



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

**ANÁLISIS DE ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE
PROYECTOS EPCM PARA LA MINERÍA. RECOMENDACIONES.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

SEBASTIÁN RAMÓN ARANCIBIA FISCHER

PROFESOR GUÍA:
WILLIAM WRAGG LARCO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
CARLOS AGUILERA GUTIÉRREZ
ÁLVARO GAETE BASCOUR

SANTIAGO DE CHILE
OCTUBRE 2012

RESUMEN DE MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
POR: SEBASTIÁN ARANCIBIA FISCHER
PROF. GUÍA: WILLIAM WRAGG LARCO
FECHA: 15 DE OCTUBRE DE 2012

ANÁLISIS DE ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS EPCM PARA LA MINERÍA. RECOMENDACIONES.

Este trabajo realiza un análisis de los índices de accidentabilidad presentados por contratistas de construcción, durante la ejecución de proyectos EPCM para la minería, a lo largo de un periodo de estudio de cinco años.

Para contextualizar este análisis, se describe primero el proceso conducido por el contratista general a lo largo de un proyecto de este tipo y la influencia que tiene sobre el desempeño en seguridad durante su construcción. Así mismo, se presentan normativas aplicables, tanto nacional como internacionalmente, para definir los índices de accidentabilidad a utilizar en el estudio y sus relaciones.

El análisis de los índices de accidentabilidad se realiza a través de la búsqueda de relaciones de dependencia con algunas características propias de los proyectos estudiados. Estas características incluyen ubicación geográfica, tanto por región como por país, el tipo de obras, la magnitud del proyecto en base a la cantidad de horas hombre empleadas y la condición de uso del terreno.

Los resultados indican que el desempeño en seguridad durante la construcción de proyectos EPCM depende mayoritariamente de la ubicación geográfica de éstos. Esto, debido a las importantes diferencias observadas entre las cifras alcanzadas en distintas regiones y países, mostrando un desempeño bastante deficiente en lugares con alto desarrollo económico, en contraste al buen resultado en naciones en vías de desarrollo.

Las cifras también evidencian que los índices disminuyen durante períodos de menor actividad económica y mayor desempleo, por el contrario la gran demanda de trabajadores es una de las causas más probables de los bajos desempeños en períodos de abundancia de proyectos.

Finalmente se incluyen algunas recomendaciones, para mejorar el desempeño general en materia de seguridad y su diagnóstico, a través del diseño enfocado a la seguridad en construcción y en operación, la utilización de índices de desempeño positivo y otras.

*A mis padres Veronika y Alfonso, mi abuela Elsa,
mis hermanos Felipe, Cristóbal, Martín y Gabriel,
mis amigos y María Paz, muchas gracias.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Proyectos industriales para la minería	1
1.2. Seguridad en proyectos industriales mineros.....	3
1.3. Objetivos del trabajo de título.....	4
1.4. Metodología de trabajo.....	5
CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE PROYECTOS EPCM PARA LA MINERÍA.....	7
2.1. Definiciones y actores principales durante el desarrollo de proyectos EPCM para la minería	7
2.2. Características de un desarrollo de proyecto EPCM.....	9
2.3. Fases y procesos de un proyecto EPCM	11
2.3.1. Gestión y Control de Proyecto.....	12
2.3.2. Fase de Ingeniería de Detalle.....	15
2.3.3. Fase de Adquisiciones y Contratos	18
2.3.4. Fase de Construcción.....	20
2.4. Gestión de seguridad y salud en trabajo con proveedores y contratistas	24
CAPÍTULO 3. ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD.....	27
3.1. Definiciones.....	27
3.2. Marco legal.....	29

3.3.	Índices de accidentabilidad basados en la ley chilena	31
3.4.	Índices de accidentabilidad basados en la normativa OSHA	33
3.5.	Índices de accidentabilidad utilizados y rangos de evaluación comparativa	35
3.6.	Tabla comparativa de índices de accidentabilidad.....	36
CAPÍTULO 4. ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS EPCM PARA LA MINERÍA.....		38
4.1.	Obtención de información y datos a utilizar.....	38
4.2.	Definición de grupos y clasificaciones de proyectos y datos utilizados	39
4.3.	Resumen de información recopilada para los proyectos estudiados	42
4.4.	Análisis estadístico de clasificaciones propuestas para proyectos	46
4.5.	Índices de accidentabilidad obtenidos.....	48
4.6.	Clasificación de datos de accidentes y valores obtenidos.....	52
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROYECCIONES.....		55
5.1.	Análisis de índices de accidentabilidad obtenidos	55
5.2.	Análisis de datos de accidentes ocurridos	65
5.3.	Otros Índices de accidentabilidad	67
5.4.	Proyecciones.....	68
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....		73
6.1.	Conclusiones.....	73

6.2. Comentarios.....	79
CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES GENERALES	82
7.1. Prevención a través del diseño	82
7.2. Uso de indicadores de desempeño positivo.....	83
7.3. Recomendaciones adicionales.....	85
GLOSARIO	86
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXO A – ANÁLISIS DE VARIANZA	90
ANEXO B – REGRESIONES LINEALES	93
ANEXO C – COMPARATIVA DE GRÁFICOS PARA LOS ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD REGIONALES OBTENIDOS	95
ANEXO D – COMPARATIVA DE GRÁFICOS PARA LOS ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD OBTENIDOS EN LOS PAÍSES ACS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Rangos de evaluación comparativa para índices de accidentabilidad a ser utilizados	36
Tabla 2 – Tabla de conversión de índices de accidentabilidad entre convenciones estudiadas.....	37
Tabla 3 – Resumen de datos recopilados para los proyectos seleccionados	43
Tabla 4 - Resumen de información de HH y accidentes por región	44

Tabla 5 – Resumen de información de HH y accidentes por países grupo ACS	44
Tabla 6 - Resumen de información de HH y accidentes por condición de uso de terreno (G/B).....	45
Tabla 7 - Resumen de información de HH y accidentes por tipo de proyecto desarrollado.....	45
Tabla 8 - Resumen de información de HH y accidentes por rango de HH trabajadas. ..	45
Tabla 9 – Resultados de análisis de varianza para las variables indicadas	47
Tabla 10 – Resultados de regresión lineal para las variables indicadas	48
Tabla 11 – Resultados globales de índices de accidentabilidad, sobre 200.000 HH, obtenidos para 5 años.....	49
Tabla 12 - Resultados por región geográfica de índices de accidentabilidad, obtenidos para 5 años	50
Tabla 13 - Resultados para países del grupo ACS de índices de accidentabilidad, obtenidos para 5 años.....	51
Tabla 14 – Accidentes laborales durante el período 2007 a 2011.....	53
Tabla 15 – Tasa de migración neta para el año 2011, por país.	72
Tabla 16 – Análisis de Varianza: LTIFR por Región.....	90
Tabla 17 – Análisis de Varianza: LTIFR por GoB.....	90
Tabla 18 – Análisis de Varianza: LTIFR por Intervalo de HH.....	90
Tabla 19 – Análisis de Varianza: LTIFR por País.....	90
Tabla 20 – Análisis de Varianza: LTIFR por Tipo de Proyecto.....	90
Tabla 21 – Análisis de Varianza: TWIFR por Región	91

Tabla 22 – Análisis de Varianza: TWIFR por GoB	91
Tabla 23 – Análisis de Varianza: TWIFR por Intervalo de HH.....	91
Tabla 24 – Análisis de Varianza: TWIFR por País	91
Tabla 25 – Análisis de Varianza: TWIFR por Tipo de Proyecto.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Inversión total en minería en Chile hasta 2011 y proyección al año 2018. Comisión Chilena del Cobre, 2012.....	2
Figura 2 - Jerarquía organizacional de un proyecto EPCM.....	11
Figura 3 - Jerarquía organizacional de un proyecto EPC.....	11
Figura 4 – Total de datos de accidentes recopilados para el estudio, distribución en tipos.....	43
Figura 5 – Gráfico de distribución temporal por semestres de HH de empresas contratistas.....	43
Figura 6 – Gráfico de distribución semestral y de total de LTIFR (200.000 HH) globales	49
Figura 7 – Gráfico de distribución semestral y de total de TWIFR (200.000 HH) globales	49
Figura 8 - Resultados de TWIFR para 5 años, por región geográfica y total global	50
Figura 9 - Distribución semestral de TWIFR, según región geográfica y global	51
Figura 10 - Resultados de TWIFR para 5 años, para grupo ACS y total global	52

Figura 11 - Distribución semestral de TWIFR, para grupo ACS y global.....	52
Figura 12 – Precios históricos de Aluminio, Cobre y Níquel 2007 a 2011. Banco Mundial, 2012.....	55
Figura 13 – Distribución temporal de valores de LTIFR y TWIFR globales.....	57
Figura 14 – Dispersión de valores de LTIFR vs. TWIFR globales.....	57
Figura 15 – Distribución de LTIFR y HH globales, por semestre durante el periodo de estudio.....	58
Figura 16 - Distribución de TWIFR y HH globales, por semestre durante el periodo de estudio.....	58
Figura 17 - Distribución de TWIFR y HH regional de Australia y Asia, por semestre.	60
Figura 18 - Distribución de TWIFR y HH regional de África, por semestre.	60
Figura 19 - Distribución de TWIFR y HH regional de Latinoamérica, por semestre.	61
Figura 20 - Distribución de TWIFR y HH regional de Norteamérica, por semestre.	61
Figura 21 - Distribución de TWIFR y HH para países ACS, por semestre durante el periodo de estudio.....	63
Figura 22 - Distribución de TWIFR y HH de Australia, por semestre durante el periodo de estudio.....	63
Figura 23 - Distribución de TWIFR y HH de Canadá, por semestre durante el periodo de estudio.....	64
Figura 24 - Distribución de TWIFR y HH de Sudáfrica, por semestre durante el periodo de estudio.....	64
Figura 25 – Índices de accidentabilidad 2011 en Chile para las actividades más riesgosas. SUSESO, 2012.	68

Figura 26 - PIB per cápita y tasa de desempleo 2007-2011 en Australia. Fondo Monetario Internacional, 2012.....	69
Figura 27 – PIB per Cápita y tasa de desempleo 2007-2011 en Canadá. Fondo Monetario Internacional, 2012.....	69
Figura 28 – PIB per Cápita y tasa de desempleo 2007-2011 en Sudáfrica. Fondo Monetario Internacional, 2012.....	70
Figura 29 - PIB per Cápita y tasa de desempleo 2007-2011 en Chile. Fondo Monetario Internacional, 2012.....	71
Figura 30 – Regresión lineal LTIFR vs. HH ejecutadas, por proyecto.....	93
Figura 31 – Regresión lineal TWIFR vs. HH ejecutadas, por proyecto	93
Figura 32 – Regresión lineal LTIFR vs. TWIFR, por proyecto	94

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Proyectos industriales para la minería

A escala mundial, la industria de la minería y la metalurgia es una de las actividades económicas más antiguas y relevantes, debido a que ha sido fundamental para el desarrollo mundial a lo largo de toda la historia. Es de estas operaciones que se obtiene una gran variedad de minerales y metales, que tienen innumerables aplicaciones en todos los procesos productivos existentes y en la gran mayoría de los productos comercializados globalmente.

Los proyectos mineros más importantes del mundo son construidos y operados por grandes corporaciones, en su mayoría estatales o multinacionales privadas, que exploran e invierten importantes sumas en yacimientos de minerales en todos los continentes para satisfacer prácticamente toda la demanda mundial. Estas características de las empresas mandantes se dan debido a las importantes inversiones necesarias para materializar la infraestructura y las instalaciones de una magnitud tal, que les permitan ser rentables. Además, a ello se agregan todos los riesgos asociados a la exploración, estudio, construcción y explotación, y a los precios que alcanzan sus productos en los mercados, donde se transan internacionalmente.

Debido a las grandes escalas de los proyectos y de sus riesgos asociados, la actividad requiere de importantes cantidades de recursos, directos e indirectos, para desarrollar nuevas instalaciones o potenciar y mantener los existentes. Así se generan continuamente cantidades considerables de trabajo para muchas empresas y sectores especializados en la minería, ligados principalmente a las áreas de la ingeniería, la construcción, las maquinarias industriales, las ciencias y tecnología, y servicios administrativos, comerciales, financieros, legales y educacionales, entre muchos otros.

En Chile esta industria es también una de las más relevantes, fundamentalmente debido a las importantes reservas de cobre y otros minerales que posee el país, lo que históricamente ha permitido desarrollar la minería a lo largo de casi todo el territorio nacional y lo ha convertido en uno de los actores más destacados del mercado mundial.

Durante el año 2011 las exportaciones de productos derivados de la minería representaron un 62.2% de las exportaciones totales de Chile y esta industria generó el 15,2% del total del PIB del país, según cifras entregadas por el Banco Central. En ese mismo año, la inversión en proyectos para la minería alcanzó los 8.111 millones de dólares y se proyectan otros 72.000 millones de dólares más de inversión en el sector

entre los años 2012 y 2018, de acuerdo a cifras publicadas por la Comisión Chilena del Cobre (Figura 1).



Figura 1 – Inversión total en minería en Chile hasta 2011 y proyección al año 2018. Comisión Chilena del Cobre, 2012.

Este crecimiento se relaciona directamente con la gran envergadura de los proyectos mineros que se desarrollan continuamente en Chile, los que a su vez se sustentan en los precios de los minerales, principalmente el cobre, y en la capacidad de aumentar la productividad y disminuir los costos de la inversión. Esto se logra a través de la construcción de nuevas instalaciones e infraestructura, el reacondicionamiento de las existentes o una combinación de ambos, de manera rápida y eficiente.

El enorme atractivo comercial que estos proyectos mineros presentan y la constante necesidad de mejorar y optimizar todos los aspectos relacionados a ellos, de manera de no perder competitividad y disminuir los montos de inversión, generan una búsqueda continua de soluciones y mejoras.

Proyectos EPCM para la minería

Parte importante de estos emprendimientos mineros se materializan a través de un conocido formato de desarrollo de proyectos denominado EPCM (Engineering – Procurement – Construction Management). En esta modalidad el dueño o cliente contrata los servicios de una empresa consultora para que administre el proyecto, desarrolle la ingeniería de detalle (E) y realice las adquisiciones necesarias para concretarlo (P). En tanto, durante la etapa de construcción de instalaciones productivas

e infraestructura, son empresas contratistas y otras proveedoras de servicios, las que procederán con el montaje, instalación y construcción, dejando a la empresa consultora EPCM, o contratista general, realizando las labores de gestión y supervisión de la construcción y administración de estos contratos durante la faena (CM), incluyendo la gestión de seguridad ocupacional de todos los contratistas, en representación de los intereses del cliente.

Dentro de este formato de desarrollo de proyectos, es responsabilidad tanto de la consultora EPCM, como del cliente generar y promover un ambiente de trabajo que se centre en la seguridad, tanto en las etapas de diseño, como en la construcción, mientras se cumplen todas las normativas de diseño y los estándares de calidad establecidos. Por esta razón, una de las mayores preocupaciones del contratista general durante este tipo de desarrollos es la disminución de los índices de accidentabilidad presentados por los contratistas encargados de la ejecución de obras.

1.2. Seguridad en proyectos industriales mineros

Dentro de esta necesidad por mejorar el desarrollo de los proyectos y hacerlos más eficientes en su ejecución, se destaca indudablemente la seguridad laboral durante su construcción, debido a que es un campo en el que aún se tiene un gran potencial para lograr avances beneficiosos. Esto, dado lo inaceptable que resultan los accidentes severos o las fatalidades en cualquier tipo de trabajo, los altos costos asociados a los accidentes laborales, directos e indirectos, y la siempre creciente necesidad de mano de obra en la actividad. Esta necesidad se suple en muchos casos con personal falto de experiencia, a lo que se suma la rotación de personal entre proyectos, por lo atractiva que resulta la actividad y la ejecución de varias obras simultáneas que se suele dar.

Un estudio de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) indica que en Chile, solamente el 15% de los costos totales asociados a un accidente laboral provienen de fuentes directas, razón por la cual es usual que se subestime el valor de la prevención en materia de seguridad. Estos costos directos tienen relación con los gastos legales involucrados, tales como prestaciones médicas y económicas que se otorgan a los accidentados. En cambio, los costos indirectos involucran cantidades que pueden ser muy variables y subjetivas, como los daños materiales, las pérdidas de tiempo de producción o trabajo, reemplazos de las personas accidentadas y reducción en la productividad, entre otros.

Este es un escenario que ya se ha observado en otros países y regiones con una industria minera importante y una alta escasez de trabajadores, donde ya se han

identificado varios problemas y necesidades a solucionar en relación a los accidentes de trabajo durante la construcción. Algunas de estas lecciones aprendidas son llevadas a otros lugares por la experiencia de clientes y empresas consultoras involucradas en los proyectos y aplicadas en otros medios, generando estándares de la industria y fomentando regulaciones legales locales.

Las medidas generales de salud y seguridad en los proyectos industriales mineros, tanto durante su construcción como durante la operación de sus instalaciones, están establecidas a nivel mundial por los Convenios C167 y C176 y por las Recomendaciones R175 y R183 de la Organización Internacional del Trabajo. Estos estándares sientan la base para las legislaciones de cada país en materias de seguridad y salud en la construcción y el trabajo en minería, estableciendo criterios mínimos que pueden ser aumentados y especificados, de acuerdo a las necesidades de cada lugar.

Por lo general las normativas de seguridad para la minería están enfocadas a la extracción y al proceso minero, más que a la construcción. De todas formas el caso de la construcción de proyectos mineros no es igual a la minería propiamente tal, en cuanto a la exposición a riesgos, aunque comparten muchas actividades comunes que pueden provocar accidentes laborales. Tampoco se asemejan mucho las condiciones a las de la construcción tradicional de edificios u obras de infraestructura, por lo que se podría considerar que la actividad está en un punto intermedio. Por estas razones es que se deben aplicar normativas, procedimientos y experiencias relevantes para ambas líneas de trabajo y combinarlas de manera de obtener márgenes de seguridad que cumplan los requisitos de ambas partes.

Para medir el rendimiento en seguridad de estos proyectos de construcción para la minería, y en general para todas las actividades industriales, se utilizan índices de accidentabilidad de distinto tipo. Estos índices representan las cantidades de accidentes ocurridos cada cierta cantidad de horas trabajadas, de acuerdo a varias convenciones diferentes que definen los accidentes y los periodos de normalización. Esta normalización hace comparables estos índices entre proyectos de diferente tipo y tamaño. Mayores detalles acerca de estos índices de accidentabilidad y las definiciones relacionadas a ellos se presentan en el capítulo correspondiente.

1.3. Objetivos del trabajo de título

El trabajo de título a ser desarrollado, busca analizar los índices de accidentabilidad presentados por contratistas, durante la construcción de proyectos EPCM para la

minería, y sus posibles causas, utilizando información obtenida directamente del desempeño de seguridad en diferentes proyectos de este tipo. De esta forma se intentará identificar las actividades y tipos de proyectos que impliquen mayores riesgos, así como otras posibles variables asociadas a ubicación, tamaño y otras características de los proyectos que puedan ser determinantes y contrastadas con resultados de otros estudios y publicaciones.

Se ha elegido utilizar proyectos EPCM para el estudio, a pesar de que se enfocará el análisis exclusivamente en los accidentes ocurridos a contratistas durante la etapa de construcción, debido a que esto permitirá analizar de manera global el desarrollo de estos proyectos, desde su diseño hasta su ejecución. Se espera que de esta forma sea posible buscar y encontrar causas y soluciones más transversales y efectivas, a través de la visión integrada del desarrollo de proyecto, para los índices de las etapas tardías (CM) en las fases iniciales (EP).

A partir de estos resultados se espera generar recomendaciones generales que permitan mejorar las condiciones existentes de seguridad en las obras, a través de medidas aplicadas durante la etapa de construcción e incluso en fases anteriores. Esto, aprovechando en parte la integración de las etapas tempranas con las posteriores, como se explica en el párrafo anterior, generando resultados posiblemente más efectivos.

Para realizar esto, se basará el trabajo en estadísticas históricas de seguridad en proyectos gestionados por la empresa patrocinante, contratista general de proyectos EPCM, con presencia de ellos en distintas regiones del mundo. La utilidad de esta información se funda en el hecho de que los procesos de gestión de dicha empresa, incluidos los de prevención de riesgos y seguridad, están estandarizados y difundidos a través de todos sus proyectos y oficinas, por lo que la información obtenida permitirá hacer comparaciones entre ellos, disminuyendo la posible variabilidad de dichos procedimientos entre distintas empresas.

1.4. Metodología de trabajo

En el primer punto a desarrollar, se describirán las etapas que se generan a lo largo del ciclo de vida de un proyecto desarrollado a través del formato EPCM, desde el diseño de la ingeniería de detalle hasta las faenas de construcción, de tal manera que queden identificadas para orientar las recomendaciones finales. Se le dará un foco especial a la etapa de la construcción, debido a que es la más relevante.

Luego se investigarán y recopilarán algunas convenciones nacionales e internacionales para definir índices de accidentabilidad y de seguridad ocupacional, que sean utilizados por los organismos involucrados en esta actividad industrial. De entre éstas, se elegirá un sistema a utilizar para todo el estudio y se creará una tabla de conversiones, que permita traducir los resultados obtenidos a las otras convenciones y utilizar valores encontrados en otros estudios y compararlos con los propios.

Con la información anterior, se realizará la recopilación de datos de accidentabilidad y horas trabajadas por contratistas, durante los proyectos EPCM para la minería de los cuales se pueda obtener la información. Esta recopilación se realizará de acuerdo a criterios a ser definidos en el capítulo correspondiente, entre los cuales se puede destacar un periodo de toma de datos que abarque 5 años, entre 2007 y 2011, periodo que presenta condiciones de trabajo actuales, pero que al mismo tiempo permite realizar proyecciones.

A partir de esta información recopilada, se definirá la manera en que se trabajará con los datos y cómo se utilizarán, de acuerdo a los métodos de medición elegidos y los datos que estén disponibles. Esto, para luego presentar y analizar los resultados obtenidos del estudio, siguiendo los objetivos planteados, y realizar proyecciones para las estadísticas, en caso de ser posible.

Finalmente se concluirá y comentará sobre todo lo anterior y se presentarán recomendaciones de nivel general, para los puntos más relevantes de los observados en los pasos anteriores del trabajo. Estas recomendaciones se buscarán basándose en normativas y estándares existentes, así como en estudios realizados que se puedan encontrar.

CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE PROYECTOS EPCM PARA LA MINERÍA

Para contextualizar el trabajo de título a desarrollar, se dedica este segundo capítulo a la definición y explicación de los pasos que dan lugar a un proyecto EPCM para la minería. De esta forma, se espera dejar en claro las actividades que conducen y cómo se relacionan dichas actividades al desarrollo del proyecto, en general, y a la seguridad durante la construcción de éste, en particular. Todo ello, desde el punto de vista de la empresa consultora EPCM, que juega un rol central de coordinación y de integración dentro de la organización y como tal, tiene una posición prominente en las tareas de gestión de la seguridad y calidad en los proyectos.

Para finalizar el capítulo, se complementará todo lo anterior con un resumen de un procedimiento de gestión de seguridad de trabajo con contratistas, parte importante de los resultados finales obtenidos y de su análisis.

2.1. Definiciones y actores principales durante el desarrollo de proyectos EPCM para la minería

Para comenzar, se presentan algunas definiciones breves de los conceptos y de los actores principales dentro del desarrollo de proyectos EPCM para la minería, que serán útiles para la comprensión del trabajo a desarrollar:

Proyecto

El proyecto es un emprendimiento temporal cuyo objetivo es la creación de un producto o servicio único. Tiene un inicio y un final definidos, así como objetivos específicos que, al ser alcanzados, se traducen en su término. Puede o no tener varias fases que se requieran para completar su ciclo de vida.

Fase de Proyecto

Es un conjunto de actividades y procesos propios de un proyecto, lógicamente relacionados, que usualmente termina con la entrega o culminación de un hito importante. Por lo general, las fases de un proyecto son completamente secuenciales, aunque también pueden producirse superposiciones en ciertas situaciones, y definen su ciclo de vida.

Empresa Mandante o Cliente

Empresa u organización que realiza la inversión necesaria para materializar el proyecto industrial a desarrollar, cuyo producto final utilizará para aumentar su

beneficio económico. Su objetivo final es lograr que dicho producto cumpla con sus estándares de producción, calidad, diseño y seguridad, con las normativas vigentes y con las necesidades que se hayan querido cubrir en su definición.

Dependiendo del tipo de formato de desarrollo de proyecto que decida utilizar, el cliente deberá tener un grado de implicación mayor o menor durante su proceso. En el caso de los proyectos EPCM, esto se traduce en una mayor cantidad de labores de inspección, supervisión y aprobación durante las fases del proyecto y la contratación directa de constructores o proveedores, a diferencia de otros tipos de formatos.

