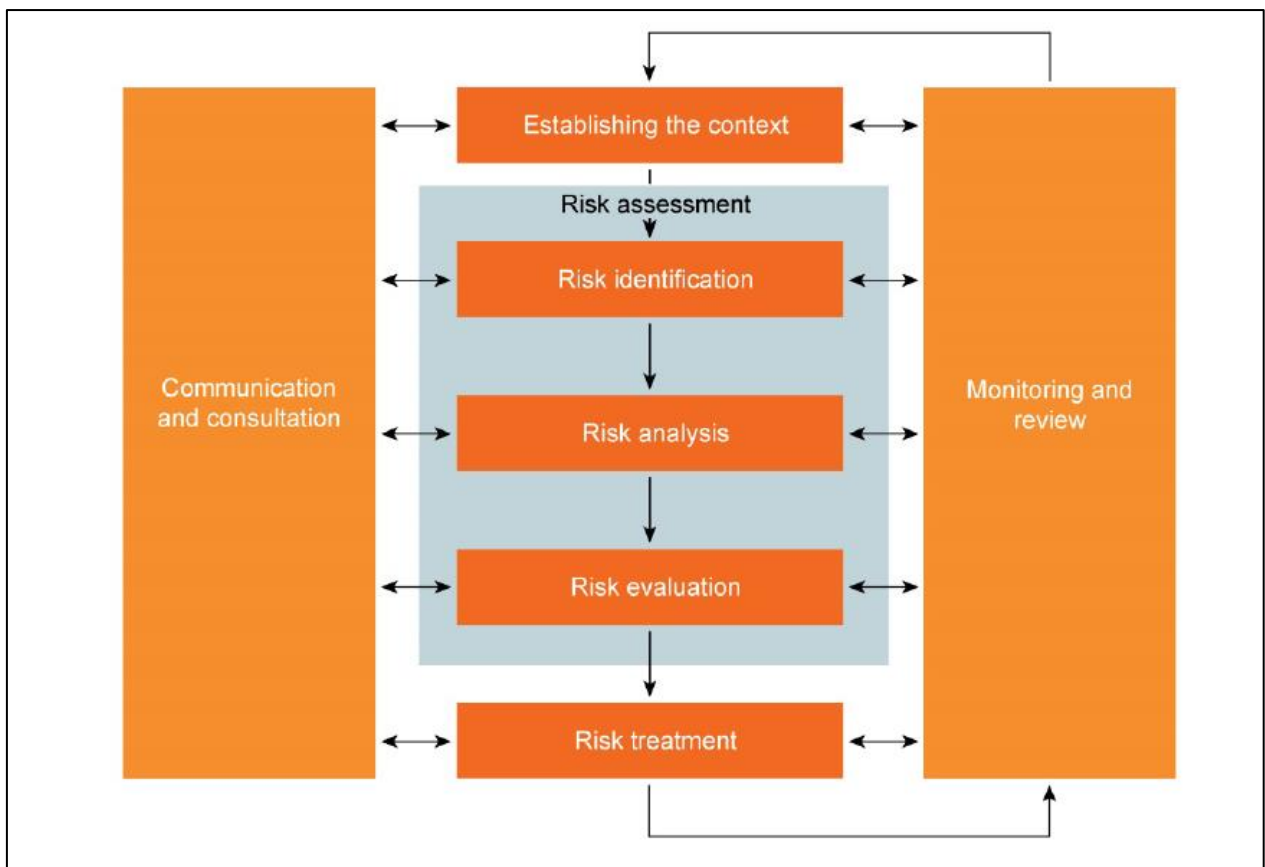


Figura 6: Proceso de Gestión de Riesgos – BHP  
(Fuente: Risk Management – Our Requirements)

El proceso consta de varias actividades necesarias para desarrollar una gestión de riesgos adecuada, teniendo en consideración que el riesgo bajo análisis ya ha sido identificado, el desarrollo de esta tesis se enfoca en la actividad de análisis para el riesgo de sobre costo de un proyecto, denominada en el proceso descrito como "*Risk analysis*".

La herramienta utilizada para consolidar y presentar los resultados de este análisis se denomina *bow tie*, herramienta definida por BHP para realizar el análisis de riesgos. Se excluye de este análisis la evaluación de impactos, definición de escenarios y probabilidad de ocurrencia del evento ya que este varía de proyecto en proyecto, por lo que a juicio de la autora se considera parte del análisis particular de cada proyecto.

## **5. Marco conceptual**

La presente tesis busca proponer una estandarización para la administración del riesgo de sobre costos de proyectos en el desarrollo de proyectos de construcción de infraestructura para la gran minería en BHP y los desafíos asociados a la predictibilidad de costos, utilizando la gestión de riesgos como una herramienta de análisis y administración de esta variable.

### **5.1 BHP**

BHP es una compañía de recursos naturales líder a nivel mundial cuyo propósito es crear valor para sus accionistas en el largo plazo a través del descubrimiento, adquisición, desarrollo y comercialización de recursos naturales.

Dentro de los distintos negocios que BHP posee se encuentra *Minerals Americas*, con sede en Santiago, su portafolio incluye operaciones mineras de cobre, zinc, hierro, carbón y potasio. En Chile se cuenta con 3 operaciones directamente operadas por BHP, Minera Escondida, Minera Cerro Colorado y Minera Spence.

Para el desarrollo sustentable de estas 3 mineras, BHP cuenta con una Vicepresidencia de Proyectos que tiene como misión el desarrollo y ejecución proyectos de infraestructura para sus 3 operaciones en Chile, para lo cual cuenta con una cartera de proyectos que debe desarrollar y ejecutar enfocada en seguridad y productividad.

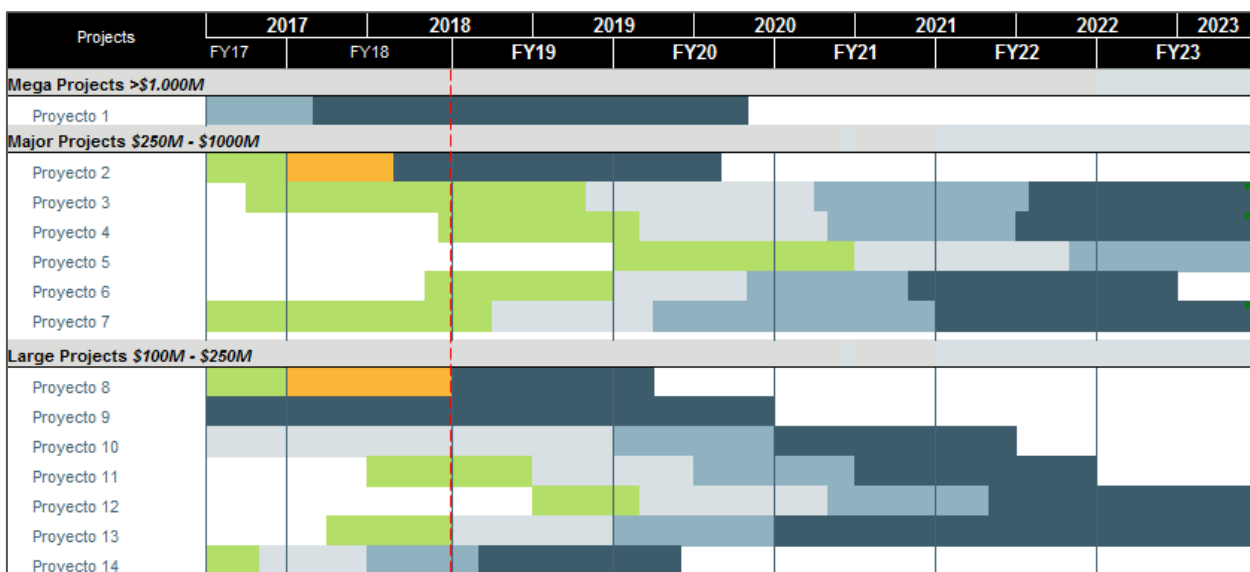


Figura 7: Cartera de Proyectos BHP *Minerals Americas*

La propuesta desarrollada en la presente tesis aplica para el análisis de riesgos de todos los proyectos de *BHP Minerals Americas* incluidos en la cartera presentada en la figura 6, enfocándose en entregar una propuesta que permita influir en la productividad y una de sus tantas dimensiones, la predictibilidad de costos de proyectos.

A través de la estandarización del análisis de riesgo de sobre costo se busca disminuir los tiempos destinados a este análisis entregando de manera estándar el análisis de causas y controles asociados, dejando solo la evaluación de escenarios, impactos y probabilidad para el equipo de cada proyecto, ya que estas 3 variables son consideradas, a juicio de la autora, dependientes de cada proyecto.

Para el desarrollo de la estandarización del análisis de riesgos se consideran 3 de los proyectos que formaron parte de la cartera de proyectos de la vicepresidencia durante los años 2012 y 2017 (Anexo B).

*Oxide Leach Area Project (OLAP)*: El proyecto tuvo como objetivo desarrollar una pila de lixiviación dinámica y un sistema de correas transportadoras de mineral que permitirán extender la lixiviación de óxidos en los niveles actuales más allá del 2014. Su costo estimado fue de US\$721 millones, su costo final cercano a los US\$911 millones.





Figura 8: Proyecto OLAP – Minera Escondida

*Organic Growth Project 1 (OGP1)*: El proyecto tuvo como objetivo la construcción de la tercera planta concentradora para Minera Escondida, con una capacidad de 152.000 toneladas por día. Su costo estimado fue de US\$3.800 millones, su costo final cercano a los US\$ 4.200 millones.



Figura 9: Proyecto OGP1 – Minera Escondida

*Escondida Water Supply (EWS)*: Este proyecto tuvo como objetivo la construcción de la nueva planta de desalinización de agua de mar, para entregar el agua necesaria para Minera Escondida, su capacidad es de 2.500 litros por segundo. Su costo estimado fue de US\$3.430 millones, su costo final estimado es cercano a los US\$3.700 millones



Figura 10: Proyecto EWS – Minera Escondida

Dentro de los proyectos que se encuentran actualmente en etapa de estudio y ejecución, y donde los resultados del presente trabajo serán considerados se encuentra:

*Spence Growth Option (SGO)*: Este proyecto considera el diseño y construcción de una planta concentradora de sulfuros para extender la vida de Minera Spence por 50 años, con una inversión de US\$ 2.460 millones, los desafíos asociados al a predictibilidad de su costo resultan importantes para quienes administran actualmente este proyecto.



Figura 11: Proyecto SGO – Minera Spence

*Escondida Water Supply Expansion (EWSE)*: Proyecto destinado a expandir la producción de agua de la nueva planta desalinizadora de agua con el fin de sustentar la producción de Minera Escondida. El monto estimado para este proyecto aún no es de conocimiento público.

## 5.2 Proyectos

Se definen como una actividad temporal para producir un resultado único. Se consideran temporales ya que tienen un inicio y fin definido así como también un alcance y recursos determinados. Son únicos ya que no son actividades rutinarias sino un conjunto de actividades diseñadas para lograr el objetivo trazado. Para el marco de este estudio nos enfocaremos al desarrollo de proyectos mineros y en específico a proyectos de construcción de infraestructura productiva o bien que soporte procesos mineros.

Respecto a los desafíos que se presentan en la industria del desarrollo de proyectos, el "*Independent Project Analysis*", empresa dedicada al análisis del desempeño de la industria de proyectos, define 5 dimensiones para medir el desempeño de los proyectos:

- Seguridad: Realizar los proyectos bajo estándares de seguridad evitando la accidentabilidad de sus trabajadores.
- Competitividad en costos: Corresponde a la comparación del costo de un proyecto en relación a otros de similares características de la industria.
- Competitividad en plazos: Corresponde a la comparación de la duración de un proyecto y sus actividades en relación a otros de similares características de la industria.
- Predictibilidad en costos: Corresponde a cuán precisa es la estimación de los costos de un proyecto en comparación con su resultado final, esto se mide a través de la comparación entre capital aprobado y el capital final desembolsado por la empresa.
- Predictibilidad en plazos: Corresponde a cuán precisa es la estimación de los plazos del programa de un proyecto en comparación con su resultado final.
- Operatividad: Corresponde al logro de los resultados operativos bajo los cuales fue diseñado el proyecto.

La presente tesis se enfoca en la predictibilidad de costos, y como la gestión de riesgos y sus distintos requerimientos y herramientas permiten controlar y administrar dicha variable de manera efectiva. Para el caso de los proyectos utilizados en el análisis la predictibilidad alcanzada se puede observar en la tabla 1, la cual muestra la evolución de esta métrica a través de los años, es por esto que a juicio de la autora se considera relevante utilizar los aprendizajes de dichos proyectos para mejorar en la gestión de costos y así obtener mejores resultados.

Para desarrollar y ejecutar un proyecto alcanzando los objetivos definidos existe la disciplina denominada dirección o gestión de proyectos la cual corresponde a la aplicación de conocimientos, habilidades y técnicas que permite desarrollar los proyectos en forma eficiente y efectiva, y es considerada una competencia estratégica dentro de las empresas.

En la industria del desarrollo y gestión de proyectos existe una asociación de profesionales de la dirección de proyectos llamada "*Project Management Institute*" conocida comúnmente por sus siglas PMI, esta asociación está orientada a definir estándares y entregar capacitación y educación a los profesionales sobre el desarrollo de proyectos.

El PMI identifica procesos asociados a la gestión de proyectos, clasificados en 5 grupos:

- Iniciación
- Planeación
- Ejecución
- Monitoreo y control
- Cierre

Por otra parte, se identifican áreas de conocimiento necesario para el desarrollo y gestión de un proyecto:

- Gestión de la integración
- Gestión del alcance
- Gestión del tiempo
- Gestión del costo
- Gestión de la calidad
- Gestión de adquisiciones
- Gestión de recursos humanos
- Gestión de las comunicaciones
- Gestión de riesgos
- Gestión de los interesados (*stakeholders*)

Todas estas áreas de conocimiento son necesarias con el fin de abordar los principales desafíos que se presentan a la hora de desarrollar y ejecutar un proyecto. En particular, esta tesis aborda las áreas de conocimiento de gestión de costos y su interrelación con la gestión de riesgos, esto aplicado en todas las etapas identificadas.

### **5.3 Riesgos**

Los riesgos dentro de la gestión de proyectos corresponden a los eventos o condiciones inciertas que si se producen tiene efectos negativos sobre alguno de los objetivos del proyecto.

La gestión de riesgos corresponde al conjunto coordinado de actividades y metodologías que se utilizan para dirigir un proyecto y controlar los riesgos que pueden afectar el logro de los objetivos planteados.

La gestión de riesgos busca responder a las siguientes inquietudes:

- ¿Qué riesgos pueden afectar al proyecto?
- ¿Cuáles son los más relevantes?
- ¿Cómo afectan a los resultados?
- ¿Qué puedo hacer para evitarlo?

Para dar respuesta a dichas interrogantes existen diferentes metodologías ya desarrolladas, para el desarrollo de esta tesis se utiliza la metodología definida por BHP expuesta en el capítulo anterior.

Una vez identificado un riesgo se debe analizar el mismo, este proceso consiste definir cuáles son los componentes del riesgo, sus causas e impactos, para poder definir los cursos de acción necesarios para administrar el riesgo y posteriormente poder evaluarlo, tratarlo, monitorearlo y revisarlo como parte del proceso ya definido.

Dentro de las actividades que el proceso de análisis incluye, se destacan:

- Determinar causas que pueden originar el evento de riesgo;
- Determinar impactos que la ocurrencia de este evento puede tener para el proyecto;
- Determinar controles preventivos existentes y aquellos que deberían ser implementados;

- Determinar controles mitigadores existentes y aquellos que deberían ser implementados.
- Determinar los escenarios bajo los cuales este evento pueden ocurrir y la probabilidad de ocurrencia de los mismos.