Consultora EPCM o Contratista General

Empresa especializada en el desarrollo de proyectos de ingeniería, compras y construcción mediante la metodología EPCM. Para esto requiere un equipo de especialistas de todas las diferentes áreas o disciplinas involucradas y la capacidad de gestionar el proceso completo en representación del cliente. Por lo general, son empresas consultoras de ingeniería de gran tamaño, que cuentan además con un importante grupo de profesionales especializados en la gestión de la construcción y otros procesos administrativos y comerciales. Esto, ya que además de generar la ingeniería, debe conducir los procesos de licitación y generación de las evaluaciones técnicas y económicas para los contratos de proveedores, para entregar una recomendación al cliente, que le permita decidir. Además realiza también las labores de administración de contratos que el cliente suscribe con las empresas contratistas, para realizar la ejecución de las obras.

Empresa Proveedora de Servicios o Proveedor

Empresa contratada por el cliente, representado por la consultora EPCM, para proveer bienes o servicios al proyecto durante la duración del alcance de trabajo o servicio solicitado. Puede estar completa o parcialmente encargada de cotizar, fabricar, entregar e instalar equipos o ciertos materiales en la obra o ser el representante e intermediario de otra compañía que realice estas labores. También puede proveer el diseño de ciertos alcances del proyecto u otros tipos de estudios necesarios para la materialización de su alcance de trabajo.

Empresa Contratista o Contratista

Compañía contratada directamente por el cliente durante la construcción, el montaje o la instalación de ciertos alcances de trabajo del proyecto completo, según lo planeado y las capacidades técnicas y económicas del contratista.

Debe seguir el programa del contratista general, que realiza la gestión de la construcción, y reportar avances y gastos siguiendo lo acordado en su contrato.

2.2. Características de un desarrollo de proyecto EPCM

Se conoce en la industria de la ingeniería y la construcción como proyecto EPCM a aquel desarrollo en que la compañía mandante o cliente encarga a una empresa consultora especializada, que desarrolle completamente el proyecto a materializar en base a estudios de factibilidad e ingenierías básicas generadas anteriormente. Se incluyen los siguientes procesos destacados:

- Desarrollo de la ingeniería de detalle necesaria para el proyecto, mediante el diseño con recursos propios y/o subcontratando porciones del alcance total, dependiendo de la necesidad de conocimientos y experiencia adicionales en ciertas especialidades.
- Conducción del proceso de adquisición de los bienes, materiales, equipos y servicios necesarios para la materialización de las instalaciones e infraestructura que componen el alcance del proyecto y la entrega de ellos en obra o donde sean necesarios, en representación del cliente. Esto incluye los servicios de construcción y servicios a ser contratados para materializar las obras.
- Gestión de la construcción y administración de los contratos que el cliente suscribe directamente con las empresas especialistas en cada tipo de faena. Incluye inspección, coordinación y control de avances, costos y programas.

Además de lo anterior, la empresa consultora también realiza el gerenciamiento de proyecto completo, encargándose de las estimaciones, del control de costos a lo largo del desarrollo, de la planificación y programación de las etapas y actividades, de la gestión de documentos, de la asignación de recursos, de los controles de avance y de la gestión de seguridad y calidad durante las distintas fases del proceso.

El formato de desarrollo de proyectos EPCM ha sido utilizando ampliamente en la industria de la minería alrededor del mundo, llegando a ser uno de los métodos de desarrollo más comunes para este tipo de obras. Esto, debido a algunas ventajas ofrecidas al cliente frente a otras alternativas que se le presentan al momento de emprender una inversión de gran tamaño, lo que es usual en los proyectos para la minería. Algunos de estos beneficios son:

- El cliente tiene la posibilidad de incluir a un agente con una trayectoria en el desarrollo de proyectos para la minería, ofreciendo experiencias en variadas

situaciones, ubicaciones y con otros mandantes. Esto aumenta la credibilidad y la confiabilidad en la propuesta de proyecto frente a los ojos de los inversionistas.

- Disminuye el riesgo de la inversión para el cliente ya que se traspasa en parte a la empresa EPCM contratada al comprometerse a entregar el diseño final dentro del presupuesto, los plazos establecidos y con la calidad requerida. Además, durante la construcción, el contratista general defiende los intereses del cliente frente a los contratistas y proveedores, fortaleciendo su posición.
- Reducción del personal necesario del cliente, tanto para desarrollar como para gestionar el proyecto. Esto permite el enfoque en los temas prioritarios y en la supervisión de ciertos procesos críticos.
- El contratista EPCM se encarga de coordinar y asegurar la seguridad en obra, la disponibilidad de trabajo y materiales para los contratistas y sus labores en terreno, minimizando las posibilidades de accidentes, los tiempos muertos y algunos posibles problemas legales.
- La consultora realiza todo el proceso de precalificación, licitación y adjudicación de proveedores de equipos y materiales y contratistas, generando una recomendación final en cada ocasión y dejando al cliente la decisión final.
- Permite mayor integración entre los procesos de diseño e ingeniería, compras y construcción, aspecto crítico en casos con limitaciones presupuestarias, de plazos o con otras condiciones adversas. El resultado es un proyecto en que las fases se superponen, se organiza mejor el programa y las posibles interferencias se anticipan, lo que puede disminuir los tiempos y costos totales.
- Finalmente, esta metodología entrega la posibilidad de conseguir mejores precios finales de propuestas y mayores eficiencias en áreas de especialidad donde existen pocas empresas constructoras capaces de desarrollar grandes alcances de trabajo. Este punto es muy relevante para la gran minería.

Los proyectos diseñados y construidos como EPCM no deben ser confundidos con los proyectos EPC (Ingeniería, Adquisiciones y Construcción), cuya metodología de trabajo es diferente. En este segundo caso, la consultora EPC realiza directamente todas las labores necesarias para el desarrollo del proyecto y asume los riesgos de plazos y costos, según se acuerde con el cliente. Durante este tipo de proyectos la intervención del cliente es mínima y solo interactúa directamente con el contratista general. Las consultoras EPC son, por lo general, grandes empresas constructoras que subcontratan el desarrollo de ingeniería y ponen su foco principal en la etapa de la construcción.

Para ilustrar estas diferencias, se presentan a continuación diagramas organizacionales esquemáticos para ambos tipos de desarrollo de proyectos.

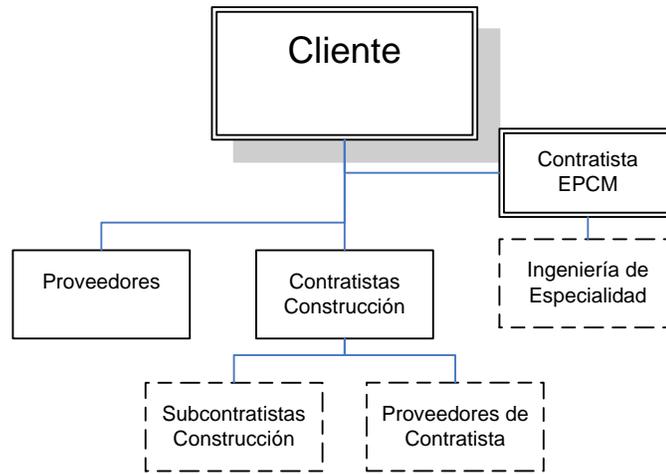


Figura 2 - Jerarquía organizacional de un proyecto EPCM

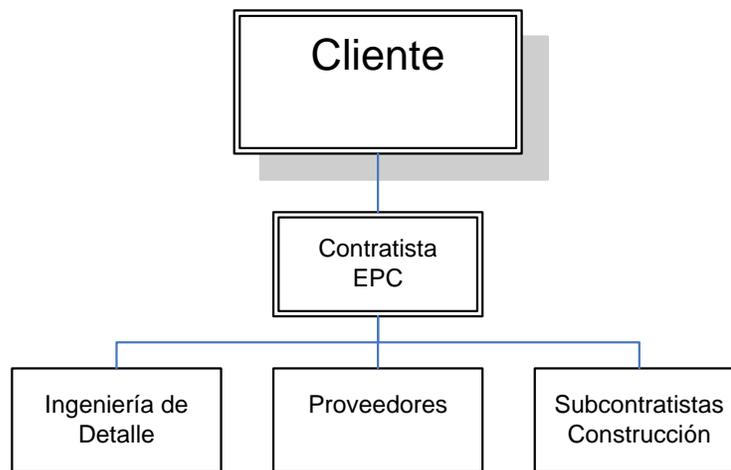


Figura 3 - Jerarquía organizacional de un proyecto EPC

2.3. Fases y procesos de un proyecto EPCM

Según lo visto anteriormente, los desarrollos de proyectos EPCM se realizan a través en cuatro etapas o fases principales, que se conocen generalmente por Gestión y Control de Proyecto, Ingeniería de Detalle, Adquisiciones y Contratos, y Gestión de la Construcción. La primera se extiende a través de todo el ciclo de vida del proyecto, mientras que las otras tres son usualmente secuenciales, aunque es bastante usual que se programen para superponerse, de modo de minimizar los tiempos totales de ejecución.

2.3.1. Gestión y Control de Proyecto

Se define la gestión de proyectos como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a procesos y actividades del proyecto durante su ciclo de vida, con el fin de completarlo cumpliendo con los requerimientos que le fueron asignados en un comienzo, mediante la programación, la organización y asignación de recursos humanos y materiales, la supervisión y el control de actividades a realizar durante la duración del proyecto. Los requerimientos a satisfacer son, principalmente, el cumplimiento de criterios de diseño y estándares de calidad, respetando tanto presupuestos, como fechas y plazos establecidos para ello.

Con este objetivo en mente, se define un plan de ejecución del proyecto, que busque completarlo de manera exitosa, un programa que establezca fechas claves, duraciones e hitos a cumplir por parte de la organización durante las actividades, y también un presupuesto, estimado y administrado por el control de costos, para mantener actualizado el valor final de la inversión y poder comunicarlo a los interesados.

Es responsabilidad de este grupo asegurar un funcionamiento eficiente de la organización del proyecto, por lo que se establecen los siguientes puntos como críticos al momento de realizar la gestión de proyecto:

- La definición de los objetivos del proyecto debe ser la primera tarea, de modo que queden establecidos claramente y que sean comunicados a todos los integrantes relevantes de la organización, para mantener una sola línea.
- Se deben establecer los riesgos que se puedan hacer presentes durante la ejecución del proyecto, para que los imprevistos no obstruyan su desarrollo. Esto permite tomar resguardos para ciertos casos o anticiparse a los riesgos, que pueden ser tanto internos del proyecto como externos, tales como los mercados, la economía o la disponibilidad tecnológica.
- Tomar decisiones tempranas e invertir más en las etapas iniciales del proyecto, ya que está demostrado que a medida que avanza el desarrollo, el costo de realizar cambios se incrementa y al mismo tiempo la efectividad de éstos disminuye fuertemente.
- La programación del proyecto debe incluir todas las actividades y procesos importantes, con duraciones precisas y fechas bien establecidas. Los cambios y las actualizaciones tienen que hacerse de manera fácil y rápida, afectando al mínimo de actividades posibles.
- La asignación apropiada de recursos y costos asociados a las actividades para asegurar lo establecido en el programa y obtener flujos claros.

- La responsabilidad de coordinar las distintas áreas y disciplinas del proyecto y estimular la comunicación entre ellas, para mejorar el resultado final obtenido. Involucrando en las decisiones a todos los que se verán afectados por el cambio y que pueda aportar, se mejora el rendimiento.
- El control y supervisión de actividades es importante para garantizar el buen funcionamiento de la organización y realizar acciones correctivas a tiempo, complementando una buena planificación y claridad en los objetivos y responsabilidades.
- La definición temprana de una buena estrategia de contratación y división de alcances de trabajo ayudan a conseguir mejores resultados finales en cuanto a precios, calidad y puntualidad en las entregas de contratistas y proveedores.
- Finalmente es importante definir de buena manera las necesidades de entrenamiento y capacitación que se deben tener para poder incluir nuevos integrantes al equipo, de forma rápida y eficiente.

Estos puntos pueden ser abarcados de mejor manera si se hace referencia a proyectos realizados anteriormente, utilizando las lecciones aprendidas de los problemas y cuáles fueron las soluciones más efectivas aplicadas.

A continuación se presentan algunos de los procesos y actividades más relevantes a desarrollar durante la fase de gestión del proyecto:

Plan de Ejecución de Proyecto

Es el compendio de todos los pasos y estudios a seguir para desarrollar exitosamente el proyecto a conducir. Establece lo que se requiere ejecutar, cuándo se ejecutará ello y las definiciones básicas de los alcances de trabajo, de acuerdo a las restricciones de costos, plazos y calidad a ser satisfechas, para todas las fases y grupos involucrados. Para ello incluye estudios y documentos como los organigramas relevantes, los planes de contratación y movilización, el plan de calidad y manuales de procedimientos, asignación de recursos a áreas y disciplinas y estimaciones iniciales de presupuestos y programas. También los objetivos establecidos para el proyecto, a ser comunicados y publicados.

Planificación y Programación

Grupo encargado de la administración de los tiempos del proyecto, definiendo fechas, duraciones y secuencias a cumplir para las actividades del proyecto, para que se cumplan los hitos establecidos. Esto involucra la planificación de la línea base o

estimación original y su seguimiento y actualización. Para esto se utiliza el plan de ejecución de proyecto, junto a los alcances de ingeniería, el programa de adquisiciones y la estimación de recursos para la construcción, para definir actividades a realizar y sus relaciones de interdependencia y generar un programa maestro. Luego, a medida que avanza el proyecto, se reprograma para reflejar cambios necesarios o acordados.

Bases de Estimación

Este proceso tiene por objetivo final generar la Estimación de Costos de Capital (Capital Expenditures o CAPEX, en inglés). Éste es un listado de las partidas que se consideran para la construcción, junto a las cantidades de material, de horas hombre y de costos que conlleva cada uno de los ítems. Se incluyen también las estructuras de costos para los recursos enumerados, estimaciones y análisis de riesgos para el proyecto y condiciones y alcances especiales.

Control de Costos

Proceso cuyo objetivo final es la supervisión de los flujos de costo ocurridos, para cumplir con el presupuesto aprobado del proyecto. Esto implica un seguimiento y registro de todas las órdenes de cambio, las tendencias observadas en los presupuestos y los costos finales. La gestión de cambios, por otra parte, supervisa y registra todos los cambios de alcance, las desviaciones y transferencias de costos que se realizan entre actividades y partidas. Se establecen los estados de pagos, los compromisos de compras y sus contratos respectivos y también los compromisos de contratos de servicios, de forma de contar con los flujos financieros que se producen. Finalmente se proyectan los costos, basándose en las cantidades instaladas y las posibilidades de cambios previstas, generando nuevas estimaciones de costos a término y planes de contingencia.

Control de Avance de Ingeniería y de Construcción

Este proceso administra el avance que presentan la Ingeniería y la Construcción, a través de la medición de los estados en que se encuentran los diseños o el progreso de las obras en terreno. Esto, para confirmar el cumplimiento con sus fechas establecidas, los presupuestos y manteniendo los niveles de desempeño y calidad definidos.

Los informes de avance se realizan en base a las emisiones y revisiones de los entregables o diseños y las horas de trabajo empleadas hasta el momento de medición,

para la ingeniería. También a partir de los reportes periódicos de horas gastadas en construcción, directas e indirectas, y de las cantidades instaladas por contratistas.

Todas estas actividades son de suma importancia, ya que permiten el correcto funcionamiento de las demás fases y en base a las informaciones generadas de ellas se podrán establecer las acciones correctivas necesarias, en caso de que se observen desviaciones notorias al contrastar con la estimación y el programa originales del proyecto.

2.3.2. Fase de Ingeniería de Detalle

Los servicios completos de ingeniería para un proyecto industrial de minería constan, a grandes rasgos de cuatro etapas principales, pero en el caso de un proyecto EPCM se considera solamente la cuarta etapa, es decir la ingeniería de detalle. Igualmente se presentan breves descripciones de las demás etapas, para ilustrar el proceso completo. Estas etapas de ingeniería se organizan por lo general en disciplinas o especialidades que en minería incluyen, pero no se limitan a: Acústica, Ambiental, Arquitectura, Eléctrica, Estructural, Geología, Geotecnia, Hidráulica, Instrumentación, Mecánica, Minería, Obras Civiles, Obras Marítimas, Química y Procesos, Tuberías y Gerencia de Ingeniería.

Para cada nivel de desarrollo de la ingeniería en los proyectos se generan los entregables o productos de ingeniería que constituyen la entrega final de cada etapa. Estos entregables incluyen, a modo de ejemplo, criterios de diseño, planos estructurales, especificaciones técnicas, cubicaciones y listados de materiales, diagramas de líneas e instrumentación, entre otros.

Se presentan a continuación las descripciones breves de las etapas de diseño, para contextualizar el flujo de información de ingeniería a través del desarrollo completo de un proyecto minero.

Estudio Conceptual:

Esta primera etapa de desarrollo de ingeniería, también llamada Ingeniería de Procesos o de Perfil, se inicia con la entrega de los requerimientos y características básicas del proyecto, detallados por el cliente, a la empresa de ingeniería. El producto final de esta fase corresponde a la entrega al cliente de documentos de estudio de una o más alternativas posibles de procesos, equipos, sistemas o emplazamientos a utilizar para el proyecto en análisis, además de las necesidades de servicios, con una estimación de

orden de magnitud de la inversión. Esto le permite al cliente tomar decisiones más informadas a partir de la idea base y continuar a la siguiente etapa de diseño y evaluación, sin hacer grandes inversiones para estudios más detallados desde un inicio.

El grado de precisión y desarrollo que se maneja para esta etapa es equivalente a la clase 5 ó 4, definidas por The Association for the Advancement of Cost Engineering (AACE), que corresponde a lo siguiente:

- Costo de inversión estimado desde -30% a +50% del valor real.
- Desarrollo de la ingeniería de hasta un 10%.

Estudio de Pre-Factibilidad

Segunda etapa del desarrollo de la ingeniería de pre-factibilidad de un proyecto minero, también denominada ingeniería preliminar, que toma la información desde la etapa anterior y agrega nuevos estudios que permiten obtener otro nivel más en la precisión de las estimaciones. Esto consiste de la presentación de las alternativas más viables con un desarrollo superior, para los procesos principales, la infraestructura general, los equipos mayores, los sistemas más importantes y sus requerimientos de recursos, de entre los evaluados en la fase anterior. El resultado de la estimación permitirá seleccionar la mejor opción técnico-económica, que será la base para el desarrollo de las siguientes fases.

Para esta segunda etapa de estimación y desarrollo de ingeniería se habla de un grado de precisión equivalente a la Clase 3 definida por AACE, cuyas características son:

- Costos de inversión estimado desde -20% a +30% del valor real.
- Desarrollo de ingeniería de entre el 10% y el 25%.

Estudio de Factibilidad

Tercera etapa correspondiente al desarrollo de la ingeniería básica del proyecto, basándose en la alternativa de mayor factibilidad técnico-económica. En esta etapa el enfoque es completo a efectuar la ingeniería básica para dicha alternativa, incluyendo la ingeniería definitiva y las adquisiciones de los equipos principales, determinación de los sistemas e infraestructura y generación del programa maestro de actividades y del presupuesto de inversión del proyecto, con otro nivel más de exactitud. Se destacan además las gestiones iniciales de permisos, especificaciones técnicas, solicitudes de

cotización y fijación de la disposición y ubicación final. Con todo ello, al finalizar esta etapa, se decide sobre la viabilidad del proyecto.

Para esta tercera etapa de estimación y desarrollo de ingeniería se debería alcanzar un grado de precisión equivalente a la Clase 2 definida por AACE:

- Costo de inversión estimado desde un -10% a un +10% del valor real.
- Desarrollo de la ingeniería de entre el 25% y el 70%.

Implementación del Proyecto

Durante la implementación del proyecto se desarrolla la etapa final de diseño o ingeniería de detalle. Los objetivos principales durante esta fase son la culminación del desarrollo de la ingeniería, a través de la mayoría de los diseños y la emisión de todos los documentos y planos definitivos requeridos para la construcción. Esto permite determinar el presupuesto estimado final, que le da al cliente el control sobre la inversión. Además, dependiendo del programa y las necesidades, es posible que la construcción en terreno comience de manera paralela a las últimas actividades de la ingeniería, mientras el desarrollo de ésta esté completo para las faenas a ejecutar, lo que requiere de una buena coordinación entre las áreas y de los planes de ejecución.

Esta etapa corresponde al grueso de la ingeniería total, por lo que se utiliza la mayoría de los recursos destinados a ella. Esto es debido a que en la etapa anterior se confirma la viabilidad del proyecto, se toma la decisión de proseguir y se deben generar todos los diseños específicos restantes para el proyecto, para ahorrar costos en las fases anteriores. Entre ellos se destacan los documentos técnicos aprobados y certificados, las órdenes de compra restantes y los procedimientos de operación.

Es también durante esta etapa que se incorporan a los diseños los elementos de seguridad para la construcción y la operación, además de la definición de los métodos constructivos a emplear y la inclusión de las revisiones hechas en conjunto con la gerencia de construcción. Al incorporar estos aspectos en este punto de desarrollo, se posibilita aumentar su efectividad y disminuir los costos.

Esta última etapa de estimación y desarrollo de ingeniería debería alcanzar un grado de precisión equivalente a la Clase 1 AACE, llegando a:

- Costo de inversión estimado desde un -5% a un +5% del valor real.

- Desarrollo de la ingeniería de entre un 95% y un 100%.

Una vez comenzadas las obras, grupos de profesionales de las distintas disciplinas son destinados a obra, para atender las necesidades de diseño que se puedan presentar durante la construcción, las pruebas y la puesta en marcha. Estas labores incluirán revisiones del diseño por interferencias, errores, actualizaciones u otras problemáticas presentadas durante las faenas y la emisión de planos As-Built, que reflejan el estado de las obras terminadas. Esto se produce a través de la inspección, la resolución de preguntas técnicas y la supervisión y confirmación de las compras en obra.

2.3.3. Fase de Adquisiciones y Contratos

Se conoce como adquisiciones al proceso completo de adquirir u obtener materiales, equipos, personal o servicios externos a la organización del proyecto, requeridos por éste, en representación del cliente. Específicamente consiste de la acción o proceso de obtener bienes y servicios a través de órdenes de compra y contratos que establezcan los acuerdos mutuos entre el proveedor de éstos y la organización del proyecto.

Para gestionar el proceso de adquisiciones de una manera eficiente, se guía el proceso utilizando el Plan de Adquisiciones, organizando los plazos de entrega y contratación, así como las metas presupuestarias. Se enfoca este plan en definir los contratos, programas de compras, evaluaciones económica y técnica, cotizaciones, órdenes de compra y otros. También se establecen los procedimientos de inspección, logística y manejo de bodega, además de los de fabricación y despacho a terreno, por parte del proveedor.

Selección y Evaluación de Proveedores y Contratistas

Es un proceso continuo que se realiza durante y más allá de la ejecución de un proyecto específico, para calificar a los proveedores de insumos, materiales, equipos, servicios y mano de obra y mantener un registro histórico con información sobre su desempeño, capacidades, garantías y la calidad del servicio otorgado.

Se inicia el ciclo con una prospección de proveedores potenciales, de acuerdo al producto que se requiera adquirir o contratar en el proyecto, para luego realizar una precalificación de éstos, a partir de antecedentes solicitados, encuestas o evaluaciones, con lo que se seleccionan aquellos que pasarán al registro de proveedores aprobados. Entre los aspectos claves a investigar, se destaca el rendimiento en seguridad presentado y la evaluación de los procedimientos presentados en esta materia.

Luego se procede a llamar a licitación, proceso al cual se invita a los proveedores o contratistas precalificados a participar enviando una propuesta técnica y económica acabada, a partir de la última información disponible. Estas propuestas son formales y se evalúan tanto económica como técnicamente. Esta evaluación económica y técnica de las propuestas es realizada por adquisiciones e ingeniería, pero de forma independiente. Ambas evaluaciones se ponderan y se entregan al cliente para que tome la decisión definitiva, se adjudique el contrato y se emita la orden de compra. Esta última incluye los requisitos definitivos del producto y las fechas de entrega acordadas.

Durante toda la duración del servicio, se sigue evaluando periódicamente el desempeño de todos los proveedores y contratistas seleccionados, para incluirlo en la base de datos. Las evaluaciones, que nuevamente consideran como aspecto importante el rendimiento en seguridad, se realizan a través de inspecciones y cumplimiento de acuerdos, aplicación de procedimientos o auditorías de calidad a estas empresas.

Seguimiento de Equipos y Materiales Importantes

En el caso de equipos, materiales o bienes importantes o críticos se hace muy relevante hacer un seguimiento de los procesos que el proveedor y la ingeniería realizan, debido a que cualquier retraso o dificultad en la entrega o la aprobación de la documentación final, o en los productos y su fabricación, puede resultar en costos elevados, atrasos en los programas y conflictos con los contratistas de construcción.

Una vez que toda la documentación técnica certificada por el proveedor se encuentra disponible y aprobada por ingeniería, se libera y se emite la orden de fabricación. A partir de este momento se inicia la inspección y supervisión en la fábrica o instalaciones del proveedor de forma periódica, para comprobar el cumplimiento de hitos y fechas. También se incluye en esto la aprobación del plan de transporte y logística necesaria para entregar el producto en obra, elaborado por el proveedor.

Control y Gestión de Bodegas en Obra

Una vez iniciadas las faenas de la construcción, se hace necesario administrar y gestionar de manera eficiente los recursos materiales y los equipos que se han hecho llegar a las bodegas de terreno. Esto incluye los registros y control de ingresos y de egresos realizados por la gerencia de construcción, los proveedores y los contratistas, mantención de los inventarios y generación de informes que den cuenta de posibles problemas, proyecciones y acciones correctivas. Esto es crítico en muchos casos, ya que la falta de disponibilidad de materiales puede detener las obras.

2.3.4. Fase de Construcción

La fase de construcción de un proyecto EPCM es la etapa durante la cual se planean y luego se materializan las obras e instalaciones diseñadas, para su entrega al cliente. A través de este desarrollo los contratistas de construcción se encargan de la ejecución de las faenas, mientras el equipo de profesionales de la construcción de la empresa consultora EPCM realiza las labores de planificación, gestión y administración de estos trabajos y contratos.

Durante esta etapa de ejecución, el contratista general realiza actividades de supervisión, dirección y coordinación de las actividades de la construcción, de acuerdo al diseño realizado, las especificaciones técnicas, el programa, el presupuesto, los estándares específicos de trabajo y los procedimientos y planes de seguridad aplicados al proyecto, para asegurar la correcta y eficiente materialización de las obras por parte de los contratistas encargados. Un punto importante para la organización es la verificación de que el personal de construcción ha sido correctamente entrenado para las labores asignadas y los planes establecidos se han aplicado, principalmente con respecto a la importancia de la seguridad y la calidad en el trabajo.

Desde el punto de vista de la empresa EPCM, la construcción tiene varias etapas principales, cuyo desarrollo permite realizar una gestión eficiente y segura de los recursos y plazos dispuestos para el proyecto, cuidando los intereses del cliente. Entre ellas se cuentan la elaboración del plan de ejecución de la construcción, los estudios de constructibilidad del proyecto, la administración de contratistas, la organización de la movilización a terreno, la administración de las faenas durante el período de obras y la supervisión de dichas obras, para culminar en la entrega de las instalaciones finalizadas al mandante.

Plan de Ejecución de la Construcción

En breve, el plan de ejecución de la construcción es el proceso de estudio y diseño de alternativas que permiten establecer una guía, para poder ejecutar de forma efectiva el proceso de construcción y las actividades complementarias. Para iniciar, se incluye la definición de la secuencia lógica de las obras, de acuerdo a los requerimientos del proyecto y el cliente, y las interacciones entre actividades, asegurando la seguridad y calidad de los trabajos, la disponibilidad de materiales, de mano de obras y de la ingeniería requerida. También, el establecimiento de las estrategias de contratación y de compras en terreno es importante, a modo de definir las condiciones básicas que deben cumplir tanto contratistas como proveedores. Complementando esto, se pueden

investigar posibilidades que permitan optimizar los tiempos de ejecución, prefabricando algunas estructuras por ejemplo, la organización que se presentará en obra y en la oficina principal, junto a las instalaciones y servicios de faena necesarios para operar, las logísticas de entrega y transporte de bienes y servicios, los métodos constructivos y el control de avance de contratistas. Finalmente, se incluyen en el plan las estrategias y políticas a ser implementadas por los contratistas, en cuanto a relaciones laborales, sustentabilidad, seguridad, calidad y ambiental.

Constructibilidad

Como complemento a lo anterior, se realizan estudios de constructibilidad, en los cuales se busca realizar análisis anticipados de varias variables que puedan impactar la construcción del proyecto a desarrollar. El objetivo principal es incorporar la planificación de la construcción en las decisiones de diseño, de modo de prevenir dificultades, lograr ahorros tempranos en los costos del proyecto y disminuir los riesgos durante la construcción.

El estudio considera los objetivos de la construcción del proyecto, sus características y generalidades, tales como ubicación geográfica y política, clima, conectividad y características de las vías de acceso, permisos necesarios, infraestructura cercana, disponibilidad de recursos, materiales, personal, equipos, alojamiento, servicios médicos, medios de transporte, proveedores y contratistas disponibles en la zona, otros proyectos a ser realizados paralelamente y posibles interferencias con ellos, entre otros puntos para fundamentar las decisiones. Además se realizan coordinaciones con ingeniería para la definición de los métodos constructivos a emplear y medidas de seguridad a implementar, para su incorporación a los diseños finales.

Mobilización y Administración de Contratos de Construcción

Una vez definido el plan de ejecución y terminados los diseños y las estimaciones para la construcción, se procede a movilizar al personal a terreno a ejecutar los trabajos.

La movilización de profesionales, trabajadores y recursos a la obra para dar inicio al proceso constructivo, se programa con el fin de satisfacer las necesidades logísticas y de disponibilidad de mano de obra, equipos y materiales durante las primeras etapas de trabajo. Entre los puntos relevantes están las instalaciones provisionales y el suministro de los servicios básicos para trabajar, tales como los sanitarios y de comunicación.

Por su parte, la administración de los contratos de construcción y de las faenas, tiene por finalidad controlar y asegurar el cumplimiento de los alcances de trabajo asignados a cada contratista, siguiendo los acuerdos con el mandante. Esto se traduce en supervisar su desempeño en temas tales como el cumplimiento de los plazos, costos, especificaciones técnicas, los equipos y recursos comprometidos y los planes de seguridad implementados. Las principales actividades a realizar por el grupo de gestión de la construcción para realizar la administración y supervisión de contratos son:

- Definición de los alcances de obra a contratar, para que se adjudiquen de manera clara, permitan optimizar los tiempos de trabajo, eviten interferencias en las faenas entre dos o más contratistas y se ajusten en cierta medida a las capacidades o los métodos de los contratistas locales.
- Coordinar con el contratista las solicitudes de información, en relación a costos, plazos, diseños u otras contingencias que deban ser aclaradas, para reflejarlas donde corresponda, de modo de obtener propuestas más precisas.
- Revisión y aprobación de procedimientos de construcción y planificación elaborados por el contratista, entre los que se destacan el programa de actividades y el plan de seguridad. Esto debido a que el contratista es el responsable de desarrollar éstos a un nivel de detalle mayor, para su alcance específico y los recursos que manejará.
- Preparación de órdenes de cambio para modificaciones de alcances de trabajo si se presentan dificultades o imprevistos, a ser aprobadas por el cliente.
- Control, aprobación y reporte de los avances de trabajos constructivos, en base al programa establecido, las especificaciones técnicas y a los controles de calidad ejercidos, para cumplir con los procedimientos.
- Preparación de estados de pago al contratista, como agentes del cliente, a partir de los hitos cumplidos, reportes e inspecciones de avance, además del cumplimiento de estándares de seguridad y otros aspectos legales.
- Preparación de planes de contingencia, para lograr recuperación de atrasos o adelantarse a ellos, indicando siempre las causas, las responsabilidades y las acciones correctivas a implementar.
- Realización de seguimiento y control de cumplimiento del programa de suministros por parte de los proveedores de materiales en terreno.

El objetivo final de esta actividad es lograr un cumplimiento cabal de los plazos, y del programa en general, manteniendo un alineamiento completo con el presupuesto fijado y los estándares de calidad y seguridad.

Administración del Sitio de Construcción

Adicionalmente, la administración del sitio de construcción, o terreno, está a cargo del grupo de gerencia de construcción e incluye algunas actividades que se realizan durante el proceso de construcción del proyecto. El objetivo es contar con todos los servicios necesarios para el trabajo y una correcta administración de ellos, para el funcionamiento de las faenas en terreno. Se pueden requerir para ello campamentos, alimentación, transporte dentro y fuera de la obra, comunicaciones, soporte y otros. Así es posible mantener una fuerza laboral adecuada a los requerimientos del proyecto en cada etapa, permitiendo trabajos adecuados. Se destacan los siguientes servicios:

- Recursos Humanos: Encargados de buscar personal o aprobar a los propuestos por contratistas, capacitar en materias de seguridad, reglamentos de trabajo y conducta en obra y organizar las movilizaciones de los trabajadores al inicio y término de cada turno.
- Administración de campamento: Realiza la administración y organización de los servicios de alojamiento, de alimentación y recreacionales dentro de la obra, junto con la elaboración e implementación de los planes de emergencia del campamento, en proyectos donde se requiera uno.
- Compras en obra: Gestiona las solicitudes de materiales y equipos desde obra, junto con su recepción y distribución a bodegas o faenas.
- Contabilidad y Finanzas: Grupo encargado de los estados de pago, cuentas y otros gastos en terreno, además de la facturación de órdenes de compra de terreno.
- Servicios administrativos generales: A cargo de control de inventarios, administración de correspondencia, suministros y servicios de oficina y de limpieza, además del soporte TI y de sistemas de comunicaciones.

Ejecución de Obras y Entrega

El proceso de construcción se completa con la ejecución misma de obras por parte de los contratistas y proveedores de servicios, de acuerdo a las condiciones mencionadas anteriormente, hasta que se alcanza gradualmente el término de las obras. En este punto, el contratista termina su alcance de trabajo y la gerencia de construcción puede entregar parte de las obras al cliente, ya sean componentes o sistemas completos, a medida que se van terminando. Con ello se puede dar inicio a las labores de inspección, pruebas y comisionamiento necesarios, conducidos por el equipo del cliente o quienes sean designados por éste. Se complementa esto con la entrega final de los diseños realizados de acuerdo a lo construido finalmente en las instalaciones e

infraestructura, los manuales de uso, los certificados y garantías de los equipos y sistemas, conocidos también como As-Built.

2.4. Gestión de seguridad y salud en trabajo con proveedores y contratistas

Debido a la naturaleza de los desarrollos de proyectos por medio de la metodología EPCM y el tamaño que a veces llegan a tener los alcances de trabajo, se hace necesario contratar los servicios de una importante cantidad de proveedores y de contratistas de diferentes procedencias, especialidades y capacidades, los cuales pueden tener procedimientos, experiencias y enfoques en materia de seguridad muy disímiles. Además de ello, se debe tener en cuenta que los contratistas realizan todos los trabajos constructivos del proyecto, los cuales incluyen trabajos en altura, con herramientas, operación de maquinaria, manipulación de químicos, trabajos eléctricos y otras varias actividades que, debido a su naturaleza, tienen un mayor riesgo de accidentabilidad asociado.

Además de lo anterior la ley chilena, como se describirá en el siguiente capítulo, establece responsabilidades completas para el contratista general, en cuanto a las condiciones laborales de todos los trabajadores propios, de contratistas y en general de todos aquellos que se desempeñen en las obras. Esto busca que las empresas principales no subcontraten actividades riesgosas para evitar responsabilidades asociadas a los potenciales accidentes laborales, presentes en los proyectos de construcción. Por el contrario, se busca que quienes dirigen el proyecto se vean más involucrados en la gestión y en el control de seguridad e higiene en todas las actividades.

Lo anterior deriva en que para disminuir los accidentes en el trabajo y obtener buenos índices de accidentabilidad y rendimiento en seguridad en general, es necesario realizar una labor de coordinación y supervisión de dichos proveedores y contratistas, de forma de integrar criterios, medidas y planes de seguridad de trabajos de construcción u otras labores. Con este fin se establece un proceso de evaluación y apoyo en la empresa encargada de la gestión de proyecto, que opere de forma similar a las actividades de licitación, adjudicación y evaluación mencionadas anteriormente.

De la misma manera, se precalifica buscando asegurar un cierto nivel de competencia y estándares de calidad durante dichos trabajos para aquellos que participan de los concursos. Por otra parte, el seguimiento a lo largo de todo el desempeño de labores, ayuda a seguir desarrollando y perfeccionando los planes de trabajo hasta la entrega

definitiva. Finalmente, esta documentación y las evaluaciones, sirven como base importante y referencia para futuros emprendimientos.

Algunas actividades fundamentales dentro de un proceso de gestión de seguridad y salud para los trabajos ejecutados por contratistas incluyen los siguientes puntos e hitos en el proyecto:

- **Precalificación de contratistas y proveedores:** Realizada de forma paralela a la precalificación técnica y económica de contratistas conducida por adquisiciones, sigue un proceso similar en base a datos e información histórica, evaluando capacidades y rendimientos en cuanto a temas de seguridad laboral.
- **Plan de gestión de seguridad y salud del contratista:** El contratista prepara un plan de gestión de seguridad y salud específico a las actividades a realizar, a la ubicación del proyecto y de las faenas, y debe ser aprobado por el contratista general. Puede contener y establecer las responsabilidades, guías y protocolos de auditorías e inspecciones, condiciones de comunicación, manejo y reporte de incidentes y accidentes, planes de entrenamiento, control de subcontratistas y planes específicos para situaciones de emergencia y faenas especialmente riesgosas.
- **Personal de gestión de seguridad e higiene:** Es también importante que cada contratista, a partir de una cierta cantidad de trabajadores, tenga personal calificado de seguridad, dedicado completamente a la revisión e implementación de su propio plan de gestión de seguridad y salud y el general del proyecto.
- **Selección de subcontratistas:** Debido a la posible necesidad de los contratistas de subcontratar alcances de trabajo a una tercera empresa, es útil que dentro de su plan de gestión se especifique un proceso de selección y gestión similar al caso de la empresa principal con el mismo contratista.
- **Control de cumplimiento:** Mientras se construye, se debe realizar un seguimiento continuo a todas las actividades realizadas por los contratistas y verificar que se están cumpliendo todos los requisitos y procedimientos.

De la misma manera se puede aplicar lo anterior a los proveedores de materiales, equipos y servicios si corresponde. Esto, debido a que hay casos en que estos proveedores realizan labores tanto en plantas o faenas propias como en la obra. Así se hace necesario estudiar cada uno de estos casos particularmente y adaptar los procedimientos a cada situación, de forma que se aumente la seguridad en los trabajos.

Estudios del Construction Industry Institute (CII) indican que la aplicación de un procedimiento de trabajo como el presentado para cada contratista, junto con la

integración y coordinación de labores de prevención y de construcción del proyecto completo por parte del contratista general, generan una situación de trabajo más segura, con un desempeño global más satisfactorio para el proyecto.

Estos mismos estudios sugieren además, que el desempeño general en prevención se ve más beneficiado cuando el contratista general se encuentra dedicado solamente a gestionar y coordinar a contratistas, sin realizar labores de construcción propiamente tales. Esto implica que los proyectos EPCM, por sus características y estrategias de desarrollo, tienen un mayor potencial de alcanzar niveles de excelencia en prevención de riesgos y seguridad laboral durante la construcción.

CAPÍTULO 3. ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD

Según la Organización Internacional del Trabajo, el accidente laboral se define como un suceso derivado del trabajo o que ocurre dentro del mismo y que ocasiona lesiones mortales o no mortales. Este accidente puede tener como consecuencias más graves la incapacidad del trabajador, tanto temporal como permanente, para desarrollar sus actividades e incluso llevar a la muerte. Debido a sus consecuencias, llevan a su vez a la interrupción temporal o el cierre definitivo de los procesos productivos y constructivos, a la pérdida de productividad debido a la disminución de fuerza laboral, equipos o instalaciones disponibles, a eventuales gastos legales y de compensación asociados y al aumento considerable de las primas cobradas por compañías aseguradoras y mutuales de seguridad. Estos y otros costos económicos, junto a la importancia e impacto social que generan los accidentes graves de trabajo, producen que las empresas estén cada vez más comprometidas con la prevención de riesgos y dispuestas a disminuir su incidencia.

3.1. Definiciones

Para comenzar a presentar el marco legal rigente y las metodologías empleadas para estandarizar, comparar y presentar estadísticas de accidentabilidad, es necesario introducir algunos conceptos utilizados comúnmente.

Lesión de Trabajo

Toda lesión o enfermedad ocupacional, que surge de o durante el curso del empleo de una persona y que requiere de primeros auxilios o tratamientos médicos más especializados. Estas lesiones pueden tener consecuencias, tales como tiempo perdido por la lesión o trabajo restringido, o involucra una fatalidad.

Accidente Laboral

Acontecimiento no deseado, ocurrido a causa de la realización de actividades y labores asociadas a un trabajo o proyecto en el cual se está empleado, que ocasiona lesiones, enfermedades, daños a las instalaciones o a los materiales, al medio ambiente o alarma pública. Se incluyen también en esta definición las fallas de contención de distinto tipo, los incendios, las explosiones, los incumplimientos a las normativas y reglamentos medioambientales, las faltas a los sistemas de seguridad implementados, los incumplimientos de las leyes de tránsito y la exposición a agentes peligrosos por más del tiempo permitido.

Incidente Laboral o Cuasi Accidente Laboral

Acontecimiento no deseado que tiene el potencial de causar lesiones, enfermedades, daños a las instalaciones, a los materiales, al medio ambiente o alarma pública, ocurrido debido a las labores asociadas a un trabajo o proyecto. Se utilizan las mismas definiciones que para el caso anterior, siempre y cuando no generen una lesión de trabajo o enfermedad laboral, pero hayan tenido el potencial de hacerlo.

Se desprende de lo anterior que cada accidente laboral puede causar lesiones de trabajo a más de un empleado, pero usualmente los términos se utilizan indistintamente, haciendo referencia al caso particular de cada trabajador que resulta lesionado.

Como referencia y para efectos de describir los accidentes laborales de forma más detallada, se pueden identificar cuatro factores constitutivos principales de ellos, que en síntesis son descritos de la siguiente manera:

- **Fuente del Accidente:** Se refiere a la labor específica que desarrollan el o los trabajadores dentro de la empresa u obra al momento de accidentarse. Determinando la fuente del accidente es posible enfocar las medidas o acciones preventivas orientándolas hacia la labor de mayor frecuencia de accidentes.
- **Agente del Accidente:** El o los elementos físicos o materiales que participan en o generan directamente el desarrollo del accidente y que causan los daños finalmente a los involucrados, los materiales, los equipos y/o las instalaciones. Se clasifican en varias categorías, tales como maquinarias, equipos, herramientas, materiales e insumos, vehículos, superficies de trabajo y otros.
- **Causa del Accidente:** Se refiere al elemento de origen humano o material que provoca el accidente laboral, dentro de las cuales se distinguen dos categorías principales, que hacen referencia a la procedencia del elemento causante del accidente:
 - **Acto Inseguro o Acción Subestándar:** Determina a la causa del accidente como proveniente de una conducta humana, debido principalmente a un comportamiento imprudente de el o los trabajadores involucrados. Se define como incumplimientos de procedimientos de trabajo seguro, negligencia o distracción.
 - **Condición Insegura o Condición Subestándar:** Causa proveniente de problemas en el medio de trabajo. Dentro de dichas condiciones inseguras se enumeran causas como materiales, equipos, herramientas, estructuras, partes y piezas defectuosas, mal ubicadas o desprotegidas, suciedad e

insalubridad del área de trabajo, realización de actividades simultáneas incompatibles, entre otras.

- **Tipo de accidente:** Se define de esta forma al mecanismo de transferencia de energía que se produce al momento del accidente entre el agente, ya sea el objeto o sustancia que ocasiona las lesiones o daños, y el trabajador involucrado en éste.

Horas de Trabajo (HH) y Número de Trabajadores (NT)

Por lo general los índices de accidentabilidad se normalizan en base a una cierta cantidad de horas trabajadas o en un número (o promedio equivalente) de trabajadores durante un periodo de tiempo, de modo tal que se produzcan cifras comparativas entre empresas o proyectos de diferentes escalas. Por lo general se establecen los indicadores de accidentes por cada 200.000 ó 1.000.000 horas hombre trabajadas, o con su equivalente aproximado de 100 ó 500 trabajadores anuales, respectivamente.

Para el caso de proyectos de construcción es más preciso utilizar HH que NT, debido a la gran variabilidad del número de trabajadores en ellos y a que se controlan las horas de trabajo en su lugar, para los estados de pago.

Complementando lo anterior, existen otros tipos de accidentes o incidentes que posiblemente pueden ocurrir durante la ejecución de un proyecto EPCM de minería, pero que no son contemplados dentro del alcance de este estudio, debido a que no tienen consecuencias sobre los trabajadores o no ocurren dentro del área de trabajo misma. Son los que se presentan a continuación, como referencia:

- **Accidente o Incidente No Estadístico:** Todo incidente ocurrido fuera de un sitio controlado, ya sea oficina u obra de construcción, pero que tenga relación a la labor en ellos. Incluye los incidentes de viaje o traslado con ocasión del trabajo.
- **Incidente Ambiental:** Incidente en el cual el entorno, sea biológico o físico, o un ecosistema sufren daños reales o potenciales.
- **Incidente con Consecuencias en Estructuras o Equipos:** Incidente en el cual se daña, o existe la posibilidad que se dañe, la estructura, los materiales, las herramientas o los equipos instalados en ella de manera significativa.

3.2. Marco legal

En Chile los procedimientos, índices y responsabilidades relacionados a los accidentes laborales se encuentran normados por la Ley N° 16.744 sobre Accidentes del Trabajo y

Enfermedades Profesionales, promulgada en el año 1968. Su objetivo principal es el de prevenir dichos accidentes, a través de políticas de prevención dentro de las empresas de todos los rubros e industrias, de modo de ofrecer a los empleados de un ambiente de trabajo seguro y más eficiente. También busca asegurar que el trabajador cuente con la atención médica necesaria y prestaciones económicas, que lo protejan ante la eventualidad de un accidente o enfermedad laboral y que le permitan rehabilitarse para volver a su capacidad de trabajo anterior o que le compensen monetariamente su discapacidad. Para ello se imponen algunas obligaciones principales para las empresas empleadoras, entre las que se destacan el seguro social obligatorio a ser proporcionado a cada trabajador, la creación de un departamento de prevención acorde al tamaño de cada empresa, desarrollo e implementación de medidas de prevención de riesgos, establecer y mantener un reglamento interno de higiene y seguridad y proporcionar los equipos e implementos de protección necesarios, gratuitamente para los trabajadores.

Por otra parte, existe también la Ley N° 20.123 que Regula Trabajo en Régimen de Subcontratación, el Funcionamiento de las Empresas de Servicios Transitorios y el Contrato de Trabajo de Servicios Transitorios. Esto es relevante debido al foco del estudio y a lo expuesto en el capítulo anterior acerca del desarrollo de proyectos EPCM, que requiere la contratación de contratistas, como empresas constructoras y de servicios, para que ejecuten las labores de construcción. Esta regulación de la subcontratación busca promover el desarrollo responsable de la externalización de obras y servicios, protegiendo a los trabajadores. Con este fin es que se busca impedir que externalizando parte o todo el trabajo a realizar, las empresas principales se desliguen de toda responsabilidad en el cumplimiento de las obligaciones laborales, previsionales y de la protección de la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las empresas contratistas. Lo anterior se busca a través de las siguientes obligaciones de la empresa que contrata servicios:

- La empresa principal deberá establecer, adoptar y comunicar las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de todos los trabajadores que laboren en su obra, empresa o faena, cualquiera sea su dependencia.
- Frente a accidentes fatales y graves, el empleador responsable debe suspender en forma inmediata las faenas afectadas y permitir la evacuación de los trabajadores del lugar, si esto fuera necesario.

En caso de tratarse de obras, faenas o servicios propios de la construcción, la ley impone un procedimiento a las empresas principales para ejecutar la vigilancia de su cumplimiento por parte de los contratistas y subcontratistas. Parte de este procedimiento consiste de la implementación de un sistema de gestión de la seguridad

e higiene laboral que abarque los proyectos completos, así como a todos los contratistas. Lo que se busca con ello es principalmente asegurar la coordinación entre las empresas que participan de una misma faena o trabajo conjunto, de modo que no se produzcan contradicciones ni interferencias. Por lo tanto, es necesario que tanto las consultoras EPCM como los clientes, lleven el control y las estadísticas de seguridad de sus propios empleados y de los de quienes les prestan servicios.