El resultado de este análisis debe ser documentado en la herramienta definida por BHP para el análisis de todos sus riesgos a nivel global, la cual se denomina *bow-tie* y se grafica en la siguiente figura:

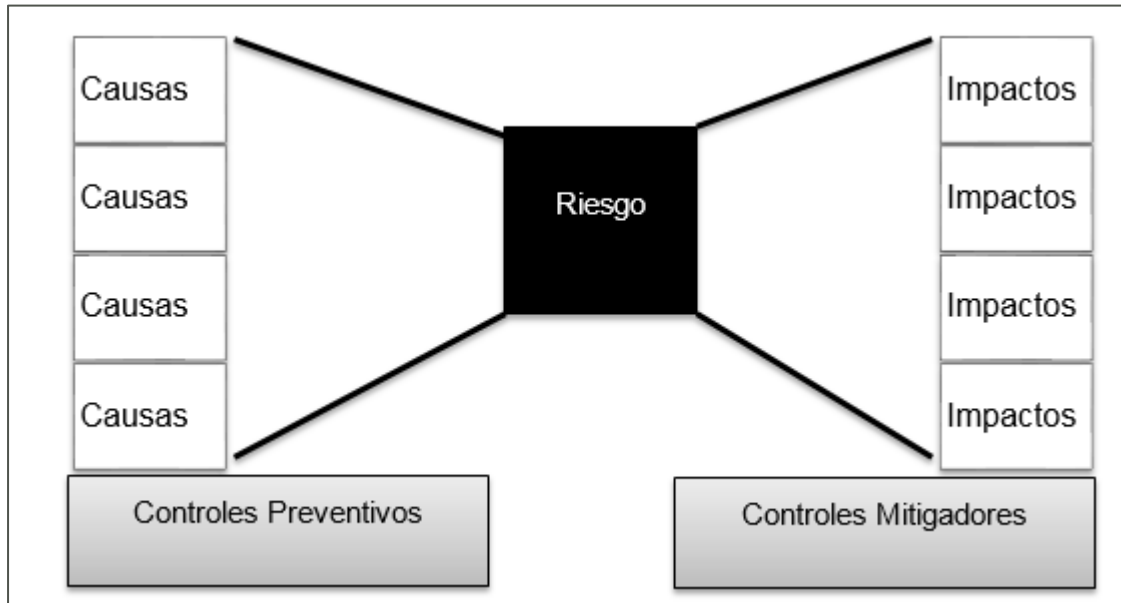


Figura 12: Bow tie

Fuente: Elaboración Propia

**Causas:** Son aquellas condiciones o razones por las cuales un riesgo se puede materializar

**Controles Preventivos:** Una actividad o grupo de actividades que son utilizados para manejar las causas, y por ende reducir la probabilidad de que el riesgo ocurra.

**Controles Mitigadores:** Una actividad o grupo de actividades que reducirá el impacto si el riesgo se materializa.

## 6. Desarrollo

La presente tesis se desarrolla en diferentes etapas descritas en el capítulo de metodología, lo que permite obtener el análisis final en la herramienta definida previamente. A continuación, se explica de manera detallada los resultados obtenidos en cada etapa.

### 6.1 Levantamiento de Causas

Para la identificación de causas que pueden generar un sobre costo dentro del desarrollo de un proyecto, en una primera etapa, la autora revisa y levanta la información identificada por los equipos de los proyectos bajo análisis, la cual se encuentra disponible en cada uno de los *bow ties* desarrollados por equipos multidisciplinarios que a través de sesiones de lluvia de ideas que identificaron las causas que se consideraron podían generar un sobre costo en el proyecto cuando se analizó, esta información es facilitada por el dueño de cada riesgo, persona responsable del análisis y administración del riesgo y revisada para entender el contexto del análisis.

Con el apoyo del dueño de cada riesgo, la información fue descrita en español y complementada para un entendimiento claro de futuros usuarios. Los resultados de este levantamiento se pueden observar de manera integrada en la siguiente tabla:

Levantamiento de Causas - Análisis de Riesgos existentes		
Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3
Falta de consideración de eventos externos (huelgas, eventos climáticos)	Cambios en MTO (Material Take off)	Condiciones del sitio distintas a las esperadas (Geotecnia)
Menor productividad que la esperada	Retraso en el suministro de equipos principales	Insolvencia del contratista
Errores u omisiones en la estimación	Menor productividad de la esperada (Comisionamiento)	Retraso en la fabricación de suministro de equipos principales
Definición de alcance inadecuada	Claims de Contratistas	Baja calidad de construcción
Retraso en la fabricación y transporte de equipos principales	Incremento de las FMR (Field Material Request)	Retraso en la obtención de permisos
Falta de coordinación de "tie-ins"	Falta de coordinación entre contratista y proveedor	Falta de coordinación entre el Mandante y el contratista
Deficiente manejo de contratos	Retrabajos por fallas en la construcción, control de calidad o servicio defectuoso	Deficiente manejo del contrato
Deficientes sistemas de control de costos	Costo unitario del catering mayor al estimado	Cambios de alcance
	Menor productividad de la esperada (Pre-comisionamiento)	Falta de información de ingeniería vendor
	Tiempo de desmovilización mayor al estimado	Retraso en el transporte de suministros
	Retraso en el cierre de "punch list"	Cambios en el sistema de turnos (contratistas)
		Baja productividad (contratista)

Tabla 2: Causas identificadas

Una vez realizado el levantamiento de las causas identificadas por cada proyecto al momento de realizar su respectivo análisis de riesgo se realiza una revisión de las lecciones aprendidas de cada uno de estos proyectos.

Las lecciones aprendidas corresponden a un documento desarrollado por todo proyecto una vez finalizado, en el cual, a través de un taller en el que participan todas las disciplinas involucradas en el proyecto, se revisan los aspectos de éxito y de mejora que tuvo un proyecto, y que se utiliza para que futuros proyectos puedan considerar.

Los archivos disponibles son revisados en detalle por la autora, quien identifica y selecciona aquellas lecciones aprendidas relacionadas con la estimación de costos y que pueden ser consideradas una causa para el riesgo bajo análisis, estas causas son incorporadas en la siguiente tabla:

Lecciones Aprendidas		
Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3
Baja productividad empresas colaboradoras	Deficiencias en el diseño	Omisiones de ingeniería
Falta de establecimiento de niveles de productividad en los contratos	Falta de coordinación entre las disciplinas de ingeniería	Falta de inspecciones de calidad generan retrabajo
Información tardía sobre requerimientos por parte del mandante	Errores en ingeniería vendor	Errores en la estimación de compras
Falta de coordinación entre el equipo de proyectos y operaciones	Paralizaciones por retrasos en los pagos	Mala estimación de material
Retrabajos por mala calidad en la construcción	Retraso en la llegada de insumos	Calidad de la información de los vendedores
Cambio de legislación (Jornadas laborales)	Retraso en el inicio de construcción por no contar con las instalaciones de faena	Bajo performance del contratista
		Cambios no analizados de requerimientos del dueño
		Errores de diseño

Tabla 3: Levantamiento de lecciones aprendidas

La información levantada en los procesos contiene variados aspectos comunes, la autora utiliza su juicio y experiencia para realizar una agrupación de causas, como resultado se obtienen 21 causas asociadas al sobre costo de proyectos y que se detallan en la siguiente tabla:



<b>Causa</b>
Desempeño del contratista menor al estimado
Desempeño del ingeniero menor a la estimada
Condiciones geotécnicas diferentes a las estudiadas
Precios unitarios de construcción mayores a los estimados
Precio de equipos e insumos mayores a los estimados
Aumento de cantidades por errores u omisiones de ingeniería
Aumento de cantidades por evolución del diseño
Reclamos por parte del contratista
Retrasos o extensiones del proyecto (paralizaciones, eventos climáticos, accidentes)
Costos del dueño mayor al estimado
Falta de claridad en la definición del alcance
Cambios de alcance por parte del mandante
Falta de calidad de construcción (retrabajos)
Retrasos en la fabricación (insumos/equipos principales)
Retrasos en el traslado de equipos e insumos
Descordinación con la operación en actividades claves (tie-ins)
Movilización/Desmovilización de personal mayor a la esperada
Insuficiente rigurosidad en la administración de contratos
Cambios en las condiciones laborales que requiera contratar mas personal (sistema de turnos)
Cambios de requerimientos (Permisos)
Retrabajos de construcción

Tabla 4: Causas pre – identificadas

El levantamiento y análisis realizado por la autora es apoyado por quienes estuvieron involucrados en la gestión de riesgo de los proyectos bajo estudio.