3.3. Índices de accidentabilidad basados en la ley chilena

Existen distintos estándares para definir y presentar las estadísticas de accidentabilidad a nivel mundial, las que a su vez permiten caracterizar e identificar las debilidades o fallas del sistema de seguridad aplicado en la actividad correspondiente. En el caso de la industria minera chilena, se utiliza tanto la normativa nacional, debido a la necesidad de reportar estas estadísticas a los distintos organismos estatales y otros como las mutuales, como algunas normativas internacionales, dependiendo del país de origen de las empresas de clientes o consultoras. De éstas la más utilizada es la normativa norteamericana de OSHA, la que será revisada en detalle posteriormente.

El Decreto Supremo N° 40, publicado el año 1969 como complemento de la Ley N° 16.744, establece que toda empresa con más de cien trabajadores contratados debe contar con un Departamento de Prevención de Riesgos Profesionales, encargado de planificar, organizar, asesorar, ejecutar, supervisar y promover acciones permanentes para evitar accidentes y enfermedades laborales. Estos departamentos tienen la obligación de llevar estadísticas completas de accidentes y enfermedades profesiones y de calcular tasas de frecuencia mensuales y tasas de gravedad semestrales, como mínimo. Estas tasas se definen de acuerdo a lo siguiente:

Accidente con tiempo perdido (CTP)

Accidente que causa una lesión a él o los trabajadores involucrados, y a raíz de la cual él o los lesionados están incapacitados de asistir a su trabajo por más del tiempo equivalente a una jornada laboral completa o que resulte en trabajos restringidos por un período de tiempo mayor a una jornada.

Accidente sin tiempo perdido (STP)

Accidente que causa una lesión menor a él o los trabajadores involucrados, y a raíz del cual él o los lesionados no tienen necesidad de dejar su trabajo o deben ausentarse de sus labores normales por un periodo de tiempo menor al equivalente de una jornada laboral completa.

Días de Ausencia o Perdidos (DP)

Se consideran días de ausencia todos aquellos que sean consecuencia de una lesión, que impida la asistencia al trabajo de cada uno de los empleados involucrados en el accidente, de por lo menos una jornada normal completa.

Tasa o Índice de Frecuencia (IF)

Número de lesionados en accidentes CTP ocurridos en el período, multiplicados por 1.000.000 de horas hombre y divididos por la cantidad de horas trabajadas durante dicho período.

$$IF = \frac{CTP \times 1.000.000}{HH}$$

Se define como el Índice de Frecuencia Total (IFT) a aquel que considera la cantidad total de lesionados por cada millón de HH trabajadas.

$$IFT = \frac{N^{\circ} \text{ Total de Accidentes} \times 1.000.000}{HH}$$

Tasa o Índice de Gravedad (IG)

Cantidad de días de ausencia al trabajo de los lesionados en accidentes CTP por millón de horas trabajadas por todo el personal, dentro del período considerado.

$$IG = \frac{DP \times 1.000.000}{HH}$$

Otro índice de accidentabilidad, complementario a los de la ley 16.744, utilizado por algunas empresas de construcción, ingeniería y servicios para la minería, es el Índice de Severidad, según su definición por la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS).

Índice de Severidad (IS)

Totalidad de días laborales perdidos divididos por el número de accidentes totales ocurridos en un periodo de tiempo determinado.

$$IS = \frac{DP}{N^{\circ} \text{ Total de Accidentes}}$$

Toda denuncia de accidentes de trabajo ocurridos en las empresas, sin importar su área de actividad, su carácter público o privado, ni su tamaño, se debe realizar a través

de una Declaración Individual de Accidente de Trabajo (DIAT), publicada y actualizada anualmente por el Ministerio del Trabajo y el Ministerio de Salud.

3.4. Índices de accidentabilidad basados en la normativa OSHA

La Ley de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Act) o Ley OSH fue promulgada en el año 1970 en los Estados Unidos, con el objetivo principal de evitar que los empleados resultaran muertos o gravemente lesionados a raíz de accidentes ocurridos con ocasión del trabajo. Esta ley dio lugar a la creación de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA por su nombre en inglés), que establece y hace cumplir las normas de protección y prevención de riesgos de seguridad y salud en el lugar de trabajo, además de realizar labores de información, capacitación y asistencia de todo tipo a los empleados y empleadores, en los EE.UU.

Debido a lo completa que resulta esta normativa y las carencias que experimentaban muchos países altamente industrializados en la materia, esta ayudó a influenciar y sirvió como base para la definición de los accidentes laborales en varias partes del mundo. Como ejemplo de ello, el Departamento de Minas y Petróleo del Gobierno de Australia Occidental se basó y adaptó la normativa OSHA a las necesidades de la industria minera de dicha área del país, líder mundial tanto en explotación como en innovación, agregándole algunos índices adicionales. Esta adaptación y su aplicación en una cantidad importante de proyectos, por distintas empresas mineras, constructoras y de ingeniería, expandió esta metodología de trabajo fuera del país.

A continuación se presentan varias definiciones de índices de accidentabilidad basados en los conceptos presentados por OSHA para este propósito.

Lesión con Necesidad de Primeros Auxilios (First Aid Injury – FAI)

Lesión de gravedad menor ocasionada por un incidente producido en el sitio, producto de la cual el o los afectados requieren de tratamientos de primeros auxilios y eventuales visitas de seguimiento sin la necesidad de una atención médica especializada, a pesar de que éstos hayan sido dados o supervisados por un médico.

Lesión con Necesidad de Tratamiento Médico (Medical Treatment Injury – MTI)

Lesión de trabajo que requiere de un tratamiento más especializado, realizado por un médico y que no puede ser cubierta por los primeros auxilios normales. Incluye procedimientos de carácter invasivo, tales como suturas o extracciones de cuerpos extraños, pérdida de conciencia debido a la lesión o exposición a

agentes nocivos, traumas, tales como fracturas, esguinces o desgarros, tratamientos de infección y quemaduras de segundo o tercer grado. Más grave que una lesión con necesidad de primeros auxilios.

Lesión con Tiempo Perdido (Lost Time Injury – LTI)

Se define como un incidente que causa una lesión, que a su vez resulta en la pérdida de tiempo de trabajo de él o los afectados por más de un día o turno completo o en una discapacidad permanente. Más grave que una lesión con necesidad de tratamiento médico e incluye las fatalidades.

Total de Lesiones de Trabajo (Total Work Injuries – TWI)

Es la suma de todas las lesiones con necesidad de primeros auxilios, las lesiones con necesidad de tratamiento médico y las lesiones con tiempo perdido, ocurridas dentro del periodo de tiempo de medición.

Días de Trabajo Perdidos (Lost Time - LT):

Se refiere a la cantidad total de días laborales completos que se pierden debido a una LTI, iniciando el conteo el día posterior a ocurrido el accidente.

Índice de Frecuencia de Lesiones (Injury Frequency Ratio – FAIFR – MTIFR – LTIFR – TWIFR):

Se calcula dividiendo la cantidad de LTI, MTI, FAI o TWI, según corresponda, por las horas laborales trabajadas, y multiplicando la cifra por 200.000 horas de trabajo (o un millón, dependiendo de la cantidad de horas laborales trabajadas).

$$FAIFR = \frac{FAI \times 200.000}{HH}$$

$$FAIFR' = \frac{FAI \times 1.000.000}{HH}$$

$$MTIFR = \frac{MTI \times 200.000}{HH}$$

$$MTIFR' = \frac{MTI \times 1.000.000}{HH}$$

$$LTIFR = \frac{LTI \times 200.000}{HH}$$

$$LTIFR' = \frac{LTI \times 1.000.000}{HH}$$

$$TWIFR = \frac{TWI \times 200.000}{HH}$$

$$TWIFR' = \frac{TWI \times 1.000.000}{HH}$$

Tasa de Severidad (TS)

Cantidad de días perdidos en el periodo, multiplicada por cada 200.000 horas hombre (o un millón, dependiendo de la cantidad de horas laborales trabajadas) y dividida por el total de horas laborales trabajadas.

$$TS = \frac{LT \times 200.000}{HH} \quad TS' = \frac{LT \times 1.000.000}{HH}$$

Índice de Severidad (IS)

Cantidad total de días perdidos por LTI en el periodo de medición, divididos por la cantidad total de lesiones de trabajo (TWI) ocurridas en ese tiempo correspondiente.

$$IS = \frac{LT}{TWI}$$

3.5. Índices de accidentabilidad utilizados y rangos de evaluación comparativa

Los índices de accidentabilidad derivados de la normativa OSHA, normalizados sobre 200.000 horas hombre de trabajo, serán la convención a utilizar durante el presente estudio. Esta elección se basa en que este es el sistema utilizado en los reportes de accidentes en proyectos a utilizar. Esta convención es más específica en sus definiciones y con mayor distinción entre índices que el de la norma chilena, además el valor de 200.000 HH es el estándar definido por la norma OSHA. Igualmente se incluye una tabla comparativa de índices de accidentabilidad, la que permitirá transformar los resultados obtenidos para el sistema elegido en el estudio a las demás convenciones.

Los incidentes laborales se excluirán del estudio a realizar, debido a que las empresas y proyectos no están obligados a registrarlos y a que rara vez son reportados durante los proyectos, lo cual impide realizar un análisis preciso con respecto a éstos.

Durante la construcción de los proyectos normalmente se le da una importancia mayor al índice de accidentes con tiempo perdido (LTIFR) por sobre el resto, debido a que en la industria el objetivo principal en materia de seguridad es siempre lograr finalizar sin perder días de trabajo y, si es posible, sin tener accidentes de ningún tipo. Además, las LTI son más fáciles de identificar y dan menor espacio a la interpretación o a diferencias de criterios, como en el caso de las MTI o FAI.

Por estas razones, es que también se prefiere utilizar el valor total de accidentes (TWI) y su respectivo índice de frecuencia (TWIFR), para medir el rendimiento del proyecto en su conjunto. Así, se establece que estos dos serán los índices a ser analizados.

A modo de referencia, se presentan a continuación rangos de valores para evaluación comparativa, definidos por la empresa para realizar análisis de los índices de accidentabilidad en proyectos:

Tabla 1 – Rangos de evaluación comparativa para índices de accidentabilidad a ser utilizados

Índice de Accidentabilidad	Rango de Excelencia	Rango Aceptable	Rango Inaceptable
LTIFR (200.000 HH)	0,00 a 0,12	0,13 a 0,20	Más de 0,20
MTIFR (200.000 HH)	0,00 a 0,48	0,49 a 0,60	Más de 0,60
FAIFR (200.000 HH)	0,00 a 2,15	2,16 a 4,00	Más de 4,00
TWIFR (200.000 HH)	0,00 a 2,80	2,81 a 5,00	Más de 5,00

Fuente: Hatch Ingenieros y Consultores Ltda., 2012.

Esta tabla de índices será la única referencia utilizada para evaluar el desempeño de los índices de accidentabilidad obtenidos durante el presente estudio. Esto, dado que las cifras de desempeño a nivel de país o industria, como las que publican los organismos públicos, no son comparables a las del estudio, debido a importantes diferencias en las condiciones de trabajo. Además de lo anterior, algunas empresas de la gran minería también publican ciertas cifras anuales, pero no las matizan según tipo, sino que entregan resultados que engloban trabajos de gestión, operación y construcción en un solo total, haciendo imposible la comparación precisa.

3.6. Tabla comparativa de índices de accidentabilidad

Con el propósito de facilitar la conversión de la información recopilada y calculada desde el sistema establecido para el estudio a las convenciones restantes, se presenta en este punto una tabla comparativa. Esta tabla incluye los conceptos más relevantes para el estudio, las fórmulas de los índices a utilizar y la manera de evaluar sus equivalencias en los otros sistemas. Esto permitirá adaptar los resultados del estudio de acuerdo a las necesidades.

Esta conversión de índices es válida debido a las definiciones casi idénticas de los accidentes con tiempo perdido para ambos sistemas de medición, y por la equivalencia del concepto de las horas hombre que se utilizan para la normalización de dichos

índices. Además de todo lo anterior, los índices recopilados tienen, en su mayoría, un equivalente en los demás sistemas, por lo que se pueden traducir.

Se utilizan como referencia los índices de accidentabilidad definidos como la convención a utilizarse durante el estudio, como se expuso anteriormente.

Tabla 2 – Tabla de conversión de índices de accidentabilidad entre convenciones estudiadas

Índices Internacionales				Índices Chilenos	
c/ 200.000 HH		c/1.000.000 HH		c/1.000.000 HH	
Nombre	Fórmula	Nombre	Equivalencia	Nombre	Equivalencia
HH	-	HH'	HH	HH''	HH
LTI	-	LTI'	LTI	CTP	LTI
MTI	-	MTI'	MTI	STP	MTI + FAI
FAI	-	FAI'	FAI		
TWI	$LTI + MTI + FAI$	TWI'	TWI	Lesiones Totales	TWI
LTIFR	$\frac{LTI}{HH} \times 200.000$	LTIFR'	$LTIFR \times 5$	IF	$LTIFR \times 5$
MTIFR	$\frac{MTI}{HH} \times 200.000$	MTIFR'	$MTIFR \times 5$	-	-
FAIFR	$\frac{FAI}{HH} \times 200.000$	FAIFR'	$FAIFR \times 5$	-	-
TWIFR	$\frac{TWI}{HH} \times 200.000$	TWIFR'	$TWIFR \times 5$	IF Total	$TWIFR \times 5$
LT	-	LT'	LT	DP	LT
IS	$\frac{LT}{TWI}$	IS'	IS	IS	IS
TS	$\frac{LT}{HH} \times 200.000$	TS'	$TS \times 5$	IG	$TS \times 5$

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 4. ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS EPCM PARA LA MINERÍA

4.1. Obtención de información y datos a utilizar¹

Para la realización de este estudio, se utilizarán datos estadísticos de horas hombre (HH) y de accidentes de trabajo de empresas contratistas para 36 proyectos distintos, ejecutados entre el primero de enero de 2007 y el 31 de diciembre de 2011. Esto no quiere decir que todos los proyectos hayan comenzado y terminado sus obras dentro de dicho periodo, sino que se consideraron para el estudio todos aquellos que tuvieran HH de contratistas reportadas dentro de las fechas mencionadas. Esto permite facilitar la selección y obtención de datos, incluir un mayor número de proyectos y obtener datos comparables en el tiempo.

Este horizonte de tiempo de cinco años fue escogido debido a que con ello es posible obtener una cantidad considerable de datos, de forma de observar tendencias y con ello, posiblemente, realizar algún tipo de proyecciones para los indicadores. Por otra parte, se considera que dentro de este intervalo de tiempo las condiciones de trabajo en los proyectos son parecidas, validando de esta manera las comparaciones que se puedan hacer.

El proceso de recopilación de datos para el estudio, se inició a través de la investigación del historial de proyectos realizados por la empresa, de la cual se eligieron 45 proyectos. Estos cumplían con haber sido ejecutados entre los años 2007 y 2011, ser relacionados con la industria de la minería y haber sido desarrollados mediante una modalidad EPCM.

Se caracterizan además estos proyectos por ser de tipo industrial o de infraestructura, asociados directamente a la extracción minera, y por ser diseñados y ejecutados a través de desarrollos de proyecto del tipo EPCM, según lo expuesto en los capítulos anteriores. De esta categoría se excluyeron tanto los proyectos de extracción de petróleo y refinerías, por ser una industria con estándares de trabajo bastante distintos y por estar presentes en muy pocos países, como los de infraestructura que no estuviesen directamente relacionados a la minería.

¹ El detalle de la información recopilada se encuentra en el Anexo E – Información Recopilada de Proyectos.

En el siguiente paso de recopilación de datos, se desecharon dos de los proyectos anteriormente seleccionados, debido a que a pesar de estar relacionados a la minería, eran más propios de la industria de la energía, ya que eran plantas generadoras. A continuación, se eliminaron de la lista de selecciones cinco proyectos más, dado que no se encontraban disponibles sus informes de accidentes o los de HH de contratistas, en otros casos, haciendo imposible su análisis de índices de accidentabilidad.

Finalmente, al tener consolidada la lista de proyectos a utilizar en el estudio, se decidió eliminar dos más de ella. Esto, ya que dichos proyectos contaban con menos de 10.000 HH trabajadas durante el periodo de trabajo, lo que ocasionaría grandes distorsiones de los índices de accidentabilidad, si se normaliza por cada 200.000 HH.

Con ello se cerró una nómina de 36 proyectos a ser utilizados en los distintos análisis de sus índices de accidentabilidad.

De los reportes de accidentes de estos proyectos, se obtuvieron las cantidades de LTI, MTI, FAI semestrales y por proyecto, las HH ejecutadas por contratistas semestrales y por proyecto y la cantidad total de días perdidos por cada proyecto. Los datos de MTI y FAI se utilizarán solamente como referencia y para obtener las cantidades totales de accidentes (TWI).

4.2. Definición de grupos y clasificaciones de proyectos y datos utilizados

De acuerdo a lo expuesto en el punto anterior, y de forma de generar un amplio análisis de los índices de accidentabilidad utilizados, se definieron diferentes variables que clasificarán a cada uno de los 36 proyectos en un grupo determinado. Estos grupos, se eligieron de acuerdo a la información que fue posible obtener de los proyectos seleccionados, también teniendo en cuenta que los grupos tuviesen un número de datos similar, para posibilitar un análisis estadístico.

Por otra parte, debido a que los índices de accidentabilidad suelen calcularse de forma semestral y total para los proyectos, se presentarán dichos índices y las HH semestralmente, durante los cinco años, y totales, para el periodo completo. Con esto se busca obtener un análisis más detallado y observar mejor las tendencias, a través de una mayor cantidad de datos.

Para los datos de días perdidos no se realizarán las mismas cantidades de estudios, tales como el análisis temporal, la clasificación por grupos para los índices

correspondientes, ni el estudio por actividades relacionadas, sino que se presentarán de manera total para el periodo de estudio. Esto debido a que éstos dependen principalmente de factores más propios al accidente mismo, de su gravedad, de los involucrados y de las circunstancias en las que ocurrió y no tanto de las características del proyecto mismo, y además porque son reportados para el proyecto completo, lo que no permite clasificarlos por actividad.

En relación a lo expuesto anteriormente, para presentar los datos de horas hombre (HH), de accidentes de trabajo (LTI, MTI, FAI y TWI) y de sus respectivos índices de accidentabilidad, se utilizará una notación de subíndices que indiquen el semestre correspondiente o el periodo de tiempo considerado. Por ejemplo, HH₅ se referirá al total de horas hombre dentro del periodo de 5 años establecido para el estudio, mientras a su vez LTIFR₂₀₀₉₋₀₂ se refiere al índice de accidentabilidad durante el segundo semestre del año 2009.

Las variables que se determinaron para cada proyecto y los grupos de los que se componen se presentan en los siguientes subtítulos:

Agrupación regional de proyectos

Los proyectos elegidos fueron realizados en distintas partes del mundo, aunque existe una gran variabilidad entre el número de proyectos realizados en cada país y de sus HH. Por esta razón se ha decidido agruparlos también por regiones, equilibrando mejor las muestras. Esto permitirá tanto tener datos confiables para todos los períodos y realizar análisis temporales, a escala regional, como hacer comparaciones de índices totales entre los países que cumplan con un mínimo de HH. Las regiones en que se agrupan los proyectos son las siguientes:

- **Australia y Asia (AA):** Se incluyen en este grupo, proyectos en Australia (6 proyectos), China (1) y Nueva Caledonia (1).
- **África (AF):** Se incluyen proyectos realizados en Botsuana (1), Mauritania (1) y Sudáfrica (6).
- **Latinoamérica y el Caribe (LA):** Obras realizadas en Argentina (2), Brasil (1), Chile (4), Cuba (1) y República Dominicana (1).
- **Norteamérica y Europa (NA):** Proyectos construidos en territorio de Canadá (10) e Islandia (1).

Complementariamente se realizará también una comparación entre los proyectos desarrollados en los países con mayor cantidad de ellos. Debido a esto se decidió

seleccionar solamente a tres países, Australia, Canadá y Sudáfrica, por tener números suficientes de datos que permitan realizar la comparación estadística y el análisis (6 ó más proyectos ejecutados y más de 200.000 HH en todos los periodos). Se denominará **grupo ACS** a esta submuestra, debido a las iniciales de los países que la componen, para diferenciar los totales de este grupo del total global.

Además se clasificarán en dos categorías complementarias, por condición del uso de terreno y por tipo de proyecto, caracterizado por las principales obras a realizar.

Condición de uso de terreno (G/B):

La condición del uso de terreno se refiere al nivel de desarrollo industrial en el que se encuentra el sitio de emplazamiento de la obra.

- **Greenfield (G):** Se refiere a que las obras del proyecto se emplazan en un sitio con un desarrollo industrial poco importante o inexistente.
- **Brownfield (B):** Por el contrario indica que en el lugar de ubicación del proyecto, se tiene un desarrollo industrial importante o que incluso se mantiene un cierto nivel de producción.

Esta condición de uso de terreno puede ser importante en cuanto a las condiciones de seguridad en obra, debido a que en proyectos Brownfield se dispone de menores espacios de trabajo, existen obstáculos, interrupciones, interferencias, restricciones y se tienen menos holguras de tiempo en las actividades.

Tipos de proyectos, de acuerdo a obras principales a realizar durante éste:

Por otra parte, el tipo proyecto a realizar permite diferenciar proyectos por sus alcances de trabajo y actividades típicas más comunes.

- **Mina e Infraestructura (MI):** Proyectos en los que se construye la totalidad de las instalaciones e infraestructura necesarias para la explotación de un yacimiento minero, junto con la preparación de la mina para comenzar la producción.
- **Mina e Infraestructura Subterránea (MIS):** Similar a la categoría anterior, pero en donde parte importante de las obras se realizan en forma subterránea. Se incluye construcción de piques y galerías, túneles, ductos de ventilación y construcción de instalaciones dentro de ellos.

- **Infraestructura (I):** Proyectos en los que se construye infraestructura suplementaria para proyectos que se encuentran en producción. Se incluyen líneas eléctricas y de tuberías, plantas de tratamiento y desaladoras, tranques de relaves, cintas transportadoras y líneas de transporte, entre otras.
- **Construcción de Espesadores (CE):** Construcción de espesadores adicionales, para aumentar la capacidad de producción de la mina.
- **Construcción de Planta de Proceso (CPP):** Construcción de una planta de proceso adicional, para aumentar la capacidad de producción de una mina o para comenzar a explotar un yacimiento adicional.
- **Expansión de Planta de Proceso (EPP):** Ampliación de la planta de proceso o parte de ella, para los mismos fines del punto anterior. Se diferencia, debido a que su emplazamiento es próximo a las instalaciones existentes o incluso en su interior.

Agrupación de acuerdo a magnitud del proyecto, medida en cantidad de HH

Esta cuarta categoría se definió a partir de intervalos de HH elegidos de manera de dividir la muestra total en tres grupos que tuviesen una cantidad parecida de datos. Se eligieron, por lo tanto, los siguientes intervalos:

- **Intervalo I:** Proyectos con menos de 500.000 HH de trabajo de contratistas ejecutados a lo largo de su construcción.
- **Intervalo II:** Proyectos de más de 500 mil HH y menos de dos millones de HH trabajadas.
- **Intervalo III:** Grandes proyectos con un mínimo de 2 millones de HH trabajadas a lo largo de la construcción.

4.3. Resumen de información recopilada para los proyectos estudiados

A continuación se busca presentar la información recopilada de la base de datos de proyectos y de los informes de accidentes ocurridos durante el proyecto, de acuerdo a lo descrito con anterioridad.

En primer lugar se presenta un resumen completo de la base de datos de los proyectos, horas hombre de contratistas y datos de accidentes recopilados para el trabajo propuesto. Se desataca de estas cantidades el total de 2.428 accidentes recopilados de los reportes, sobre los que se basa el estudio.

Tabla 3 – Resumen de datos recopilados para los proyectos seleccionados

N° Proyectos	HH ₅	LTI ₅	MTI ₅	FAI ₅	TWI ₅	LT ₅ [Días]
36	107.621.214	77	436	1.915	2.428	1.757

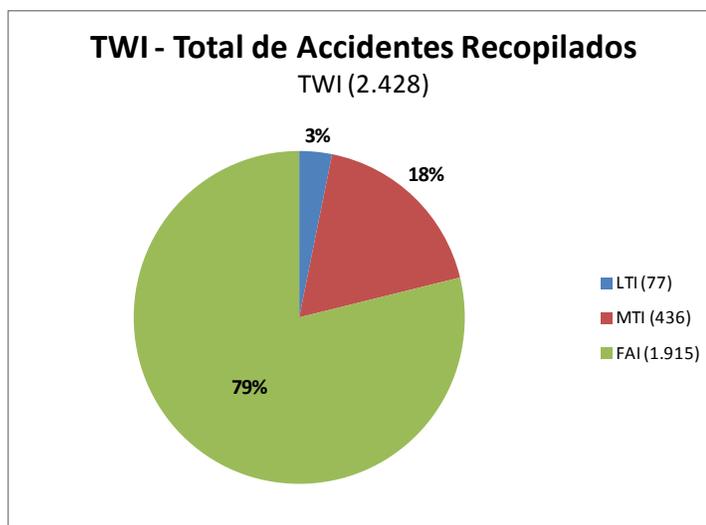


Figura 4 – Total de datos de accidentes recopilados para el estudio, distribución en tipos.

Además, se grafica la distribución temporal de las HH ejecutadas por contratistas durante los 36 proyectos presentados anteriormente, por semestres del intervalo escogido.

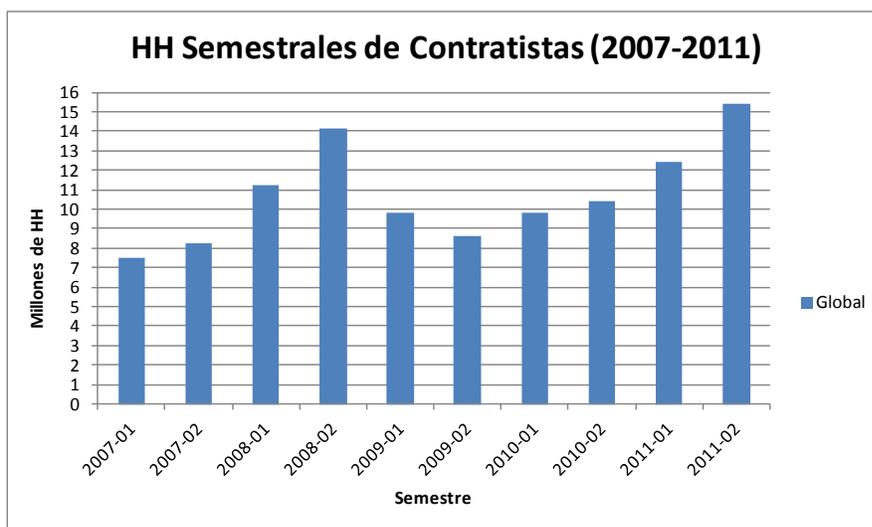


Figura 5 – Gráfico de distribución temporal por semestres de HH de empresas contratistas

Este gráfico representa el modo en que se ha desarrollado la ejecución de proyectos EPCM para la minería, para los proyectos escogidos para el estudio, pero refleja en

cierta forma la manera en que se ha producido la inversión en proyectos mineros en los últimos años, a escala global, al incluir una fuerte caída de la inversión a partir del año 2008 y la recuperación posterior. Se desarrollará más esta idea en el siguiente capítulo de análisis de resultados obtenidos.

Clasificación de proyectos en categorías

A continuación, se presentan los datos obtenidos de las HH trabajadas y de los accidentes de trabajo de distinto tipo, para los proyectos escogidos, organizados por región y por país.

Tabla 4 - Resumen de información de HH y accidentes por región

Región	N° Proyectos	HH₅	LTI₅	MTI₅	FAI₅	TWI₅
AA	8	31.777.065	47	225	1.052	1.324
AF	8	13.818.154	10	41	102	153
LA	9	51.142.818	12	74	403	489
NA	11	10.883.177	8	96	358	462
TOTAL	36	107.621.214	77	436	1.915	2.428

Complementariamente a la tabla presentada anteriormente, se realizará también una comparación entre los proyectos desarrollados en los países con mayor cantidad de ellos, y que por lo tanto, tengan mayor cantidad de observaciones para realizar el análisis estadístico.

Tabla 5 – Resumen de información de HH y accidentes por países grupo ACS

País	N° Proyectos	HH₅	LTI₅	MTI₅	FAI₅	TWI₅
Australia	6	11.891.507	7	77	627	711
Canadá	10	10.368.472	6	96	358	115
Sudáfrica	6	12.147.067	8	37	70	460
TOTAL ACS	22	34.407.046	21	210	1.055	1.286

De forma similar a los puntos anteriores, se presenta la información recopilada para todos los proyectos, de acuerdo a su condición de uso de terreno, según se ha descrito.

Tabla 6 - Resumen de información de HH y accidentes por condición de uso de terreno (G/B).

G/B	N° Proyectos	HH₅	LTI₅	MTI₅	FAI₅	TWI₅
B	23	24.949.782	22	171	764	957
G	13	82.671.432	55	265	1.151	1.471
TOTAL	36	107.621.214	77	436	1.915	2.428

La siguiente tabla muestra los datos obtenidos para la clasificación, de acuerdo al tipo de obras que caracterizan de mejor manera al proyecto desarrollado.

Tabla 7 - Resumen de información de HH y accidentes por tipo de proyecto desarrollado.

Tipo de Proyecto	N° Proyectos	HH₅	LTI₅	MTI₅	FAI₅	TWI₅
MI	7	64.889.013	53	205	997	1.255
MIS (*)	3	5.633.082	4	25	59	88
I	8	11.544.247	13	80	434	527
CE (*)	2	2.279.380	1	1	6	8
CPP	6	14.713.661	1	73	286	360
EPP	10	8.561.831	8	52	134	194
TOTAL	36	107.621.214	77	436	1915	2428

Las categorías marcadas con (*) serán descartadas para el análisis estadístico posterior, debido a que no cumplen con las condiciones necesarias para participar de él, de acuerdo a lo que se describe en el siguiente punto del capítulo.

Finalmente se presenta la información obtenida a partir de la clasificación de proyectos por tamaños, de acuerdo con los criterios presentados anteriormente.

Tabla 8 - Resumen de información de HH y accidentes por rango de HH trabajadas.

Intervalo HH	N° Proyectos	HH₅	LTI₅	MTI₅	FAI₅	TWI₅
I	13	2.174.079	5	26	60	91
II	13	14.172.551	14	74	383	471
III	10	91.274.584	58	336	1.472	1.866
TOTAL	36	107.621.214	77	436	1.915	2.428

4.4. Análisis estadístico de clasificaciones propuestas para proyectos

Para validar y justificar la agrupación de proyectos de acuerdo a las diferentes variables presentadas en los puntos anteriores, se busca comprobar que los resultados de los índices de accidentabilidad con tiempo perdido y totales efectivamente indican una dependencia de dichas variables. De esta forma, será posible fundar las recomendaciones y las conclusiones sobre evidencias sólidas de diferencias entre distintos tipos de proyectos y otras características que los determinan.

De acuerdo a lo descrito y argumentado en el capítulo 3, los análisis se realizarán sobre el índice de accidentes con tiempo perdido (LTIFR), debido a que es el índice al que más importancia se le da en los proyectos, y sobre el índice total de accidentabilidad (TWIFR), que también es importante al englobar al resto y que al tener mayor cantidad de datos, asegura un resultado más preciso.

Análisis de varianza

Para conseguir este objetivo planteado, se realizarán análisis de varianza o ANOVA, por sus siglas en inglés, a los datos recopilados. El ANOVA consiste de una prueba estadística que permite comprobar si las distintas observaciones obtenidas, para diferentes valores de una variable a estudiar, son independientes del valor que tome dicha variable. A este caso se le denomina hipótesis inicial y es la que se buscará rechazar, con un nivel de confianza del 95%, para concluir que la variable efectivamente tiene influencia sobre las observaciones obtenidas.

Este 95% se comprueba observando el valor que toma la constante “p” resultante del ANOVA. El valor “p” se define como la probabilidad de obtener un valor tan extremo como el analizado, considerando que la hipótesis nula es correcta. Esto se traduce en que si el valor “p” es menor al 5% (equivalente al 95% de confianza), se considera que el resultado es demasiado improbable para ser al azar, por lo que se acepta que la variable influye sobre las observaciones.

Las condiciones básicas que se necesitan para realizar un ANOVA, son tener observaciones que sigan una distribución parecida a la normal, con la misma varianza de datos y un número de observaciones similares para los grupos a analizar. Esta última condición es la que obliga a elegir solamente tres países y a descartar a dos tipos de proyectos, en dicha categoría, para realizar el análisis.

Los resultados del análisis de varianza indican que se tienen las siguientes relaciones de dependencia entre las variables planteadas²:

Tabla 9 – Resultados de análisis de varianza para las variables indicadas

Variable Calificativa	Variable Cuantitativa	Valor p	Hipótesis Nula
Región	LTIFR	77,3%	No Rechazada
País (*)	LTIFR	45,4%	No Rechazada
G/B	LTIFR	19,3%	No Rechazada
Tipo de Proyecto (*)	LTIFR	30,6%	No Rechazada
Rango de HH	LTIFR	27,8%	No Rechazada
<i>Región</i>	<i>TWIFR</i>	<i>0,44%</i>	<i>Rechazada</i>
<i>País (*)</i>	<i>TWIFR</i>	<i>2,6%</i>	<i>Rechazada</i>
G/B	TWIFR	55,8%	No Rechazada
Tipo de Proyecto (*)	TWIFR	69,5%	No Rechazada
Rango de HH	TWIFR	50,2%	No Rechazada

(*): Variables calificativas que no consideran la muestra completa de datos, según lo explicado anteriormente.

Por los resultados presentados en los puntos anteriores, se procederá a realizar análisis y comparaciones sólo para aquellas clasificaciones en las cuales el ANOVA confirmó una dependencia de los índices totales de accidentabilidad, a través del rechazo de la hipótesis nula. En el resto de los casos, no se descarta dicha dependencia, pero al no poder demostrarla, se decide no proceder con los análisis y obtener conclusiones potencialmente erróneas.

Regresión lineal

Además de estos análisis de varianza, se busca determinar a través de regresiones lineales, si los LTIFR o los TWIFR tienen una relación de dependencia con la cantidad de HH totales de los proyectos o una relación lineal entre estos índices que permita prever cuántos de los accidentes resultarán en tiempo perdido.

² Análisis detallado disponible en Anexo A – Análisis de Varianza

La regresión lineal es un método de análisis que permite representar la dispersión de las observaciones realizadas, en función de una variable cuantitativa, a través de una función lineal. La correlación de la regresión lineal (R^2) indica el nivel de precisión con la que dicha función lineal encontrada puede predecir el comportamiento de las observaciones, siendo deseable que llegue a un valor cercano al 100%.

Las correlaciones de las comparaciones descritas anteriormente se presentan a continuación³:

Tabla 10 – Resultados de regresión lineal para las variables indicadas

Variable Independiente	Variable Dependiente	R²	Resultado
HH	LTIFR	1,29%	Independientes
HH	TWIFR	1,62%	Independientes
TWIFR	LTIFR	0,13%	Independientes

Se concluye entonces que no existe relación lineal alguna entre las variables cuantitativas presentadas anteriormente, en las combinaciones presentadas.

4.5. Índices de accidentabilidad obtenidos

En esta sección, se presentan gráficamente los resultados obtenidos para los índices de accidentabilidad totales y con tiempo perdido, tanto globales como para las categorías escogidas de entre las propuestas, de acuerdo a los análisis estadísticos realizados. Los demás índices de accidentabilidad se presentarán igualmente, para complementar la información.

Índices de accidentabilidad globales

Para comenzar, se presentan los índices de accidentabilidad globales obtenidos de la base de datos de accidentes de contratistas, en proyectos EPCM para la minería. Esto, durante el periodo de estudio de cinco años.

Solamente para esta selección, se presentan también los índices relacionados a los días perdidos, los que serán analizados en el próximo capítulo.

³ Análisis detallado disponible en Anexo B – Regresiones Lineales

Tabla 11 – Resultados globales de índices de accidentabilidad, sobre 200.000 HH, obtenidos para 5 años.

Cada 200.000HH	LTIFR ₅	MTIFR ₅	FAIFR ₅	TWIFR ₅	IS ₅	TS ₅
Total Global	0,14	0,81	3,56	4,51	0,72	3,27

En este caso de los valores globales, se presentan los índices de accidentabilidad seleccionados (LTIFR y TWIFR) distribuidos semestralmente, a lo largo del periodo de estudio.

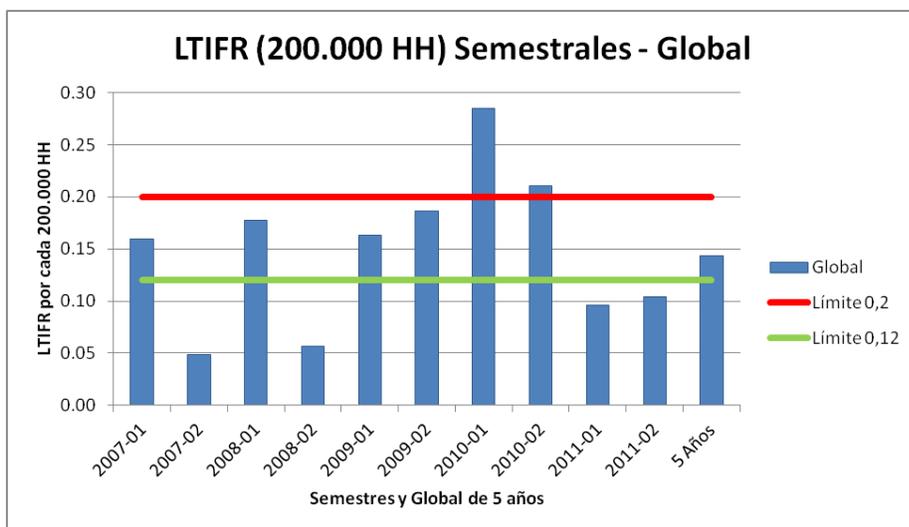


Figura 6 – Gráfico de distribución semestral y de total de LTIFR (200.000 HH) globales

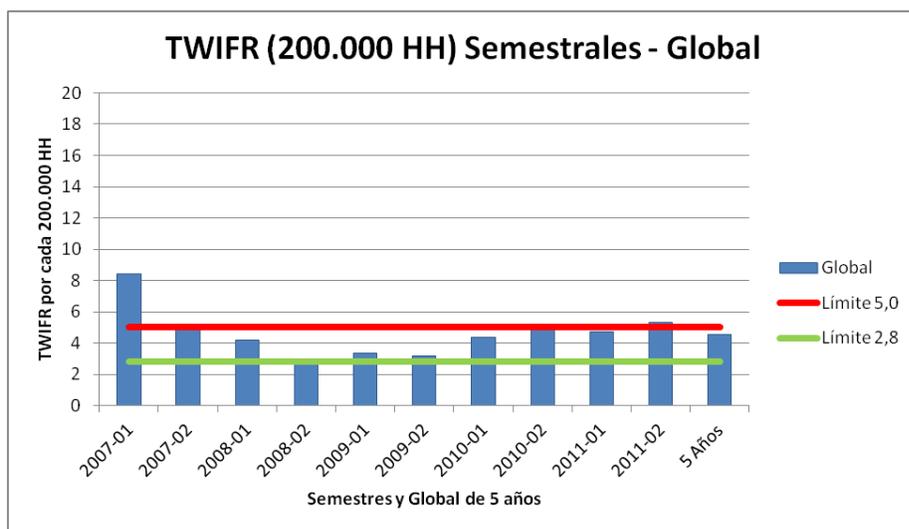


Figura 7 – Gráfico de distribución semestral y de total de TWIFR (200.000 HH) globales

Índices de accidentabilidad por región geográfica

A continuación, se presentan los valores totales obtenidos de los índices de accidentabilidad, para los proyectos seleccionados, de acuerdo a su localización dentro de las regiones geográficas escogidas. Los valores de LTIFR₅, MTIFR₅ y FAIFR₅ son referenciales solamente, ya que se realizarán los análisis sobre TWIFR₅.

Tabla 12 - Resultados por región geográfica de índices de accidentabilidad, obtenidos para 5 años

Cada 200.000HH	LTIFR ₅	MTIFR ₅	FAIFR ₅	TWIFR ₅
AA	0,30	1,42	6,62	8,33
AF	0,14	0,59	1,48	2,21
LA	0,05	0,29	1,58	1,91
NA	0,15	1,76	6,58	8,49
GLOBAL	0,14	0,81	3,56	4,51

Presentación gráfica de los valores obtenidos para los TWIFR₅ en la tabla anterior, de acuerdo a la clasificación por región geográfica definida.

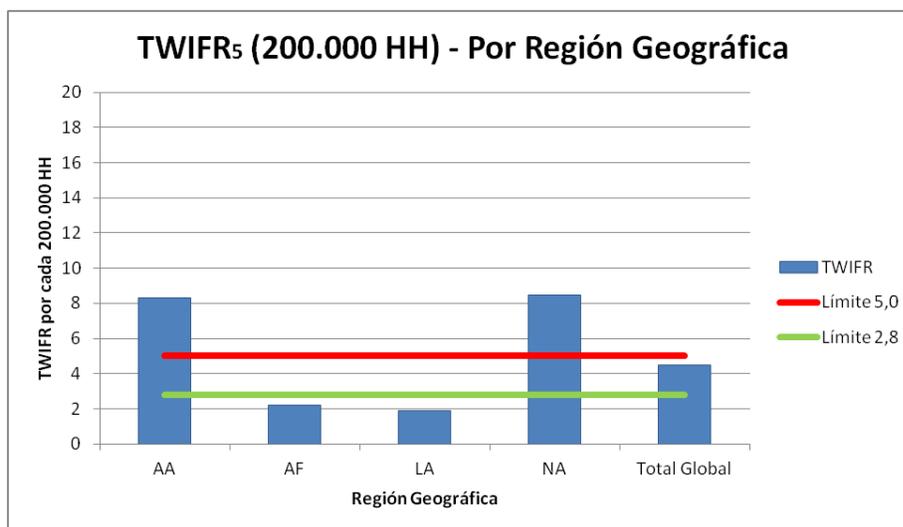


Figura 8 - Resultados de TWIFR para 5 años, por región geográfica y total global

Presentación gráfica de los TWIFR semestrales obtenidos para las diferentes regiones geográficas, distribuidas a lo largo del periodo de estudio. Se incluyen también la curva de distribución por semestre de los totales globales y el TWIFR₅ global, como comparación.

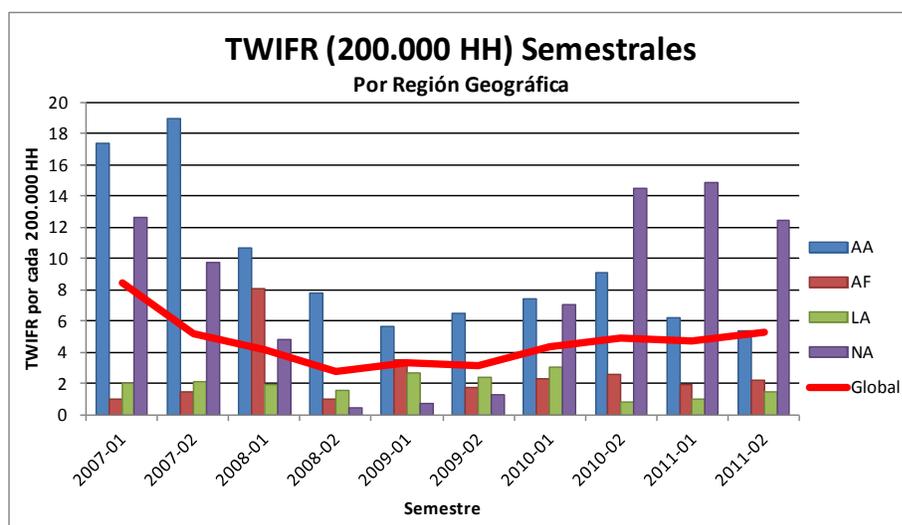


Figura 9 - Distribución semestral de TWIFR, según región geográfica y global

Índices de accidentabilidad para países del grupo ACS

Finalmente se presentan los resultados obtenidos de índices de accidentabilidad para el caso restante de los países agrupados en ACS, la clasificación por países con mayor número de proyectos. Nuevamente los valores presentados, salvo por los TWIFR₅, son referenciales debido a las razones expuestas anteriormente. Se presentan también los valores globales, para compararlos.

Tabla 13 - Resultados para países del grupo ACS de índices de accidentabilidad, obtenidos para 5 años

Cada 200.000HH	LTIFR ₅	MTIFR ₅	FAIFR ₅	TWIFR ₅
Australia	0,12	1,30	10,55	11,96
Canadá	0,12	1,85	6,91	8,87
Sudáfrica	0,13	0,61	1,15	1,89
Total ACS	0,12	1,22	6,13	7,48
GLOBAL	0,14	0,81	3,56	4,51

Para el caso de los países del grupo ACS, se presenta a continuación el resultado de los índices totales de accidentabilidad del periodo de cinco años, para todos los casos, incluido el total parcial del grupo ACS.

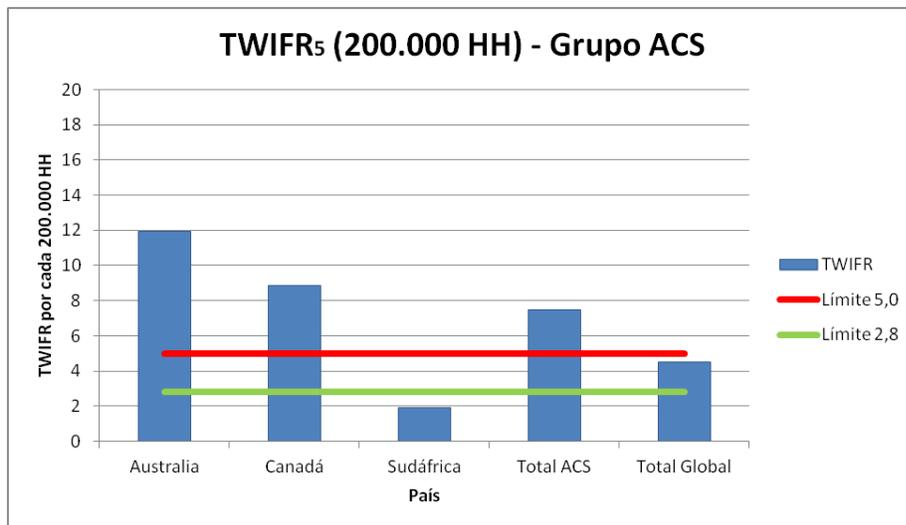


Figura 10 - Resultados de TWIFR para 5 años, para grupo ACS y total global

En el siguiente gráfico, se presentan los resultados obtenidos para las distribuciones temporales de TWIFR semestrales, para los países del grupo ACS, incluyendo la curva del grupo completo y el valor constante de TWIFR₅ del grupo ACS, como comparación.

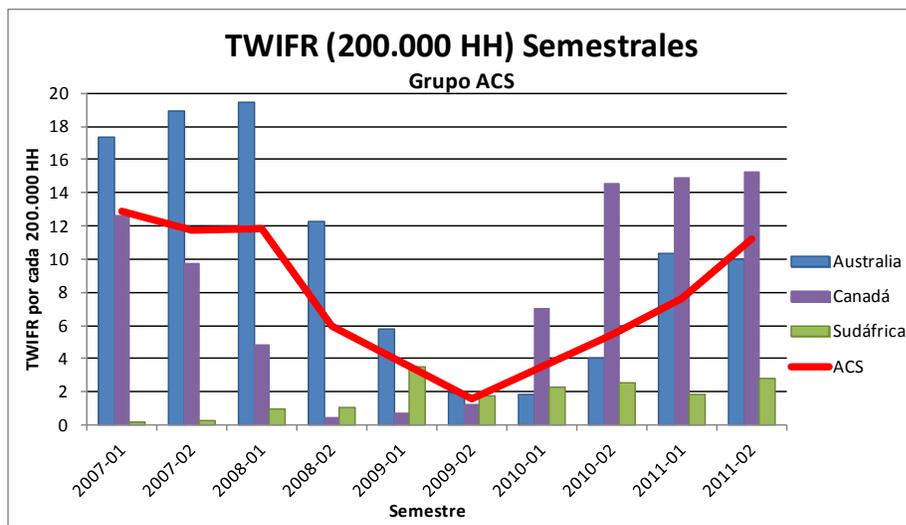


Figura 11 - Distribución semestral de TWIFR, para grupo ACS y global

4.6. Clasificación de datos de accidentes y valores obtenidos

De modo de realizar también un análisis de los accidentes del trabajo mismos, ocurridos durante la ejecución de los 36 proyectos EPCM para la minería investigados, se agruparon dichos accidentes en categorías que se definen de acuerdo a su Fuente, Causa o Tipo. Estos datos se estudiarán de forma diferente a los índices de

accidentabilidad, debido a que no se cuenta con la información de horas hombre asociadas a cada una de las actividades que dieron lugar a ellos, por lo que no es posible obtener índices de accidentabilidad ni realizar comparaciones similares a las anteriores.

De acuerdo al criterio presentado anteriormente, se presentarán y analizarán solamente los datos de accidentes con tiempo perdido (LTI₅) y los accidentes totales ocurridos (TWI₅), durante el periodo de estudio.