El resultado es presentado posteriormente a un panel de expertos para su revisión, complemento y validación.

## 6.2 Levantamiento de Controles

Una vez identificadas las causas se procede a realizar el levantamiento de controles previamente utilizados en la gestión de los proyectos bajo análisis con el fin de capturar aquellas rutinas ya existentes dentro de la organización para ser consideradas como punto de partida dentro del análisis.

Utilizando los *bow ties* que cada proyecto desarrolló durante su administración se realiza un levantamiento que es consolidado y presentado en la siguiente tabla:

Levantamiento de Controles - Análisis de Riesgos existentes		
Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3
Monitoreo de movilización	Reuniones mensuales de Estimación a termino (EAC)	Reuniones semanales de control de costos con el contratista principal
Optimización de la secuencia de construcción	Plan de desmovilización	Dashboard mensual con metricas de costo y avance
"Value Engineering" en el diseño	Reuniones semanales para reducción de costos	Monitoreo de los anticipos entregados a contratistas para identificar desviaciones
Control de desempeño	Captura de lecciones aprendidas	Comité legal mensual para revisar clausulas contractuales
Reuniones mensuales de control de avance	Administración de materiales en sitio	Entrenamientos sobre los contratos
Congelamiento y firma del alcance	Coordinación y firma de protocolos con el dueño	Planes de Productividad
Revisión de reclamos (claim)	Reuniones de revisión de reclamos (claim)	Consultoría especifica en reclamos "claim"
	Soporte externo para la administración de contratos	Estudio de Tiempo efectivo de trabajo
	Procedimiento de manejo de cambio	Uso de no conformidades
	Plan de monitoreo de Vendors	Comité de estimaciones
	Firma de alcance tempranamente	Control de desempeño
		Inspectores de monitoreo de despacho de equipos
		Procedimiento de manejo de cambio
		Certificados de materiales
		Reunion mensual de Pronósticos

Tabla 5: Levantamiento Controles Existentes

El resultado de este levantamiento es presentado posteriormente a un panel de expertos como base para el análisis de controles preventivos y mitigadores.

### 6.3 Panel de Expertos

El proceso de gestión de riesgos de BHP requiere que las personas con conocimiento funcional relevante y experiencia estén involucradas en el proceso de administración de riesgos.

Con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos de gestión de riesgos establecidos por BHP, se realiza una sesión de trabajo que considera la participación de 6 personas de las áreas de riesgos y costo de los proyectos de BHP en la actualidad.

La agenda de la sesión incluye:

- Introducción: Contexto y objetivos.
- Proceso de gestión de riesgos en BHP: Se presenta el proceso y se explican en específico los conceptos a utilizar durante la sesión.
- Análisis de Causas: Se determinan las causas.
- Análisis de Controles: Se determinan los controles.
- Conclusiones: Se revisa y valida el resultado obtenido.

A continuación, se presenta en detalle el proceso seguido para determinar las causas, controles preventivos y mitigadores asociados al riesgo bajo análisis.

#### Análisis de Causas

Se presenta y explica en detalle a los participantes el proceso de levantamiento de causas que la autora utiliza en base a los 3 proyectos bajo análisis utilizando el siguiente diagrama:

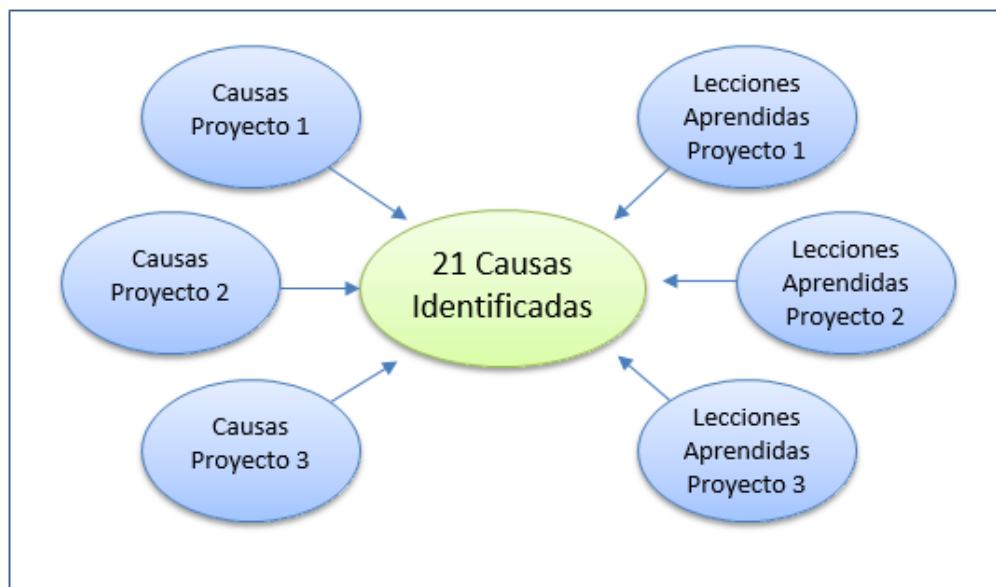


Figura 13: Diagrama levantamiento de causas (Elaboración propia)

Posteriormente se presentan las 21 causas resultantes del levantamiento realizado, se explica cada causa para un mejor entendimiento. Los participantes debaten respecto a las causas presentadas, incorporando en el debate la experiencia de cada uno de ellos en el desarrollo de proyectos y las problemáticas que tienen como resultado crecimientos en los costos.

A juicio de los participantes, algunas causas pueden ser agrupadas en causas más genéricas ya que se considera apuntan a una misma condición, realizándose el proceso de agrupación respectivo bajo el consenso de todos los participantes. Posteriormente se procede a realizar una descripción de cada causa para un mejor entendimiento.

Los resultados obtenidos de este análisis son presentados en la siguiente tabla:

#	Causa	Descripción
CA1	Desempeño del contratista menor al estimado	Corresponde a la estimación de rendimientos estimada para desarrollar el capex en comparación con los reales obtenidos producto de deficiencias en el rendimiento del contratista de ingeniería y/o construcción y/o comisionamiento
CA2	Precios reales mayores a los estimados	Corresponde a la estimación de precios utilizada para estimar el capex del proyecto en relación a los precios reales obtenidos (materiales, equipos de construcción, equipos, insumos, etc)
CA3	Cambio en las cantidades definidas	Corresponde a cambios en las cantidades definidas para desarrollar el capex en relación a las cantidades reales, esto principalmente por errores u omisiones por parte de ingeniería, evolución en el diseño, cambios en la caracterización y/o supuestos originales.
CA4	Reclamos por parte del contratista	Corresponde a aquellos reclamos que realiza el contratista ya que considera que el mandante no dispone de las condiciones contractuales definidas para poder realizar su trabajo, impactando su productividad. Se incluye además la deficiente gestión de administración de contratos por parte del mandante que resulta en reclamos (claims) por parte del contratista.
CA5	Retrasos o extensiones del proyecto	Considera todos los retrasos por causas externas (paralizaciones, eventos climáticos, entre otros)
CA6	Deficiente administración de Vendors	Falta de control y administración de vendors, información de ingeniería necesaria para evitar atrasos y coordinación de sus trabajos generando retrasos .
CA7	Costos del dueño mayor al estimado	Corresponde a la estimación del costo de administración por parte del dueño en comparación con los costos reales (incluye aumentos de precio y/o cantidad)
CA8	Cambios o redefinición de alcance	Cambios en el alcance original del proyecto por parte del mandante.
CA9	Retrasos de fabricación y/o despacho	Corresponde a los retrasos en la fabricación y/o despacho de equipos e insumos críticos para la construcción que impactan la ruta crítica
CA10	Descordinación con la operación en actividades claves (tie-ins)	Retrasos producto de descordinaciones con las áreas de operación para habilitar los espacios necesarios para las actividades críticas del proyecto.
CA11	Tiempo de movilización/desmovilización de personal mayor a la esperada	Retrasos en los plazos estimados que impactan el programa y generan sobre costos
CA12	Cambios en las condiciones laborales	Cambios en la legislación que impactan la estimación de personal considerado en la estimación original
CA13	Cambios regulatorios	Nuevos requerimientos regulatorios definidos posterior al congelamiento del alcance del proyecto, impactando su costo o plazo.
CA14	Retrabajos de construcción	Deficiente gestión de calidad que requiere realizar retrabajos para corregir condiciones que no cumplen con lo planeado.