Dado lo anterior, se basará el análisis de este caso en las tasas de ocurrencia de los accidentes sobre los totales parciales, tanto para LTI₅ como para TWI₅, y en la participación de accidentes con tiempo perdido sobre los totales en cada grupo.

Las categorías de accidentes recopilados junto a las cantidades de LTI₅ y TWI₅ que corresponden a cada una, los porcentajes del total que representan, en ambos casos, y el porcentaje de accidentes con tiempo perdido sobre el total de ocurridos, se presentan a continuación:

Tabla 14 – Accidentes laborales durante el período 2007 a 2011

Accidentes Laborales	LTI₅	% de LTI₅	TWI₅	% de TWI₅	LTI₅/ TWI₅
Trabajos Supervisión	1	1,30%	17	0,70%	5,90%
Quemaduras	0	0,00%	26	1,10%	0,00%
Caída Materiales	0	0,00%	28	1,20%	0,00%
Carpintería	0	0,00%	36	1,50%	0,00%
Trabajos en Altura	7	9,10%	38	1,60%	18,40%
Movimientos Tierra/Instalación Faena	7	9,10%	56	2,30%	12,50%
Montaje Equipos/Maquinarias	5	6,50%	65	2,70%	7,70%
Terminaciones	3	3,90%	65	2,70%	4,60%
Instalación Tuberías	2	2,60%	72	3,00%	2,80%
Maniobras Izaje	6	7,80%	76	3,10%	7,90%
Instalaciones Eléctricas	0	0,00%	80	3,30%	0,00%
Hormigonado, Moldaje e Inst. Armaduras	5	6,50%	89	3,70%	5,60%
Armado/Desarmado Andamios	1	1,30%	92	3,80%	1,10%

Accidentes Laborales	LTI₅	% de LTI₅	TWI₅	% de TWI₅	LTI₅/ TWI₅
Soldadura/Corte con Soplete	0	0,00%	96	4,00%	0,00%
Operación Maquinaria	6	7,80%	101	4,20%	5,90%
Montaje Acero Estructural	8	10,40%	104	4,30%	7,70%
Traslado/Carga Materiales	5	6,50%	120	4,90%	4,20%
Corte/Desbaste Metales	1	1,30%	126	5,20%	0,80%
Uso Herramientas Manuales/Automáticas	6	7,80%	176	7,20%	3,40%
Sin Información	1	1,30%	206	8,50%	0,50%
Trabajos Generales	13	16,90%	759	31,30%	1,70%
TOTAL DE ACCIDENTES	77	100,0%	2428	100,0%	3,2%

Las lesiones denominadas como “Sin Información” se refieren a aquellas que aparecen sin descripción alguna en el reporte de accidentes de su proyecto correspondiente.

La categoría de “Trabajos Generales” se refiere a todas aquellas lesiones ocurridas que no son clasificables en los demás grupos, ni en general a ninguna actividad específica de la construcción. La gran mayoría de dichas lesiones tienen relación con condiciones o acciones inseguras al transitar el trabajador por las faenas e instalaciones auxiliares. A modo de ejemplo se cuentan caídas al mismo nivel al caminar, entrada de suciedad en los ojos, golpes con objetos sobresalientes o tirados al pasar, torceduras de tobillos y cortes menores.

Se debe mencionar que en varios casos de los datos de accidentes recopilados, éstos se podrían haber clasificado en distintos grupos o caían dentro de dos o más categorías. En aquellos casos, se eligió la actividad más representativa, para no duplicar información y simplificar el análisis.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROYECCIONES

5.1. Análisis de índices de accidentabilidad obtenidos

Distribución temporal de HH de contratistas durante el periodo

En primer lugar, se realizará un análisis del resultados obtenidos para la distribución en el tiempo de las HH ejecutadas por contratistas, en proyectos EPCM de minería, desde 2007 a 2011. Dichos resultados se grafican en la Figura 5 del capítulo anterior.

En dicho gráfico se destaca el constante crecimiento de las HH ejecutadas a lo largo del periodo 2007-01 a 2008-02 y 2010-01 a 2011-02. Esto es directamente dependiente de la cantidad y de la magnitud de los proyectos siendo desarrollados durante cada periodo. La excepción a ello es la fuerte caída de la inversión producida a partir de finales del año 2008 y que se comenzó a recuperar solamente a inicios de 2010. Se supone que dicha anomalía es producto de la crisis económica mundial, que se ha extendido desde 2008 y hasta el año 2012 y cuyos efectos fueron apreciables en todas las industrias del mundo.

En la industria de las materias primas, la fuerte caída de precios de dichos productos a lo largo de 2008 causó que muchos de los proyectos mineros a construirse se hicieran menos viables, hasta el repunte de precios a principios o mediados de 2010. Para ilustrar esto, se presenta un gráfico de precios de algunos minerales seleccionados:

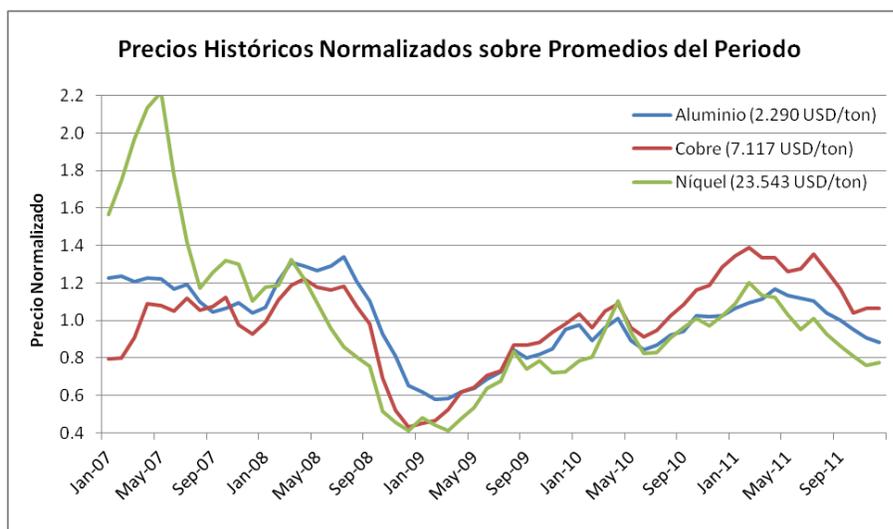


Figura 12 – Precios históricos de Aluminio, Cobre y Níquel 2007 a 2011. Banco Mundial, 2012.

Se destaca también que durante el último período estudiado, la cantidad de HH ejecutadas por contratistas, supera a las máximas que se observaron en el último período anterior a la caída. Esto indica que la cantidad de trabajo parece haberse recuperado a los niveles anteriores a la caída.

Las consecuencias observadas de dicha crisis económica sobre los proyectos son que algunos se aplazaron durante un tiempo, otros redujeron sus cantidades de HH programadas durante los periodos mencionados y algunos incluso fueron paralizados, para luego ser retomados al mejorar la situación. Esta caída en la cantidad de HH ejecutadas podría tener algún tipo de influencia sobre los índices de accidentabilidad, hecho que se buscará establecer posteriormente.

Para efectos del estudio, la distribución de HH obtenidas durante el intervalo de 5 años puede dificultar la obtención de proyecciones, debido a que la anomalía es muy importante y puede provocar distorsiones en las tasas de crecimiento, pero por otra parte, es posible que este mismo escenario anormal evidencie otros factores.

Análisis estadísticos de datos

Es destacable acerca de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, la falta aparente de dependencias entre los índices de accidentabilidad y las categorías de proyectos definidas para la muestra y también con las horas hombre totales de dichos proyecto. Esto, para todos los casos a excepción de la categoría por región y la submuestra por país en que se ejecutó la construcción, para los índices de accidentes totales.

Esto indica que no es posible pronosticar los índices de accidentabilidad con tiempo perdido que se podrían observar durante un proyecto cualquiera, dadas sus características. Como consecuencia de esto, los esfuerzos deben ir enfocados en disminuir las tasas de accidentes totales de los proyectos, para minimizar la probabilidad de presentar accidentes con tiempo perdido.

Índices de accidentabilidad globales obtenidos

En el capítulo anterior, se presentan los resultados globales, totales y semestrales, obtenidos para los índices de accidentabilidad a estudiar.

La primera observación a realizar es que el LTIFR₅ y el TWIFR₅ están por sobre el nivel máximo para la excelencia, pero dentro de los márgenes de rendimiento aceptable.

Esto indica que el rendimiento en materia de seguridad, no ha sido sobresaliente ni tampoco ha pasado a ser deficiente. A grandes rasgos, el rendimiento se encuentra dentro de los márgenes establecidos como normales, lo que a su vez indica que aún existe espacio para seguir mejorando.

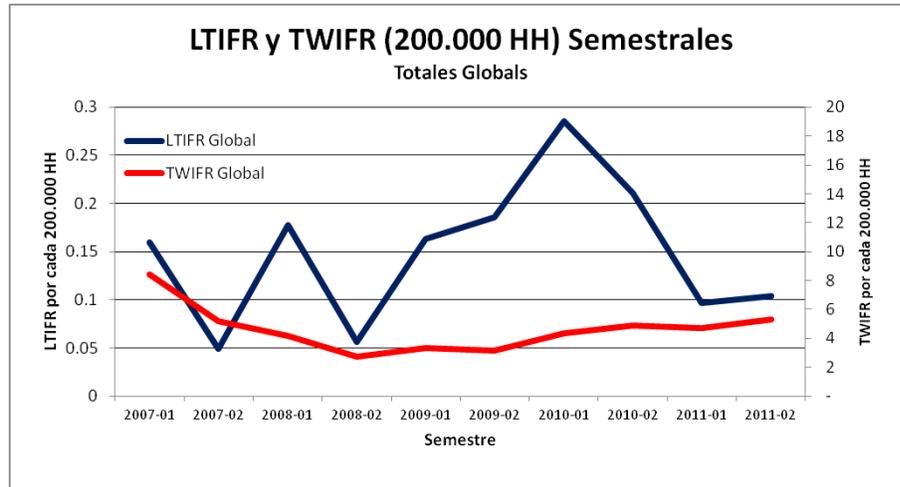


Figura 13 – Distribución temporal de valores de LTIFR y TWIFR globales

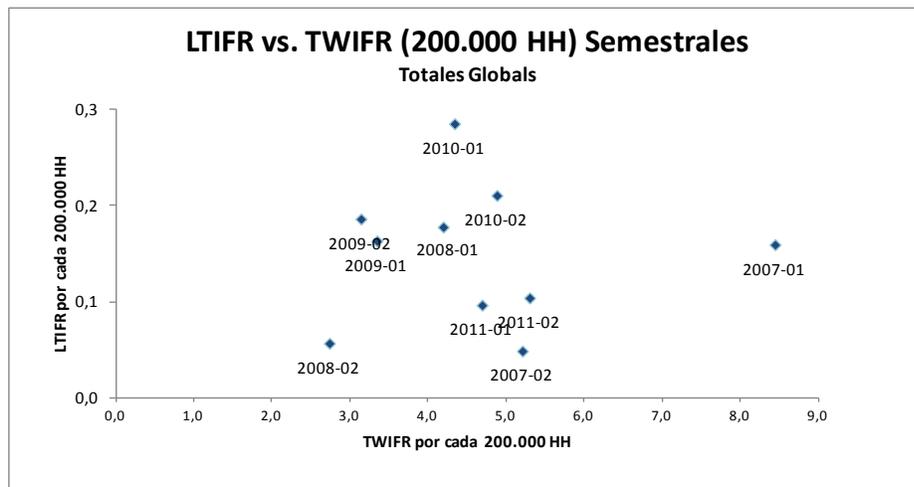


Figura 14 – Dispersión de valores de LTIFR vs. TWIFR globales

De las curvas presentadas para los índices de accidentabilidad principales a estudiar (LTIFR y TWIFR), se aprecia gráficamente que ambos índices no presentan una interdependencia. Esto, debido a que ni las curvas ni los incrementos de los valores de un periodo a otro siguen un patrón semejante (Figura 13). De hecho, mientras los TWIFR semestrales parecen seguir una cierta distribución, los valores para los LTIFR semestrales parecen seguir otra muy distinta o ninguna en absoluto. Esto último es lo mismo que ya se había observado con el análisis de regresiones lineales hecho, graficado ahora en la Figura 14.

Para estos datos semestrales de los índices, se observa que en la mayoría de los casos, se está en los rangos aceptables, incluso bastante por debajo en algunos periodos para los LTIFR. En el caso de los TWIFR, parece preocupante el hecho de que la curva tenga una tendencia al alza en los últimos cinco periodos, teniendo en cuenta que ya está prácticamente fuera de la línea aceptable en el final. Esto hace suponer que el valor obtenido de TWIFR₂₀₀₇₋₀₁ puede no ser solamente una anomalía, sino que un último rastro de la tendencia de años anteriores.

Por otra parte, al contrastar las curvas de los índices de accidentabilidad a lo largo del tiempo, con la distribución de HH ejecutadas, se observa lo siguiente:

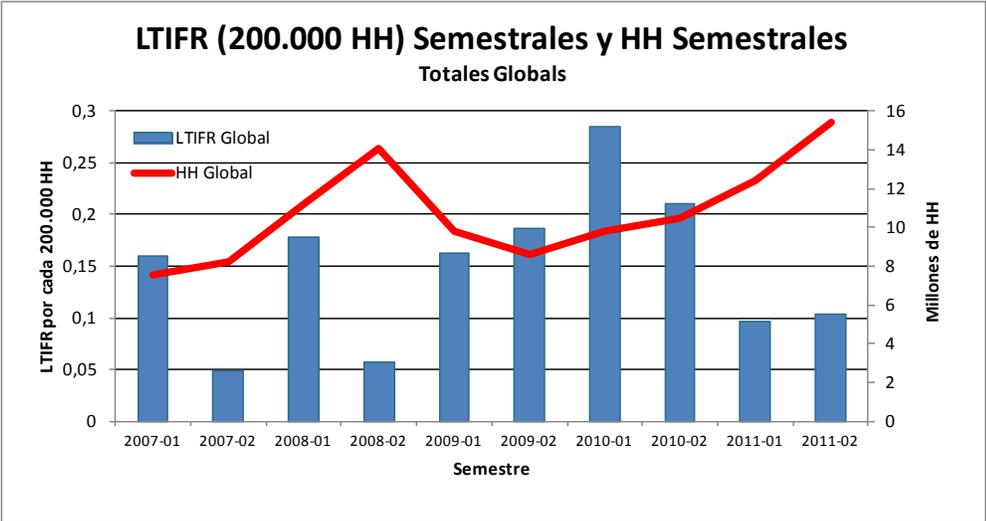


Figura 15 – Distribución de LTIFR y HH globales, por semestre durante el periodo de estudio.

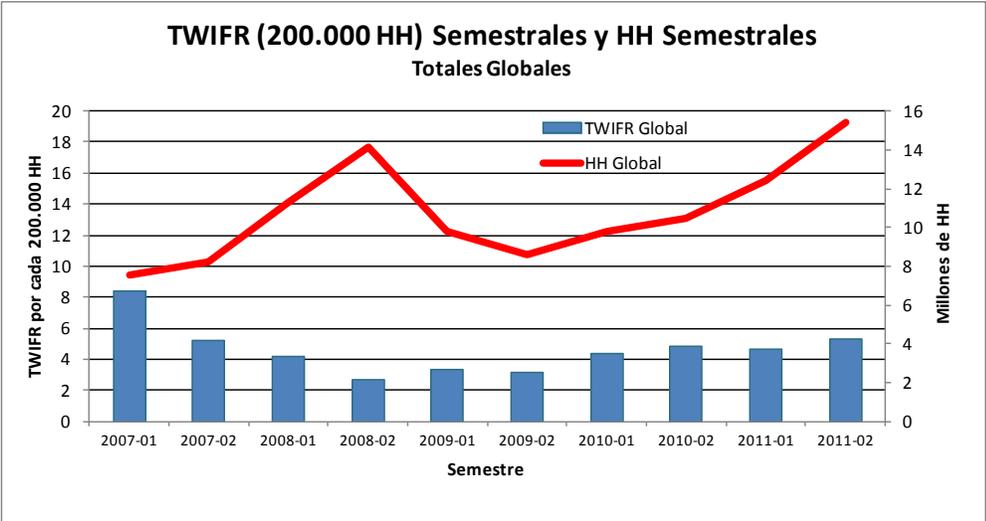


Figura 16 - Distribución de TWIFR y HH globales, por semestre durante el periodo de estudio.

En ambos gráficos no es posible observar una lógica clara que relacione las curvas de valores representadas, aunque en el caso de los TWIFR, a partir del periodo 2009-02, parece haber una tendencia de crecimiento, de la misma forma en que la curva de HH crece. Volviendo a lo señalado anteriormente, puede que el valor TWIFR₂₀₀₇₋₀₁ sea el último de la tendencia anterior y después de ello se observa una anomalía que se extiende hasta 2010-01. Es posible que al realizar comparaciones similares para los resultados regionales, se observe más claramente.

Índices de accidentabilidad regionales obtenidos

A continuación se revisarán los resultados obtenidos para la clasificación por región geográfica de ubicación de proyecto. Como se mencionó anteriormente, se realizará el análisis para los índices de accidentabilidad totales.

En términos generales, tomando en cuenta el periodo de 5 años completo, se observa inmediatamente que existe una diferencia notable entre las regiones Australia y Asia y Norteamérica, con las regiones de África y Latinoamérica. Las primeras tienen TWIFR₅ bastante por sobre el límite superior aceptable y las dos regiones siguientes, al contrario, se encuentran bien ubicadas en el rango de excelencia. Esto podría considerarse contrario a la lógica, de acuerdo al nivel de desarrollo industrial de dichas regiones, pero se intentará encontrar una explicación con datos más detallados.

Esta misma observación se puede realizar al analizar el gráfico de la Figura 9. Mientras los índices de las regiones AF y LA son bastante menores que los TWIFR globales y tienden a ser más constantes en general, los TWIFR de AA y NA son, en general, bastante mayores que la curva base y le otorgan la forma convexa que tiene la curva global. Los puntos más bajos de dicha curva, se sitúan nuevamente entre los periodos 2008-02 y 2009-02.

Se presentan a continuación los gráficos de TWIFR semestrales para cada región, contrastados con sus curvas de HH respectivas, de forma que se puedan estudiar los casos individualmente.

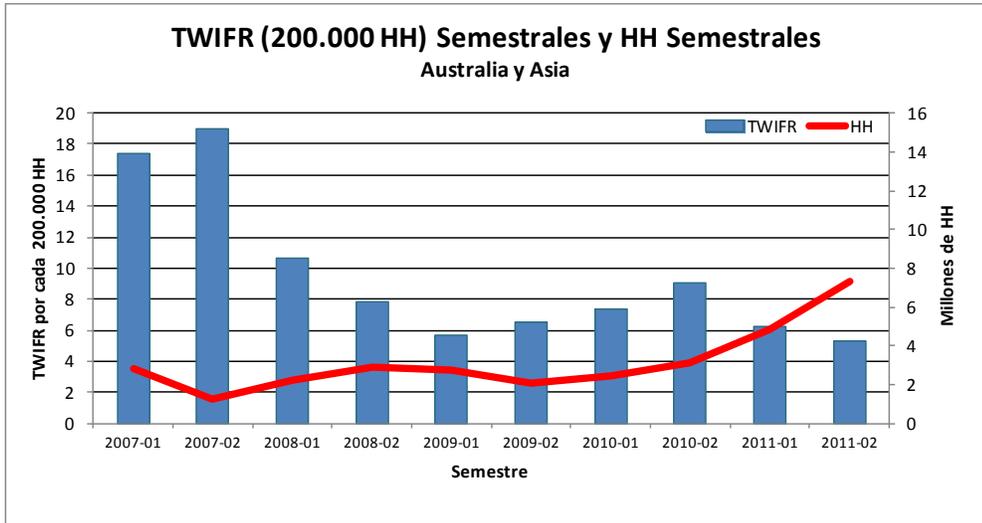


Figura 17 - Distribución de TWIFR y HH regional de Australia y Asia, por semestre.

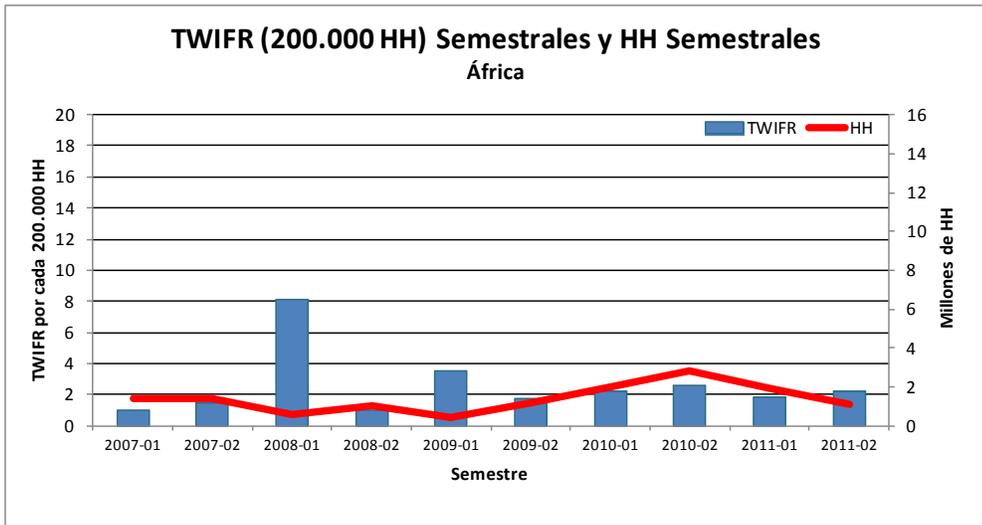


Figura 18 - Distribución de TWIFR y HH regional de África, por semestre.

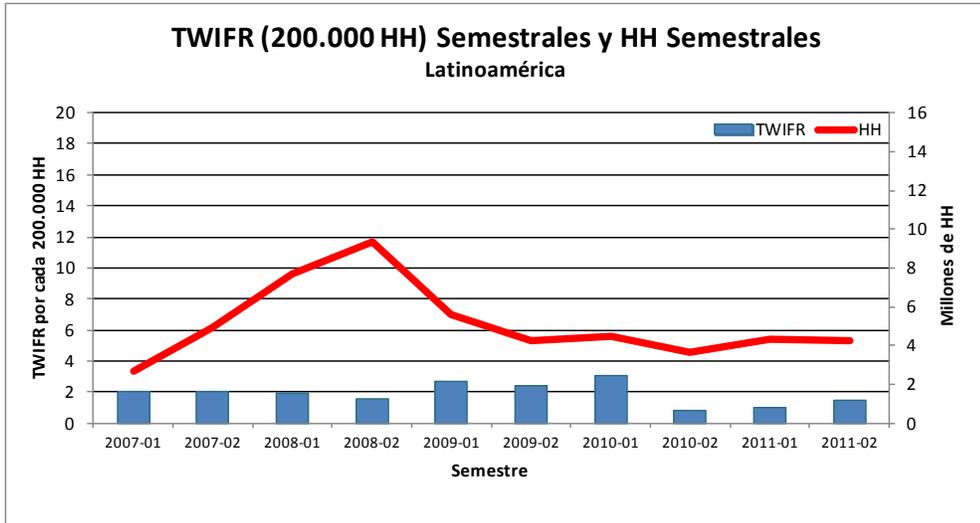


Figura 19 - Distribución de TWIFR y HH regional de Latinoamérica, por semestre.

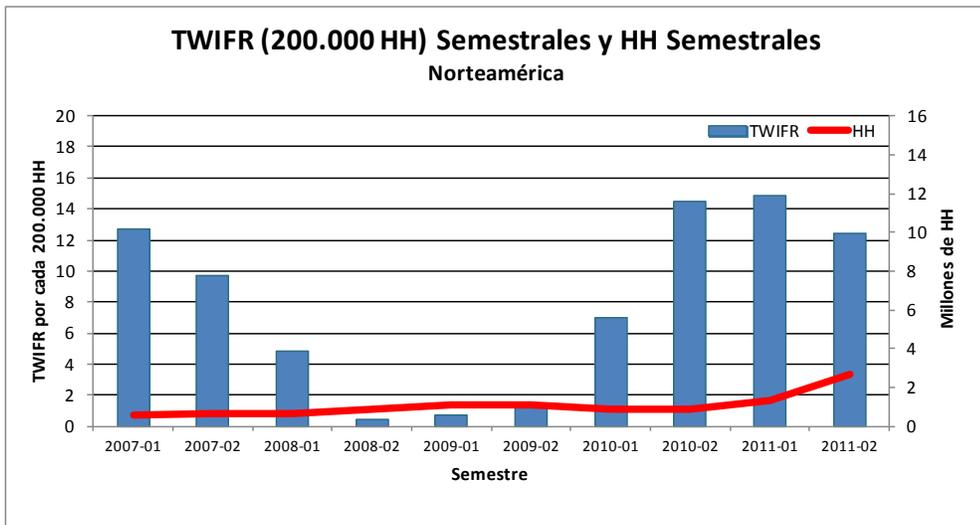


Figura 20 - Distribución de TWIFR y HH regional de Norteamérica, por semestre.

La primera observación importante que se puede hacer de los gráficos⁴, es que queda claro que la cantidad de trabajo realizado en cada región no tiene incidencia directa sobre los TWIFR regionales, por semestres. Tampoco se observa una incidencia de las tasas de crecimiento de horas, de un periodo a otro, sobre estos valores. Esto indica que no se podrá hacer una proyección de índices de accidentabilidad totales, basándose en las proyecciones periódicas de HH ejecutadas por contratistas en proyectos.

⁴ Presentación resumida de gráficos disponible en Anexo C – Comparativa de Gráficos para los Índices de Accidentabilidad Regionales Obtenidos

El segundo punto a destacar, es la diferencia entre las distribuciones de TWIFR semestrales obtenidas para las regiones. En el gráfico latinoamericano se observa una distribución muy uniforme, que en todos los casos, a excepción del TWIFR₂₀₁₀₋₀₁ con 3,06 de valor, está dentro de los límites de excelencia establecidos. En los resultados de África se observa algo muy similar, bastante uniformidad y excelentes resultados, salvo por dos periodos anómalos, de los cuales TWIFR₂₀₀₈₋₀₁ destaca por su elevado valor de 8,10 y su exclusión de los rangos aceptables. Los resultados para Australia y Asia se caracterizan por valores altos de TWIFR semestrales, fuera del rango de 5,00 en todos los casos, y por una curva que muestra sus resultados mínimos entre 2008-01 y 2009-02, de forma similar a lo observado anteriormente en el gráfico global (Figura 18). Finalmente, el caso norteamericano es similar al anterior, pero la caída de los valores de TWIFR entre los semestres mencionados es mucho más marcada, quedando incluso dentro de la zona de excelencia, a pesar de la uniformidad de las HH. El remonte de los TWIFR es igualmente repentino y extremo.

Índices de accidentabilidad obtenidos para los países ACS

Siguiendo con la metodología de comparación anterior, se realizarán los análisis para la submuestra de países, que incluye los proyectos ejecutados por contratistas en Australia, Canadá y Sudáfrica (ACS). Esta submuestra puede entregar datos más específicos, para concluir sobre todo lo presentado anteriormente.

Inmediatamente se observa en la Figura 11, que la tendencia de los índices de accidentabilidad total se mantiene, con respecto a los resultados obtenidos por región geográfica. La única salvedad es que en este caso, los resultados obtenidos son aun más extremos. Mientras el TWIFR₅ de Sudáfrica es incluso ligeramente menor que el de su región correspondiente, el de Canadá está un poco por encima del de Norteamérica (a pesar de que esta región incluye un solo proyecto fuera de Canadá) y en el caso de Australia, el índice se ve aumentado fuertemente, llegando a valores que doblan al máximo aceptable. El resultado general de los países ACS, por su parte, se ve fuertemente influenciado por los valores reflejados por Australia y Canadá, por lo que se muestra alto y sobre el límite superior de 5,0. Esto indica nuevamente que el valor del grupo, no es representativo de la realidad de los países que representa, por la disparidad muy marcada existente.

A continuación se presentan los gráficos correspondientes a la comparación de la distribución de HH ejecutadas por contratistas con los índices de accidentabilidad totales correspondientes, para los países estudiados en la submuestra y el total de ella. Esto permite observar de mejor manera lo presentado en el gráfico de la Figura 11.

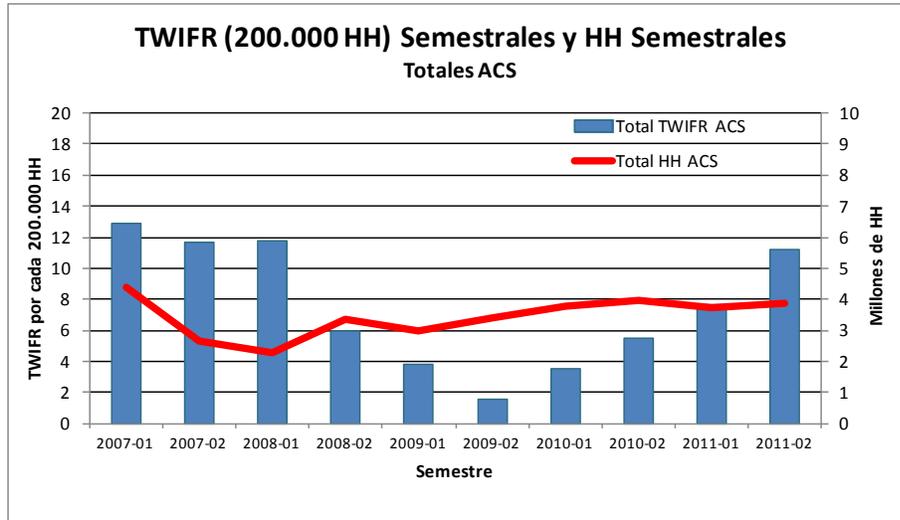


Figura 21 - Distribución de TWIFR y HH para países ACS, por semestre durante el periodo de estudio.

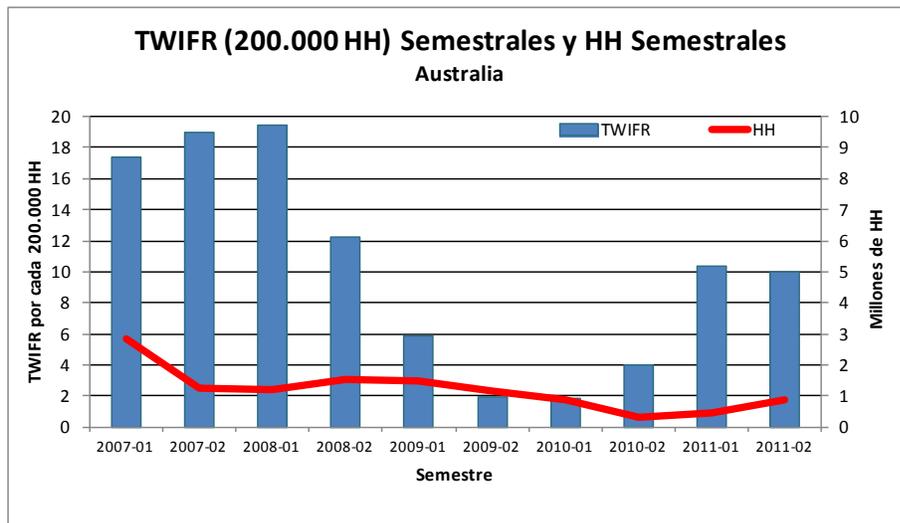


Figura 22 - Distribución de TWIFR y HH de Australia, por semestre durante el periodo de estudio.

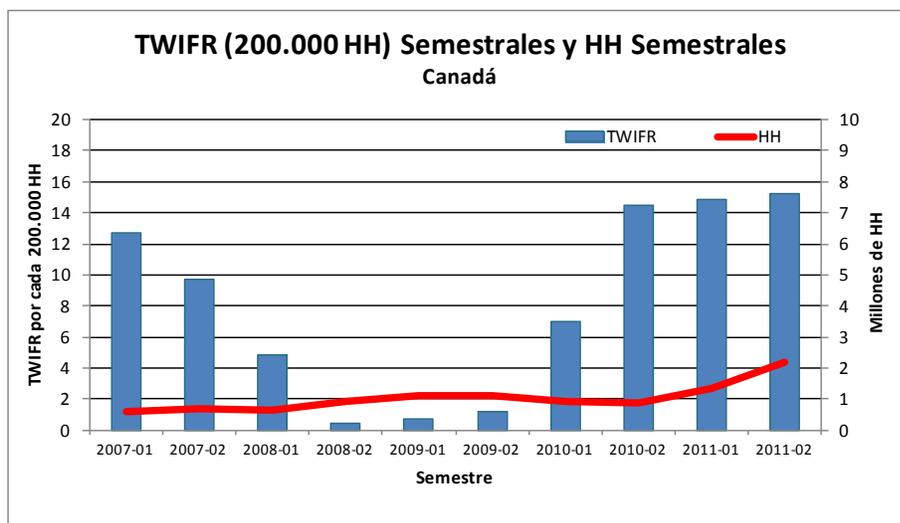


Figura 23 - Distribución de TWIFR y HH de Canadá, por semestre durante el periodo de estudio.

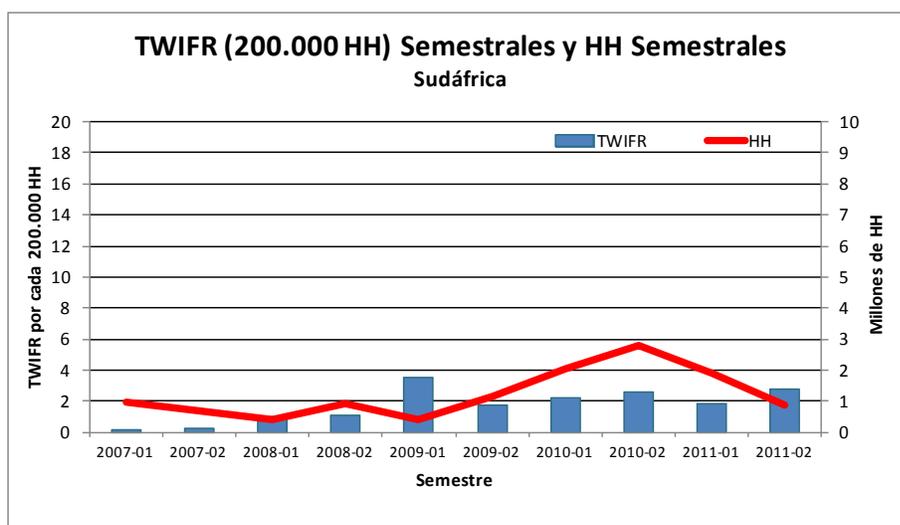


Figura 24 - Distribución de TWIFR y HH de Sudáfrica, por semestre durante el periodo de estudio.

Una vez más, se aprecia⁵ cómo las curvas de HH no tienen relación directa con los índices de accidentabilidad presentados. Tampoco se aprecian relaciones entre las tasas de cambio de una y otra curva, lo que dificulta la posibilidad de realizar una predicción de los TWIFR, basándose en proyecciones de proyectos a ejecutar.

Las Figura 21, Figura 22 y Figura 23, indican nuevamente lo que se ha observando en puntos anteriores: Máximos por encima del superior aceptable para dichos índices y

⁵ Presentación resumida de gráficos disponible en Anexo D – Comparativa de Gráficos para los Índices de Accidentabilidad Obtenidos en los Países ACS

una disminución importante en los periodos centrales, 2008-01 a 2010-02, en estos casos. La diferencia se da nuevamente en el caso de Sudáfrica (Figura 24), donde se tiene un desempeño prácticamente con los mismos valores que para su región correspondiente, excepto por el máximo regional en TWIFR₂₀₀₈₋₀₁ que no aparece.

Debido a lo anterior, es posible plantear de nuevo que los índices de accidentabilidad totales son influenciados por situaciones propias del lugar donde se desarrollan los proyectos y no por la cantidad de HH que se ejecuten en un cierto periodo de tiempo.

Resumen de Análisis de Índices de Accidentabilidad Totales

Todo lo visto en los puntos anteriores sigue una línea consistente, que nos permite establecer las siguientes observaciones principales, basadas en los datos de índices de accidentabilidad totales recopilados para este estudio:

- Los TWIFR, tanto totales como semestrales, son considerablemente menores en las regiones de África y Latinoamérica que en las regiones de Norteamérica y Australia y Asia, logrando las primeras un desempeño en el ámbito de seguridad muy destacado. Esto podría considerarse contrario a la noción de que NA y AA son regiones con alto desarrollo industrial y AF y LA lo son menos.
- Los TWIFR semestrales, para las regiones AA y NA y sus respectivos países, sufren caídas notorias dentro del periodo que se extiende entre 2008-01 y 2010-02, el cual coincide de cierta manera con la caída global de las HH ejecutadas por contratistas. Todo esto, a diferencia de los casos de AF y LA, donde parecen no ser afectados por la caída a nivel global. Se destaca que las curvas de HH locales de contratistas para AA, NA, Australia y Canadá no muestran caídas fuertes en el mismo lapso, sino que la caída global es la suma de pequeñas caídas en todas las regiones y países.

5.2. Análisis de datos de accidentes ocurridos

Los datos obtenidos para los 36 proyectos estudiados EPCM para la minería, de los accidentes ocurridos en trabajos de contratistas, se pueden revisar en la tabla 14 del capítulo anterior. De dicha tabla se pueden extraer varias observaciones relevantes.

Los indicadores presentados se pueden utilizar para concluir de diferentes maneras, debido a que los porcentajes del total podría permitir pronosticar las cantidades de accidentes de cada tipo a producirse sobre una cantidad proyectada y la incidencia de LTIs por cada TWI permitiría analizar lo riesgosa que puede llegar a ser una

determinada actividad, considerando la frecuencia con la que un accidente de esa actividad produce pérdida de tiempo.

En primer lugar, la mayor cantidad de los accidentes ocurridos en las faenas de los proyectos estudiados, aparecen bajo la categoría de “Trabajos Generales”, que de acuerdo a lo expuesto en el capítulo anterior, tienen su raíz en actos o condiciones inseguras, generalmente. Corresponden casi a la tercera parte del total de accidentes ocurridos durante los proyectos. “Trabajos Generales” también posee la mayor cantidad de los accidentes con tiempo perdido registrados (16,9%), a pesar de que la incidencia de LTI por cada TWI es muy baja (1,7%). Esto significa, que aunque son de bajo riesgo, se producen de esta forma la mayor cantidad de accidentes con tiempo perdido.

En segundo lugar de los accidentes totales, muy atrás con un 8,5%, le siguen aquellos que no tienen información asociada, por lo que no se puede concluir nada a partir de ellos. La ventaja es que tienen una tasa de LTI_5/TWI_5 aún más baja, por lo que no son realmente relevantes en cuanto a la prevención de accidentes con tiempo perdido.

Otras actividades con una cantidad considerable de TWI_5 son “Uso de Herramientas Manuales o Automáticas”, “Corte o Desbaste de Metales” y “Traslado o Carga de Materiales”, con casi un 5% o más del total de accidentes.

Por la parte de los porcentajes del total de LTI_5 , después de los “Trabajos Generales”, se tiene a las actividades de “Montaje de Acero Estructural”, con un 10,4%. Junto con ella, se encuentran cerca también “Movimientos de Tierra e Instalaciones de Faena” y “Trabajos en Altura”, con un 9,1% del total de LTI_5 . Indicando a aquellos grupos como los causantes de la mayor parte de las lesiones con tiempo perdido en los proyectos.

Finalmente, según la categoría de incidencia de accidentes con tiempo perdido sobre el total de accidentes, nuevamente se repiten las actividades “Movimientos de Tierra e Instalaciones de Faena” y “Trabajos en Altura”, con un 12,5% y un 18,4%, respectivamente. Esto indica que estas son actividades críticas a tomarse en cuenta, debido a que cada accidente tiene un gran potencial de causar días perdidos, a pesar de no estar entre las 10 causas más comunes de accidentes en las obras.

Estos resultados de LTI_5 coinciden en cierta manera con tres de las cuatro causas con mayor incidencia en los accidentes fatales en la construcción en EE.UU, definidas por OSHA en 2010. Éstas son las caídas, con un 34% de las muertes, las electrocuciones, con un 10%, los golpes con objetos, 8%, y los atrapamientos o aplastamientos, que causan un 4% de las muertes. Se fundamenta esta idea en que las caídas se

relacionan mayormente a faenas de trabajos en altura, y los golpes, atrapamientos y aplastamientos se asocian usualmente a montajes estructurales, movimientos de tierra y maniobras de izaje, confirmando el mayor potencial de daño que tienen asociados dichos accidentes.

5.3. Otros Índices de accidentabilidad

Para el resto de los índices de accidentabilidad basados en los días laborales perdidos, se destaca que el índice de severidad es bastante elevado, ya que indica que en promedio cualquier accidente ocurrido tuvo asociado un tiempo perdido correspondiente al 72% de una jornada trabajo, lo que casi lo calificaría como un accidente con tiempo perdido. También se podría interpretar esta cifra como que un 72% de los accidentes ocurridos durante la ejecución de estos proyectos resultaron como LTI, siendo que en realidad este porcentaje alcanzó el 3,2% en realidad, según los datos de la tabla 14.

En la misma línea, la pérdida de 3,27 días de trabajo perdido por cada 200.000 HH es bastante alta si se compara con el hecho que en general ocurrieron 0,14 accidentes con tiempo perdido para la misma cantidad de HH.

Todo esto apunta a que en cada LTI se tuvo una cantidad bastante mayor de días perdidos que uno, siendo 22 días el promedio por LTI, y deja en evidencia el hecho que el índice de accidentabilidad con tiempo perdido solo entrega una visión parcial del desempeño obtenido en seguridad.

Esto indica que proyectos o empresas que tengan índices de accidentabilidad con tiempo perdido similares, podrían tener desempeños en seguridad muy dispares, dependiendo de los índices relacionados a los días perdidos que presenten. Esto haría poco precisa la comparación entre proyectos al considerar solamente los LTIFR.

Lo mismo podría concluirse para la comparación entre distintas actividades económicas o industriales, en que los índices de accidentabilidad pueden favorecer a un sector en un caso y perjudicarlo en otros, debido a sus desempeños características propias. Este justamente es el escenario que se aprecia en el gráfico siguiente, basado en el informe “Estadísticas de Accidentabilidad 2011” de la Superintendencia de Seguridad Social.

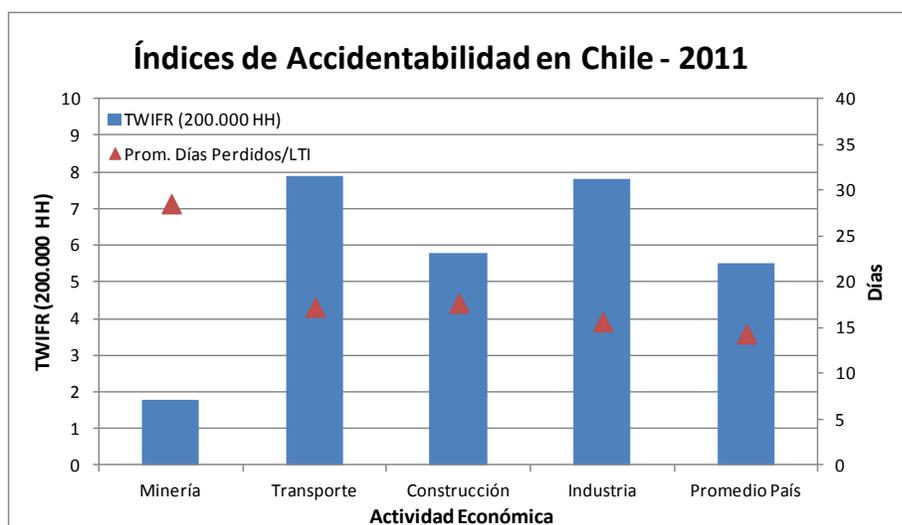


Figura 25 – Índices de accidentabilidad 2011 en Chile para las actividades más riesgosas. SUSESO, 2012.

Los datos indican la fuerte disparidad entre el desempeño en cuanto a LTIFR y días perdidos promedio por cada LTI, al comparar la industria minera con el promedio general del país, matizando los resultados obtenidos para LTIFR exclusivamente.

5.4. Proyecciones

En el análisis realizado se comprobó, que los índices de accidentes con tiempo perdido (LTIFR), no son influenciados por ninguna de las variables establecidas para el estudio y que tampoco presentan una dependencia con respecto a la distribución de HH. Por ello, se considera complicado y poco preciso el realizar proyecciones para los LTIFR.

En cuanto a los índices totales de accidentes, éstos tampoco muestran una tendencia a seguir las variaciones de las HH o tener relación alguna con ellas, según lo visto en los gráficos de las Figura 15 a Figura 24, además de no demostrar relación con las HH de los proyectos individuales durante las regresiones lineales. De hecho, los TWIFR probablemente son influenciados por factores externos a los proyectos, pero propios del lugar donde se desarrollan, como se planteó anteriormente.

Por lo anterior, se sugiere que lo observado se debe en parte importante a factores del medio, de la economía y de las industrias de la construcción y la minería propios de cada país o región, dependientes parcialmente de su desarrollo y situación económica actual. Se buscará explicar este escenario indirectamente a través de la presentación de algunos indicadores de los países estudiados, que representan su realidad completa y no solo la de los sectores mencionados, por lo que se asumirá que el análisis será una aproximación. Los indicadores presentados son el producto interno bruto (PIB) per

cápita, a valores de paridad de poder adquisitivo (PPA), y la tasa de desempleo histórica para cada país del grupo ACS, de forma de relacionarlos a los resultados obtenidos. Dichos indicadores se utilizan usualmente para caracterizar el desarrollo económico de los países y su nivel de demanda de trabajo, respectivamente.

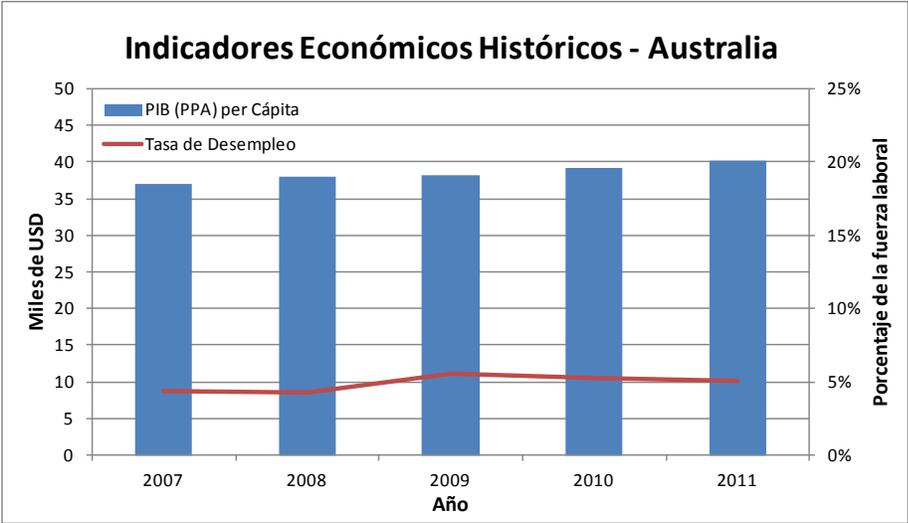


Figura 26 - PIB per cápita y tasa de desempleo 2007-2011 en Australia. Fondo Monetario Internacional, 2012.

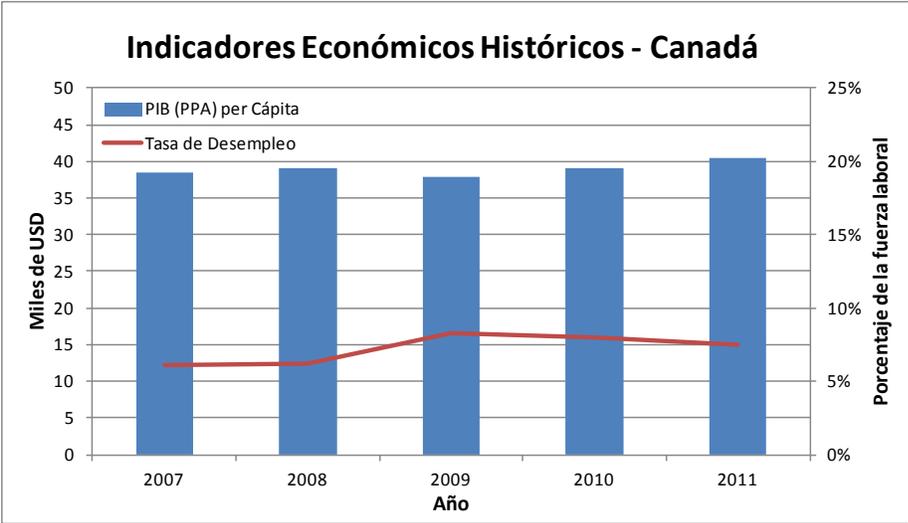


Figura 27 - PIB per Cápita y tasa de desempleo 2007-2011 en Canadá. Fondo Monetario Internacional, 2012.