Tabla 6: Causas Identificadas

Las causas obtenidas son incorporadas en el *bow tie* respectivo, se anexa al archivo la descripción de cada una de ellas para mejor entendimiento de los futuros usuarios.

### Análisis de Controles

Como segunda etapa de la sesión se muestra a los participantes el resultado del levantamiento de controles realizado, para lo que se utiliza el siguiente diagrama:

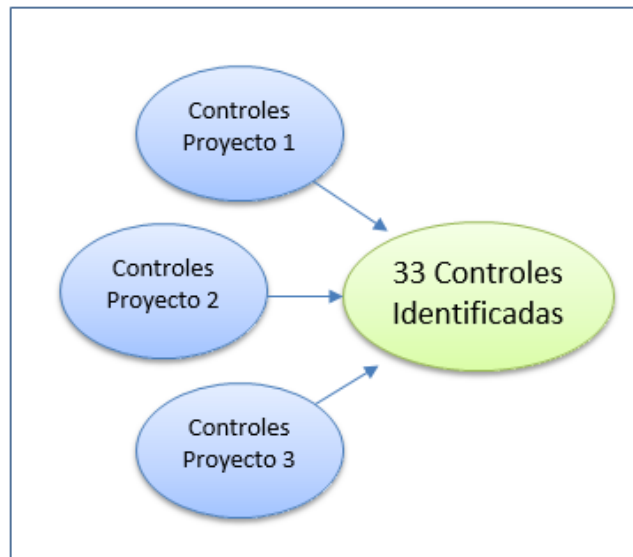


Figura 14: Diagrama levantamiento de controles (Elaboración propia)

Se presenta a los participantes el resumen de controles identificados en la gestión de cada proyecto, y su evolución numérica. Los participantes comentan y concluyen que existe una evolución, tanto numérica como en la calidad de los controles, lo cual, a juicio de los participantes, podría deberse a la incorporación de aprendizajes previos, mayor madurez de los equipos y estandarización de algunas prácticas dentro de la organización.

Posterior a la revisión de la información los participantes discuten sobre los controles que se utilizaron en los diferentes proyectos y que se considera han resultado efectivos en los últimos años, además se consideran aquellas actividades que actualmente realizan para prevenir y/o mitigar los sobre costos dentro de los proyectos.

Del análisis y discusión sostenida por los participantes se identifican 12 controles, que son descritos para mejor entendimiento de los futuros usuarios y que se pueden observar en la siguiente tabla:

#	Controles	Descripción
C1	Administración del Cambio - Vitácora de tendencia	Definir un proceso y registro de todas los cambios potenciales para su análisis y aprobación
C2	Reunión mensual de estimación a término (Interna)	Reunión que permita visualizar anticipadamente la estimación a término del proyecto y sus principales cambios, identificando potenciales aumentos y ahorros de costos
C3	Reuniones semanales de revisión de tendencia con contratista principal	Reunión que permita monitorear el desempeño del contratista anticipando crecimientos e identificando oportunidades de mejora
C4	Definir y fijar del alcance	Definir el alcance del proyecto de forma temprana, documentarlo y firmarlo con la operación.
C5	Plan de movilización y desmovilización	Definir un plan de movilización y desmovilización y monitorearlo periódicamente
C6	Entrenamiento de Administración de Contratos	Entrenar al equipo de BHP en la administración de contrato, con énfasis en el manejo de reclamos (claim), administración de multas, entre otras.
C7	Protocolo de entrega de áreas	Acordar con el operador las entregas de áreas necesarias anticipadamente, documentarlas y firmarlas entre las partes
C8	Comité de estimaciones y revisión de cantidades	Comité multidisciplinario que revise las estimaciones y su evolución para anticipar cambios, evaluar y definir planes de acción
C9	Taller de lecciones aprendidas	Realizar talleres para analizar lecciones aprendidas de otros proyectos e incorporarlas en las rutinas del proyecto
C10	Estudio de Tiempo efectivo de trabajo	Realizar un estudio de tiempo efectivo de trabajo en obra que permita identificar ineficiencias por parte de los trabajadores, para corregirlas y mejorar el rendimiento
C11	Inspectores de monitoreo de despacho de equipos	Designar a una persona en el lugar de fabricación de equipos críticos para monitoreo en sitio de avance y despacho en tiempo y plazo
C12	Comité legal	Definir un comité con apoyo del área legal y contractual para revisión de reclamos y cláusulas contractuales que permitan ejercer los derechos que emanan del contrato ante faltas al mismo

Tabla 7: Controles Identificados

Para concluir con el análisis, se procede a completar una matriz de control, causa e impacto con el objetivo de asegurar que todas las causas e impactos estén cubiertos por al menos un control y posteriormente definir qué controles son considerados críticos. Utilizando el juicio de los participantes se procede a revisar uno a uno los controles, marcando aquellos que permiten prevenir la ocurrencia de una de las causas identificadas y/o mitigar los impactos financieros que la materialización del riesgo tiene como consecuencia.

El resultado del análisis se resume en la siguiente figura:

Controles	Causas														Impacto I 6
	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6	CA7	CA8	CA9	CA10	CA11	CA12	CA13	CA14	
C1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C3	✓			✓	✓						✓			✓	✓
C4			✓		✓			✓							
C5											✓				
C6				✓		✓			✓		✓				✓
C7	✓			✓	✓					✓					
C8	✓	✓	✓				✓	✓				✓			
C9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C10	✓			✓	✓										✓
C11									✓						
C12	✓			✓		✓									✓

Figura 15: Matriz Análisis Control/Causa/Impacto

Se definen 3 controles críticos, ya que el análisis muestra que son controles que tienen la capacidad de prevenir la totalidad de las causas y además mitigar potenciales impactos, por otra parte, los participantes los consideran claves para una buena gestión de costos.

Para finalizar la sesión se revisa el resultado final alcanzado y se le explica a los participantes que el análisis de escenarios, determinación de impactos y probabilidad son excluidos de la presente tesis ya que deben ser analizados por cada proyecto considerando su naturaleza.

## 6.4 Resultados

Los resultados se obtienen a través del levantamiento de causas y controles, son posteriormente validados por un panel de expertos.

Las causas y controles identificados son incorporados en un *bow tie*, herramienta definida por BHP para estos propósitos, la descripción de causas y controles presentada en las tablas 6 y 7 son agregadas como anexo en la estandarización propuesta, para que los futuros usuarios tengan contexto e información suficiente para utilizar este análisis. El bow tie resultante se puede observar en la siguiente figura:

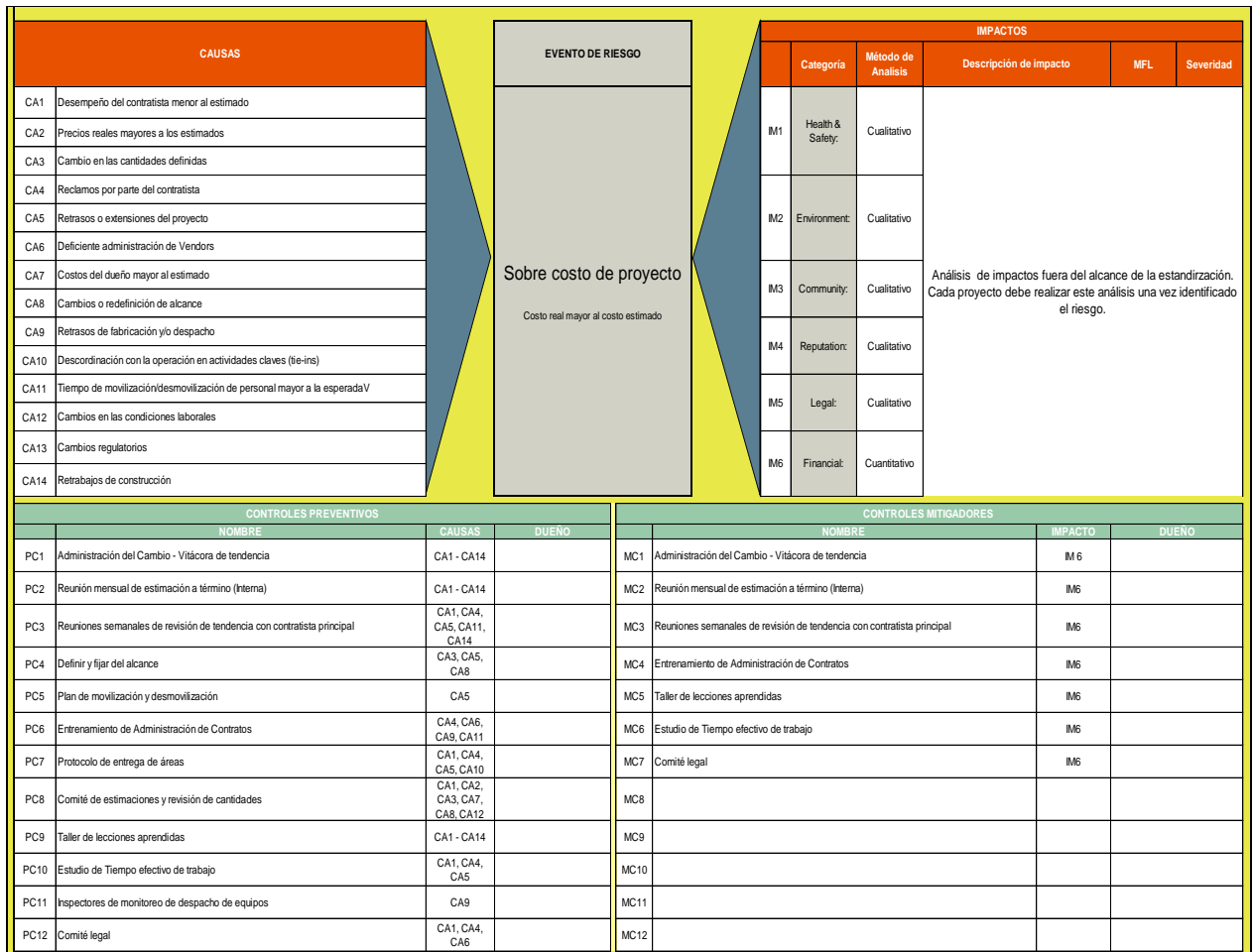


Figura 16: Bow tie estandarizado

Esos resultados son presentados al especialista de gestión de riesgos de proyecto y al gerente funcional a cargo de la sub función de costos dentro de la Vicepresidencia de Proyectos como una estandarización de diseño del análisis del riesgo de sobre costo para ser considerada en futuros análisis de este riesgo.



## **7. Conclusiones y recomendaciones**

### **7.1 Conclusiones**

A lo largo de la realización de este proceso de estandarización, la autora puede desprender algunas conclusiones.

Durante el levantamiento de causas y controles se analiza en detalle la gestión de riesgo que cada proyecto implementó observándose un análisis cada vez más completo de un proyecto a otro, respecto a sus causas identificadas como a los controles implementados, con lo que se puede inferir un mejor entendimiento y utilización de la gestión de riesgos para la administración de contratos, lo cual es respaldado por la evolución que estos proyectos presentan respecto a la desviación de costos resultante, la cual disminuye proyecto a proyecto.

Seguido del levantamiento se realiza una sesión, durante esta actividad se observa y confirma el entendimiento que quienes participan a diario en la administración de proyectos tienen respecto a la gestión de riesgos, considerando de gran utilidad las herramientas que se utilizan ya que entregan una forma clara y precisa de identificar y tomar acción.

Respecto al proceso de riesgo, si bien existe un claro entendimiento de los conceptos referente a causas e impactos, los participantes mostraron dificultad en poder visualizar que las actividades que realizan dentro de la administración de proyectos son controles que buscan prevenir y/o mitigar el riesgo que se está analizando, siendo importante reforzar estos conceptos de manera regular.

El desarrollo de este proceso y todas sus etapas permite entregar un análisis estandarizado y simplificado del riesgo de sobre costo que puede ser utilizado por los distintos proyectos de la Vicepresidencia de Proyectos de BHP.

La identificación de un amplio espectro de causas simplifica el proceso de análisis del riesgo dentro de la organización, reduciendo el tiempo dedicado al *brainstorming*, el profundo análisis realizado permite que los equipos enfoquen sus esfuerzos en determinar causas particulares del proyecto bajo análisis.

La definición de un set de controles mínimos a ser aplicados permite asegurar una uniformidad en la gestión de proyectos, específicamente de costos, a lo largo de la organización, los cuales, a su vez pueden ser implementados como procedimientos dentro del área de costos.

La adopción de esta metodología e implementación de los controles sugeridos requiere de la creación e implementación de procedimientos dentro del área. Esta implementación se puede realizar con los recursos existentes dentro del área de Control de Proyectos de la Vicepresidencia, con lo cual no existen costos adicionales necesarios.

Los potenciales beneficios producto de la implementación de los controles indicados se estiman, a juicio de la autora, en torno a un 10% del costo de un proyecto.

## **7.2 Recomendaciones**

Los desafíos que los futuros proyectos dentro de la Vicepresidencia presentan están estrechamente relacionados con la optimización de costos y la predictibilidad de los mismos.

El trabajo de estandarización propuesto entrega claridad sobre los cursos de acción que todo proyecto debe considerar durante su desarrollo y ejecución, sin embargo, se limitan a identificar los mismos.

Se recomienda que cada proyecto tome como base de su análisis esta propuesta y que enfoque sus esfuerzos a definir de manera clara como cada control debe operar para que sea efectivo y por consecuencia logre prevenir la ocurrencia de desviaciones y/o mitigar sus potenciales impactos.

Se recomienda que los controles identificados sean evaluados por las áreas de control de costos para ser incorporados como procedimientos mandatorios, y así asegurar su implementación.

## 8. Bibliografía

- International Organization for standardization (ISO). Risk management: Principles and guidelines (ISO 31000:2009). <http://www.iso.org>
- Independent Project Analysis, Inc. 2017. <http://www.ipaglobal.com/>
- Project Management Institute, Inc. 2018. <http://americalatina.pmi.org>
- Buchtik, L. 2012. La Gestión de Riesgos en Proyectos. Buchtik Global
- Cooper, D., Grey, S., Raymond, G., Walker P. 2005. Project Risk Management Guidelines. Broadleaf Capital International.
- Comisión Chilena del Cobre (Cochilco). (2017). Inversión en la minería chilena: Cartera de proyectos 2017 - 2026.
- BHP. 2018. Sitio web [www.bhp.com](http://www.bhp.com)
- BHP. 2017. Entrenamiento de Riesgos.
- BHP. 2016. Risk Management Our Requirements.

## 9. Anexos

### Anexo A: Procedimiento de Riesgos BHP



Previously GLD | 017  
(printed copies are uncontrolled)  
Version 6.0 (7 March 2016)

# Risk Management Our Requirements

## Why is this important?

The identification and management of all risks are central to achieving our purpose, strategy and business plans. By understanding and managing risk in a consistent way, we provide greater certainty and confidence to our employees, the communities in which we operate and our shareholders, customers and suppliers.

We tolerate and effectively manage risk to deliver our strategy and business plans as set out in our [risk appetite statement](#).

To achieve consistency, one risk process is required for all risks, with specific requirements for the assessment, control, monitoring and reporting of material risks.

In addition to *Our Requirements for Risk Management*, other GLDs set minimum controls for managing specific risks (e.g. Safety, Aviation, Environment, Major Capital Projects). Businesses, Group Functions and Marketing also set their own requirements to effectively manage their risks.

## Who does this apply to?

- Anyone involved in assessing, controlling, monitoring or reporting risks or using this information to make decisions.
- Risk and Control Owners managing material risks.

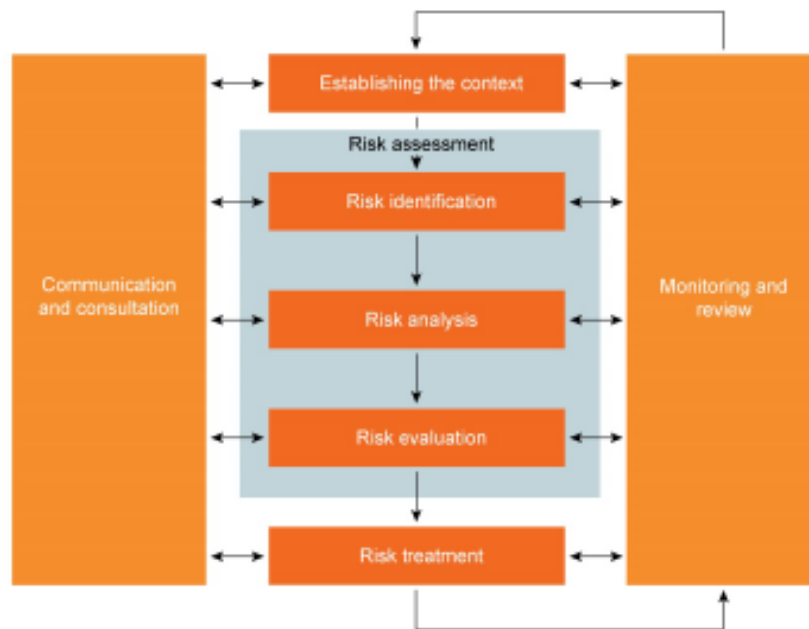
See [Our Requirements for Organisation Design](#) for functional accountabilities.

## What approvals are required?

- [Material risk profile and continued tolerance of material risks](#)

## Risk management process

- Implement a process for risk management that includes the elements in the diagram below and set minimum requirements for each element.



 ISO 31000 Risk management – principles and guidelines is a useful reference when managing risk.

## Communication and consultation

- Make sure people with relevant subject matter and/or functional knowledge and experience are involved through the risk management process.
- Maintain data for [material risks](#) in [ISAP Governance Risk and Compliance \(GRC\)](#) and data for other risks in a risk register.

## Establishing the context

Before doing a risk assessment:

- Identify the scope and objectives of the risk assessment including consideration of:
  - internal factors (e.g. business strategy, business or functional plans, project terms of reference);
  - external factors (e.g. emerging issues, legal requirements).

## Risk assessment

### When identifying risks:

- Identify risks against the scope and objectives of the risk assessment.

### When analysing risks:

- For each identified risk:
  - Use [Appendix 1](#) to assess the [maximum foreseeable loss](#) (MFL) and determine which impact type has the highest [residual risk rating](#) (RRR).
  - Determine causes, existing preventative [controls](#), impacts and existing mitigating [controls](#).
  - Classify the risk as material by using the criteria: [MFL](#) is  $\geq$  level 5 impact or [RRR](#) is  $\geq 90$ .
- For each [material risk](#):
  - Use [Appendix 1](#) to assess the [MFL](#) for all impact types in the severity table.
  - Record the outcomes of the risk analysis in a 'bow tie'.
  - Identify [critical controls](#), each [critical control](#) must include:
    - a title;
    - an objective, which is a description of the intent to address causes or impacts of the [material risk](#);
    - a performance standard that sets out:
      - design criteria which must be met for the [critical control](#) to meet its objective;
      - operating activities which when implemented will show that the [critical control](#) meets the design criteria;
      - verification activities that check the [critical control](#) is implemented and operates as designed.
        - a manual test plan which describes the steps or tests to check that the [critical control](#) is in place and effective.
  - Follow [Appendix 2](#) to do a [critical control](#) assessment and material risk control assessment (MRCA).

### When evaluating risks:

- For each [material risk](#), review the [RRR](#) and the results of the MRCA ([Appendix 2](#)) to determine if the [material risk](#) is tolerable by using the criteria: [RRR](#)  $\leq 90$  and MRCA is 'well controlled'.

## Risk treatment

- For each [material risk](#), implement and operate [critical controls](#) as designed.
- If a [material risk](#) is not tolerable ([RRR](#) is  $\geq 90$  and MRCA is not 'well controlled'), implement a remediation plan (e.g. improving an existing [control](#) or creating a new [control](#)) to reduce the residual risk or improve the [controls](#).

## Monitoring and review

- For each [material risk](#), verify the effectiveness of [critical controls](#) using the performance standard.
- Review the [material risk](#) profile for completeness and continued tolerance of [material risks](#) and on a biannual basis [get approval](#).

# Anexo B: Análisis de riesgos

## Proyecto OLAP

Risk Owner		COPPER BOW-TIE				Create Date				
Risk Owner User ID						Date of Update				
Risk ID						MRCA Rating				
Mantenimiento preventivo						Risk Category				
						Risk Sub Category				
CAUSES		RISK EVENT		IMPACTS						
CA1	External issues (weather, strike)	OLAP COST OVERRUN		IM1	Health & Safety:	Qualitative				
CA2	Lower productivity than estimated			IM2	Environment:	Qualitative				
CA3	Estimation mistakes			IM3	Community:	Qualitative				
CA4	Scope definition not clear			IM4	Reputation:	Qualitative				
CA5	Delays in fabrication			IM5	Legal:	Qualitative				
CA6	Delays in transportation			IM6	Financial:	Quantitative				
CA7	Lack of coordination (tie-ins)									
CA8	Defficient contract management									
CA9	Defficient Cost control									
CA10										
CA11										
CA12										
CA13										
CA14										
CA15										
CA16										
		<b>BUSINESS OBJECTIVE IMPACTED BY RISK</b>								
		5 Year Plan								
EXISTING PREVENTIVE CONTROLS				EXISTING MITIGATING CONTROLS						
SHORT NAME		CAUSES	OWNER	SHORT NAME		IMPACTS	OWNER			
PC1	Mobilization Control	CA1, CA2, CA3		MC1	Monthly Meeting	IM6				
PC2	Construction sequency optimization	CA1, CA2, CA3, CA4,		MC2	Claim review	IM6				
PC3	Value Engineering	CA3		MC3						
PC4	Performance Control	CA1, CA2, CA8, CA9		MC4						
PC5	Scope (Freeze and Signoff)	CA4		MC5						
PC6	Monthly Meeting	CA1/CA9								
RESIDUAL SEVERITY FACTOR				RESIDUAL SEVERITY		MFL SEVERITY		RESIDUAL	LIKELIHOOD FACTOR	RRR
H&S	Environment	Community	Reputation	Legal	Financial	US\$	Non Financial	US\$ M	Non Financial	
0	0	0	0	0	0	0	Leg -2	0	Leg -4	0

Proyecto OGP1

RISK OWNER			COPPER BOW-TIE			Create Date		
Risk Owner User ID						Date of Update		
Risk ID	N/A					MRCA Rating	Not Assessed	
Mantenimiento preventivo	1, 2, 3, 4, 5					Risk Category		
						Risk Sub Category		

CAUSES		RISK EVENT	IMPACTS				
CA	Description		Category	Analysis Method	Impact Description	MFL Severity or Sus M	Residual Severity or Sus M
CA1	Changes in MTO	OGP1 Cost overrun	IM1	Health & Safety: Qualitative			
CA2	Delays in principal equipments		IM2	Environment: Qualitative			
CA3	Lower comissioning productivity than estimated		IM3	Community: Qualitative			
CA4	Claims		IM4	Reputation: Qualitative			
CA5	Higher FMR		IM5	Legal: Qualitative			
CA6	Lack of coordination		IM6	Financial: Quantitative			
CA7	Quality issues/defective services - Re work						
CA8	Catering higher than estimated						
CA9	Lower pre-commissioning productivity						
CA10	Desmovilization higher than estimated						
CA11	Punch list closure time longer than estimated						
CA12							
CA13							
CA14							
CA15							
CA16							

EXISTING PREVENTIVE CONTROLS			EXISTING MITIGATING CONTROLS				
PC	SHORT NAME	CAUSES	OWNER	MC	SHORT NAME	IMPACTS	OWNER
PC1	EAC Monthly meeting	C1 to C11		MC1	External support for Contractor management	IM6	
PC2	Desmovilization plan	C10		MC2	Change management process	IM6	
PC3	weekly meeting - savings	C1 to C11		MC3	Claim meetings	IM6	
PC4	Lesson Learned	C1 to C11		MC4			
PC5	Material Administration	CA1, CA3, CA5 CA9		MC5			
PC6	Agreements with the Operator	CA6		MC6			
PC7	Scope Sign off	CA1,		MC7			
PC8	Vendor monitoring	CA9		MC8			

RESIDUAL SEVERITY FACTOR					RESIDUAL SEVERITY		MFL SEVERITY		RESIDUAL	LIKELIHOOD FACTOR	RRR
Env	Health	Community	Reputation	Legal	Env	Non-Financial	Env	Non-Financial	10	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1			
					Leg 2		Leg 4				



# Proyecto EWS

Risk Owner		COPPER BOW-TIE		Create Date				
Risk Owner User ID				Date of Update				
Risk ID				MRCA Rating				
Mantenimiento prevent				Risk Category				
				Risk Sub Category				
CAUSES			RISK EVENT  EWS Project Cost overrun  BUSINESS OBJECTIVE IMPACTED BY RISK 5 Year Plan	IMPACTS				
CA1	Geotechnical condition worst than estimated (rock)			CATEGORY	ANALYSIS METHOD	IMPACT DESCRIPTION	MFL SEVERITY OR SUS M	RESIDUAL SEVERITY OR SUS M
CA2	Contractor insolvency			IM1	Health & Safety:	Qualitative		
CA3	Delays in fabrication for main equipments			IM2	Environment:	Qualitative		
CA4	Lower quality in construction			IM3	Community:	Qualitative		
CA5	Delays in permits			IM4	Reputation:	Qualitative		
CA6	Lack of coordination			IM5	Legal:	Qualitative		
CA7	Defficient Contractor Management			IM6	Financial:	Quantitative		
CA8	Scope Changes							
CA9	Lack of information							
CA10	Delays in transportation							
CA11	Labour condition changes							
CA12	Lower productivity							
CA13								
CA14								
CA15								
CA16								
EXISTING PREVENTIVE CONTROLS				EXISTING MITIGATING CONTROLS				
SHORT NAME	CAUSES	OWNER	SHORT NAME	IMPACTS	OWNER			
PC1	Weekly meeting	CA2 TO CA12	MC1	Legal committee	IM6			
PC2	Monthly Dashboard	CA2 TO CA12	MC2	Contractor Manageemnt Training	IM6			
PC3	Payment monitoring	CA2	MC3	External Claim consultant	IM6			
PC4	Legal committee	CA2, CA4, CA7	MC4	No conformity process	IM6			
PC5	Contractor Manageemnt Training	CA2, CA3, CA4, CA7,	MC5					
PC6	Productivity Plans	CA12	MC6					
PC7	Time on tools	CA12	MC7					
PC8	Estimating Committee	CA9	MC8					
PC9	Perforance control	CA12	MC9					
PC10	Change management process	CA1 TO CA12	MC10					
PC11	Material certification and supply monitoring	CA3	MC11					
PC12	Monthly Meetings	CA1 TO CA12	MC12					
RESIDUAL SEVERITY FACTOR			RESIDUAL SEVERITY	MFL SEVERITY	RESIDUAL	LIKELIHOOD FACTOR	RRR	

## Anexo C: Análisis de riesgo estandarizado

CAUSAS		EVENTO DE RIESGO	IMPACTOS				
			Categoría	Método de Análisis	Descripción de impacto	MFL	Severidad
CA1	Desempeño del contratista menor al estimado	<b>Sobre costo de proyecto</b> Costo real mayor al costo estimado	IM1	Health & Safety:	Cualitativo	Análisis de impactos fuera del alcance de la estandarización. Cada proyecto debe realizar este análisis una vez identificado el riesgo.	
CA2	Precios reales mayores a los estimados						
CA3	Cambio en las cantidades definidas		IM2	Environment:	Cualitativo		
CA4	Reclamos por parte del contratista						
CA5	Retrasos o extensiones del proyecto		IM3	Community:	Cualitativo		
CA6	Deficiente administración de Vendors						
CA7	Costos del dueño mayor al estimado		IM4	Reputation:	Cualitativo		
CA8	Cambios o redefinición de alcance						
CA9	Retrasos de fabricación y/o despacho		IM5	Legal:	Cualitativo		
CA10	Descordinación con la operación en actividades claves (tie-ins)						
CA11	Tiempo de movilización/desmovilización de personal mayor a la esperadaV		IM6	Financial:	Cuantitativo		
CA12	Cambios en las condiciones laborales						
CA13	Cambios regulatorios						
CA14	Retrabajos de construcción						

CONTROLES PREVENTIVOS			CONTROLES MITIGADORES			
	NOMBRE	CAUSAS		NOMBRE	IMPACTO	DUÑO
PC1	Administración del Cambio - Vitácora de tendencia	CA1 - CA14	MC1	Administración del Cambio - Vitácora de tendencia	IM 6	
PC2	Reunión mensual de estimación a término (Interna)	CA1 - CA14	MC2	Reunión mensual de estimación a término (Interna)	IM6	
PC3	Reuniones semanales de revisión de tendencia con contratista principal	CA1, CA4, CA5, CA11, CA14	MC3	Reuniones semanales de revisión de tendencia con contratista principal	IM6	
PC4	Definir y fijar del alcance	CA3, CA5, CA8	MC4	Entrenamiento de Administración de Contratos	IM6	
PC5	Plan de movilización y desmovilización	CA5	MC5	Taller de lecciones aprendidas	IM6	
PC6	Entrenamiento de Administración de Contratos	CA4, CA6, CA9, CA11	MC6	Estudio de Tiempo efectivo de trabajo	IM6	
PC7	Protocolo de entrega de áreas	CA1, CA4, CA5, CA10	MC7	Comité legal	IM6	
PC8	Comité de estimaciones y revisión de cantidades	CA1, CA2, CA3, CA7, CA8, CA12	MC8			
PC9	Taller de lecciones aprendidas	CA1 - CA14	MC9			
PC10	Estudio de Tiempo efectivo de trabajo	CA1, CA4, CA5	MC10			
PC11	Inspectores de monitoreo de despacho de equipos	CA9	MC11			
PC12	Comité legal	CA1, CA4, CA6	MC12			