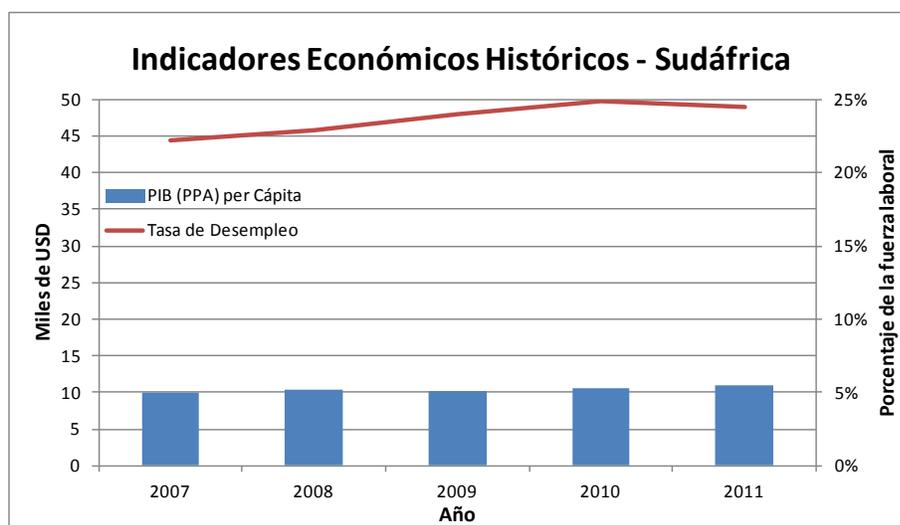


Figura 28 – PIB per Cápita y tasa de desempleo 2007-2011 en Sudáfrica. Fondo Monetario Internacional, 2012.

Los gráficos presentados confirman la diferencia planteada entre países de acuerdo a características tales como el desarrollo económico y la gran disparidad entre sus tasas de desempleo, indicando que Australia y Canadá tienen una realidad completamente diferente a Sudáfrica.

Finalmente, debido a que estos factores propuestos como parámetros propios de cada país y su realidad, escapan del alcance de trabajo y los objetivos propuestos para el desarrollo de este estudio, no se considera preciso ni factible realizar proyecciones de los índices de accidentabilidad totales a periodos futuros.

Comparación al caso de Chile

Por otra parte, se espera poder hacer algunas observaciones relevantes, para el caso de la economía chilena, ya que no fue posible conseguir suficiente información para el país, durante la recopilación de datos realizada.

Se busca concretar este objetivo, al presentar la misma información básica para Chile (Figura 29), que en los gráficos anteriores (Figura 26 a Figura 28). Con ésta, se puede establecer una comparación de bajo nivel de detalle, que permita sacar algunas conclusiones para un posible escenario futuro de la industria en el país.

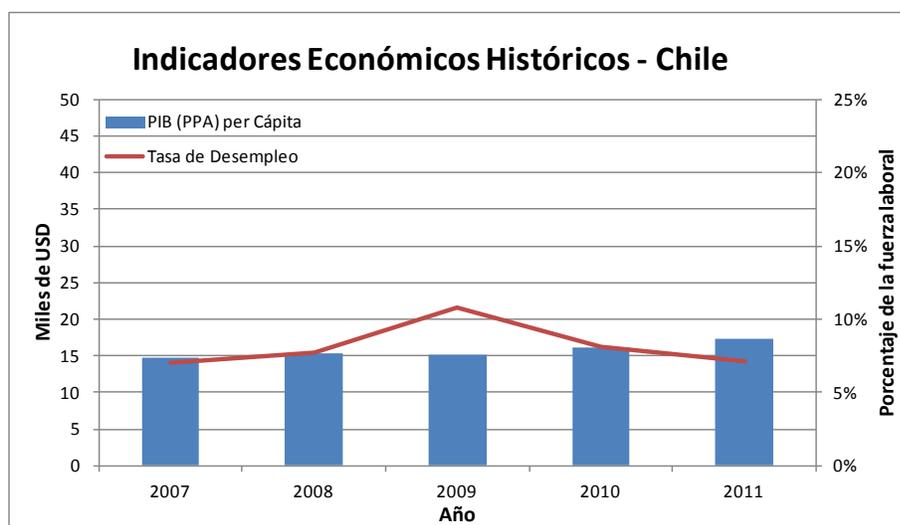


Figura 29 - PIB per Cápita y tasa de desempleo 2007-2011 en Chile. Fondo Monetario Internacional, 2012.

El escenario observado en el gráfico es nuevamente bastante distinto a los tres casos anteriormente presentados. Lo que es más destacable es el bajo desempleo mostrado durante los últimos dos años y el hecho de que es comparable en este periodo al presentado para Canadá.

Por otra parte, se pueden agregar al análisis la inmigración en cada uno de los países estudiados y Chile, para seguir contrastando las realidades existentes en diferentes regiones del mundo. Esto, debido a que en el estudio “Construction Labor Shortages & Immigration” de Dale Belman (2005), el autor sugiere que ante la gran demanda de trabajadores en el sector de la construcción de los países desarrollados económicamente, se recurre en algunos casos a la contratación de trabajadores inmigrantes, posiblemente menos calificados. Una de las consecuencias observadas en dicho estudio es un aumento de las tasas de accidentabilidad en la construcción.

Siguiendo esta línea, se presentan a continuación las tasas de migración neta observadas para el año 2011 en cada uno de los países estudiados, según los datos presentados en el World Factbook de la Agencia Central de Inteligencia de los EE.UU. (2012). Los valores positivos indican una inmigración predominante y los números negativos muestran una mayor emigración.

Tabla 15 – Tasa de migración neta para el año 2011, por país.

País	Tasa de Migración Neta [migrantes por cada mil habitantes]	Ubicación Mundial	Ubicación Países Desarrollados
Australia	6,03	17	2
Canadá	5,65	18	3
Chile	0,35	67	-
Sudáfrica	-6,22	197	-

Fuente: Agencia Central de Inteligencia de los EE.UU. (2012).

Australia y Canadá tienen las mayores tasas de inmigración neta de entre los países desarrollados económicamente, por detrás de Singapur. En el otro extremo se encuentran los casos de Chile, con una migración casi nula, y Sudáfrica, con una de las mayores tasas de emigración del mundo.

Finalmente y complementando todo lo expuesto anteriormente, en el estudio “Fuerza laboral en la gran minería chilena: Diagnóstico y recomendaciones, 2011-2020” realizado por la Fundación Chile (2011), se proyecta un crecimiento de la demanda de la fuerza laboral en construcción para la minería de un 49% en los próximos dos años, lo que sigue la línea de la proyección de aumento en la inversión minera presentado en la introducción.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

6.1. Conclusiones

Como se expuso en el capítulo introductorio, los buenos resultados de la gestión de seguridad durante la ejecución de obras por contratistas son fundamentales para alcanzar el éxito en la construcción de los proyectos EPCM para la minería, ya que se evitan pérdidas de tipo social, económico y productivo, además de responsabilidades legales. Analizando los indicadores que se usan para medir este desempeño en seguridad y utilizando la información obtenida de su estudio, se puede aspirar a realizar una mejora continua en el tiempo, no solo alcanzando reducciones de costos, sino que también mejorando en las condiciones laborales generales dentro de los proyectos.

Este último punto no solo mejoraría las condiciones de trabajo de aquellos que se desempeñan normalmente en la construcción de este tipo de proyectos, sino que además podría generar un mayor atractivo en la actividad, percibida normalmente como muy riesgosa. Así podría haber a un aumento de los trabajadores y de profesionales interesados en integrarse al mercado, generando una mayor oferta, haciendo viables obras descartadas y disminuyendo los costos de inversión finalmente.

Índices de Accidentabilidad

El primer punto a destacar acerca del estudio realizado es el hecho de no haber encontrado variables que tuvieran un grado de influencia apreciable sobre los índices de accidentabilidad con tiempo perdido (LTIFR), debido a lo cual no fue posible analizarlos de manera más profunda. Se concluye que esto es producto de la menor cantidad de datos de accidentes con tiempo perdido que se presentaron en el total de datos recopilado, como se aprecia en la Figura 4 del capítulo 4.

Por ello, con los resultados obtenidos se concluye que la manera de disminuir los índices de accidentes con tiempo perdido, es a través de la disminución de los accidentes de cualquier naturaleza en los proyectos, bajando de esta forma los índices de accidentabilidad totales (TWIFR). Esto, a través de métodos tradicionales, como la implementación de elementos de protección personal, u otros, como los que se presentan en el capítulo de recomendaciones.

Por otra parte, es también destacable el hecho que las únicas clasificaciones que resultaron tener una relación apreciable con los TWIFR fueron las geográficas, indicando de esta manera que la ubicación de los proyectos es bastante influyente

sobre los resultados y la relación con los tipos de proyectos o su magnitud, por ejemplo, no tienen relación comprobable en el estudio.

Dicha dependencia del lugar de construcción e implementación del proyecto puede estar dada por la legislación vigente en dicho país, la calidad de los profesionales y la mano de obra, la disponibilidad de esta última y de tecnologías para la construcción. Lo anterior, debido a que en la construcción de proyectos EPCM, los contratistas serán del medio local por razones de costos. Esto, a diferencia de lo que podría suceder con el desarrollo de la ingeniería, que gracias a la globalización puede ser realizada en cualquier parte del mundo. Por lo tanto los ingenieros, deben considerar y estudiar las características del medio en que se generarán los trabajos, incluyendo aspectos como los mencionados anteriormente además de los técnicos.

En cuanto a los índices de accidentabilidad para los días perdidos de trabajo, se entiende al ver los resultados que la presentación de los LTIFR se puede complementar con ellos, para reflejar realmente la magnitud que tuvieron, a pesar de que presumiblemente no tienen mayor relación con el tipo de proyecto o ubicación. Esto permite entregar mayor información y puede guiar a soluciones mejor enfocadas. Como ejemplo, se puede dar el caso en que dos proyectos o empresas presenten LTIFR similares, pero si sus TS correspondientes son muy distintos, no es correcto afirmar que tienen desempeños parecidos y requerirán soluciones diferentes.

El gráfico presentado para el caso de la accidentabilidad en Chile, indica inmediatamente lo impreciso que sería analizar ambos índices de accidentabilidad por separado. Con esto se concluye que es poco beneficioso e incluso erróneo considerar un solo índice de accidentabilidad como representación del desempeño total en materia de seguridad logrado.

Es importante destacar de todas formas que la medición de días perdidos por accidentes con tiempo perdido es también susceptible a manipulación, variabilidad de opiniones o imprecisión, debido a distintos motivos. Como ejemplo se puede presentar el de una persona que se accidenta y debe guardar tres días de reposo, lo que implica que si el accidente se produce un día lunes, se considerarán tres días perdidos en los informes, pero si ocurre un jueves, se reportará sólo uno.

Índices de accidentabilidad totales por región y por país

A partir de las observaciones y resultados presentados en los capítulos anteriores se puede concluir además que los índices globales de accidentabilidad, tanto totales como

con tiempo perdido, no son una representación precisa de la realidad del conjunto de proyectos estudiados, debido a la fuerte variabilidad destacada entre los casos presentados. Por ello es que se hace necesario proveer de los casos específicos para reflejar el desempeño en ciertas regiones o países, siendo recomendable presentar la información de forma más detallada, permitiendo así una mejor comprensión y observación de las realidades efectivas existentes.

La variabilidad a través del tiempo presentada en los índices de accidentabilidad en el caso de ciertas regiones, también indica que la presentación de un número único para un periodo de tiempo de cinco años de extensión no es representativa.

Todo esto implica que los esfuerzos se deben concentrar en el manejo de los TWIFR locales y en periodos más breves, tanto por país como por región, situación que puede abordarse a través de los análisis realizados durante el capítulo anterior. De éste se resumen dos puntos de observaciones destacadas:

- En primer lugar, los índices de accidentabilidad totales resultan notablemente mayores en las regiones y países consideradas normalmente de mayor desarrollo económico, a lo largo del periodo de estudio determinado y en los proyectos recopilados para ello.
- Además, las curvas de los TWIFR de estos países y regiones industrializadas son bastante estables, pero sufren notorias caídas durante un período de tiempo que tienden a coincidir con la caída de horas de trabajo ejecutadas por contratistas a nivel global, atribuible a la crisis económica mundial de 2008, de acuerdo a lo descrito en el capítulo 5.

Por una parte se podrían atribuir estas observaciones disímiles a significativas diferencias culturales que puedan existir entre regiones o países, e incluso a heterogeneidad de los criterios que son aplicados entre profesionales de distintos proyectos, ambas situaciones que podrían afectar las cantidades de accidentes que se reportan y la rigurosidad de dichos reportes. De todas formas, la veracidad de esta primera posibilidad es difícil de confirmar mediante los datos obtenidos, además parece poco probable que esta situación explique las fuertes diferencias observadas.

Además de lo anterior, los gráficos presentados en la sección de proyecciones del capítulo anterior, justifican la idea de que la diferencia entre los índices de accidentabilidad se deben más bien a factores propios del desarrollo económico y de la demanda de empleo de los países, que de otros. Esto, ya a que estos indicadores, al igual que en los TWIFR, confirman en primer lugar la diferencia hecha entre países de

acuerdo al desarrollo económico y la gran disparidad entre sus tasas de desempleo, indicando que Australia y Canadá tienen una realidad completamente diferente a Sudáfrica. Todo esto lleva a concluir que los índices obtenidos durante la construcción de proyectos EPCM para la minería podrían relacionarse, en parte, a la situación económica de cada país.

Siguiendo con la línea anterior, un bajo desempleo y un aumento del PIB en períodos de estabilidad económica producen una gran demanda de fuerza laboral y aumentos en las remuneraciones en los sectores productivos. Esto podría tener consecuencias directas sobre el desempeño de los trabajos y en la seguridad laboral en el sector minero, a través de altas rotaciones de personal entre proyectos y la poca antigüedad y experiencia que éste pueda adquirir durante cada uno de ellos, además de la contratación de personal inadecuado, por falta de recursos.

Estas situaciones mencionadas pueden atentar contra el buen rendimiento en seguridad debido a que se disminuyen las posibilidades de entrenar apropiadamente al personal, por costos aumentados o por falta de tiempo, se contrata a personal para labores para las cuales no están preparados o se sule la falta con mano de obra extranjera, que en algunos casos puede tener un nivel de preparación inapropiada, de acuerdo a la legislación existente en su país de origen o su realidad propia.

En cuanto a las bajas temporales en las tasas de accidentabilidad totales que se observan en los datos recopilados durante el estudio, para los países Australia y Canadá y sus regiones correspondientes, éstas sucedieron aproximadamente durante los mismos periodos en que se observó la caída de las HH ejecutadas globalmente, por lo que se le atribuyen. Esto se podría explicar a través de un par de situaciones:

- Por una parte, se disminuyó la cantidad de trabajadores y de actividades considerablemente, llegando a números en que fue posible realizar una supervisión y capacitación más enfocada y especializada, mejorando de esta forma el desempeño en seguridad. Esta primera alternativa, sin embargo, no alcanza para describir completamente lo observado en los datos, ya que en la mayoría de los casos las HH regionales o nacionales no cambian drásticamente antes o después de dicho periodo anormal, sino que la caída global de la curva es resultado de la suma de aquellas caídas menores.
- En segundo lugar, se puede relacionar el resultado a la baja demanda de trabajadores calificados durante ese periodo de tiempo, lo que pudo permitir una disminución de algunas de las situaciones adversas mencionadas anteriormente, entre los que se incluye la necesidad de conseguir recursos adicionales y faltos

de experiencia. Esta segunda alternativa puede explicar mejor el escenario observado, ya que se basa en los aumentos de disponibilidad de mano de obra en los países que con bajas de las HH en los proyectos individuales.

Finalmente, de todo lo anterior se concluye que es muy probable que los TWIFR se vean fuertemente influenciados en forma negativa por la demanda de mano de obra del país o región dentro de la cual se están desarrollando los proyectos. Esto explicaría la razón por la que los índices de accidentabilidad en los países altamente industrializados fueron altos en periodos de estabilidad económica y disminuyeron drásticamente durante los periodos de crisis en la inversión, a diferencia de las otras ubicaciones, momentos donde aumenta apreciablemente el desempleo y disminuye ligeramente la tasa de aumento del PIB.

Esta posible relación podría comprobarse investigando y utilizando información más focalizada del PIB y del desempleo, u otros indicadores similares, específica a las industrias de la construcción y de la minería en cada uno de los casos, obteniendo resultados precisos de la situación de dichas actividades económicas.

Comparación al caso de Chile

Para comparar el caso chileno con el de los demás países, a pesar de la falta de datos específicos para el país en cuanto a índices de accidentabilidad, se utiliza la Figura 29 del capítulo anterior que busca reflejar la realidad económica del país.

Lo que se observa, es que a pesar de que los niveles de ingreso no están cerca de aquellos de los países más desarrollados económicamente, el crecimiento de este indicador es apreciable, sumado a que la tasa de desempleo se han mantenido bastante baja y comparable a la de Canadá durante los últimos dos años. Con ello se podría apreciar un aumento de la demanda de trabajadores a futuro y un aumento de los costos de la mano de obra, generando potencialmente algunas de las consecuencias enunciadas anteriormente.

Todo lo expuesto indica una posible tendencia futura de los índices de accidentabilidad totales al alza en el país, pero probablemente sin alcanzar los escenarios observados en los casos de Australia y Canadá, dependiendo de las condiciones que se observen durante los próximos años, ya que las diferencias son apreciables. Se requiere de estudios complementarios para evaluar esta situación y complementar mejor la información recopilada.

Este potencial escenario adverso debe impulsar a los distintos actores del mercado de la minería en Chile, entre ellos las empresas dedicadas a los proyectos EPCM, a desarrollar nuevas medidas que permitan reducir el impacto que estas tendencias puedan tener sobre la seguridad laboral en este tipo de obras industriales a futuro.

Clasificación de accidentes

Finalmente, en relación a los accidentes ocurridos durante los proyectos estudiados presentados, se pueden realizar algunas observaciones generales, ya que también se considera que concluir a partir de estos datos obtenidos puede llevar a errores. Esto, debido a que en dichos datos no se cuenta con las cantidades de HH ejecutadas en cada actividad que resultó en accidentes, por lo que los casos no son realmente comparables entre ellos, como sucede con los índices de accidentabilidad.

Por otra parte, el índice de incidencia de LTI sobre TWI si está normalizado de tal manera que permite comparar grupos con totales diferentes de HH, pero no cuenta con una definición oficial ni se sabe con mayor certeza que relevancia puede tener su estudio para la seguridad durante el tipo de proyectos estudiados.

Lo más destacado es que la mayor cantidad de los accidentes ocurridos durante las faenas de construcción con contratistas, ocurren debido a situaciones no atribuibles directamente a alguna de las demás causas especificadas en la lista, nombrándolas simplemente como “Trabajos Generales”. Esto supone un problema, ya que al no ser identificable precisamente no es posible darles soluciones enfocadas, como creación de procedimientos de trabajo o utilización de elementos de protección personal específicos para dicha labor, entre otros. Por ello, se propone que el método de prevenirlos es a través del mejoramiento de las condiciones de trabajos en general, capacitando al personal para todo tipo de situaciones, incluso las más comunes, y manteniendo orden, limpieza y condiciones seguras en todas las áreas de trabajo.

En relación a lo anterior, se destaca la baja incidencia de LTI por cada TWI de los “Trabajos Generales”, por lo que se podría concluir que son labores de bajo riesgo y su disminución no contribuye significativamente a la disminución de tiempos perdidos. Por lo mismo, otras actividades como “Movimientos de Tierra e Instalaciones de Faena” y “Trabajos en Altura”, que tienen mayores porcentajes de incidencia quizás sean un aporte valorable en la disminución de tiempos perdidos y puedan ser enfocados especialmente para mejorar el desempeño general.

6.2. Comentarios

Se quiere recordar en primer lugar, que el objetivo de este estudio no es realizar un análisis de los índices de accidentabilidad para proyectos individuales, sino que realizarlos a nivel global, a través de las clasificaciones presentadas. A pesar de ello, los índices de accidentabilidad de todo tipo se calcularon por proyecto, para poder realizar los análisis estadísticos que permitiesen determinar si efectivamente dichos índices sostienen relaciones de dependencia con ciertas variables y características asociadas a ellos.

Se puede plantear también que concluir en base a resultados de regiones geográficas de gran tamaño y algunos casos puntuales de países, pueden resultar muy generales y poco acertados, como se observó en el caso de los índices globales que no representan de buena forma los desempeños de los grupos. Pero este es el mayor nivel de detalle que es posible obtener con los datos recopilados durante el estudio, debido a la falta de información adicional y a la decisión de realizarlo utilizando toda la información disponible mundialmente.

Recopilación de datos externos

Entre los posibles objetivos para el estudio se incluyó la recopilación y comparación de los resultados obtenidos con datos externos, pero a lo largo de la investigación y recopilación de ellos desde diversas fuentes, se comprobó que los índices de accidentabilidad son difíciles de conseguir en muchos casos o incluso de comparar entre empresas e industrias diferentes. Esto, debido a que pocas compañías y organismos están dispuestos a publicar sus resultados y sus métodos, incluyendo generalmente solo algunas cifras globales y poco confiables en sus reportes. Además de ello, cada empresa utiliza distintas convenciones para reflejar su desempeño en materia seguridad, por lo que no existe una uniformidad en la información publicada, privilegian ciertos índices por sobre otros e ignoran aspectos como el tiempo perdido.

A modo de ejemplo, algunas destacadas compañías mineras publican anualmente un único índice de accidentabilidad, que engloba todas las actividades de diseño, construcción, operación y administrativas, para contratistas y personal propio, en sus oficinas e instalaciones productivas a nivel mundial. Lógicamente esta metodología no permite comparar con ninguna otra fuente de información.

Siguiendo con la idea, diversas publicaciones indican que es muy complicado realizar comparaciones de índices de accidentabilidad entre diferentes empresas, industrias o

países, debido a que también los criterios con los que se miden o definen pueden ser muy disímiles, además de que estos índices están sujetos a interpretaciones bastante amplias e incluso a manipulación en algunos casos.

Metodologías de análisis estadístico

Como aclaración, se destaca que el ANOVA que se realizó a la información estadística obtenida no permite descartar que ciertas variables no tengan influencia sobre las observaciones, pero si permite concluir que otras efectivamente tienen influencia, cuando se alcanza un nivel de confianza del 95% o mayor (valor “p” menor o igual al 5%).

Por otra parte, debido a que se demostró a través de regresiones lineales, que no se puede determinar una función predictiva aceptablemente precisa para los LTIFR en función de la cantidad de HH ejecutadas ni en función de los TWIFR, no se pueden realizar proyecciones para ellos en el presente estudio.

Resultados obtenidos

Es muy importante destacar de nuevo que la variabilidad entre los índices de accidentabilidad entre regiones, países e incluso entre proyectos, puede deberse en parte a las diferencias de criterio o de interpretación de la legislación, reglamentos o planes de los encargados de la prevención en los proyectos u otros integrantes de ellos. Incluso en el caso de los accidentes con tiempo perdido, cuya definición es la más específica de las presentadas, se da lugar a dudas e incluso a manipulación de los resultados.

En relación a lo anterior, se debe destacar que la medida preferida por muchos de los organismos y empresas para medir el desempeño en materia de seguridad durante los proyectos es el LTIFR, debido justamente a que el parámetro utilizado de más de una jornada completa de trabajo perdida es bastante específico.

Limitaciones de los índices de accidentabilidad

Algunos expertos en el área de prevención de riesgos indican que el uso de índices de accidentabilidad, en especial los con tiempo perdido, tiene importantes limitaciones en relación a la medición del desempeño en seguridad laboral durante los proyectos y la influencia que tienen para implementar mejoras a futuro sobre éste. Este punto es de gran importancia, debido a que estos índices son muchas veces los únicos indicadores

utilizados para presentar los resultados. Dichas limitaciones tienen relación con varios factores que se explican a grandes rasgos a continuación.

- En primer lugar, el LTIFR no hace distinciones entre lesiones que causen al trabajador un día, un mes o un año de ausencia a sus labores o incluso una fatalidad. Por lo mismo se relativiza la magnitud del impacto que tiene un accidente y se hace difícil realizar comparaciones.
- Esta misma uniformidad en los reportes de los accidentes con tiempo perdido puede llevar a priorizar soluciones a riesgos con un bajo potencial de causar grandes pérdidas y postergar otros más urgentes.
- Además, los índices de accidentabilidad miden únicamente los sucesos observados al finalizar un periodo, sin considerar riesgos potenciales o medidas preventivas adoptadas. Por ejemplo, tener buen registro de LTIFR, pero con grandes riesgos latentes observables no indica un buen resultado, ya que es muy probable que se pueda producir un evento importante en cualquier momento.

Todo lo anterior resulta en que se usan estos índices para medir retrocesos en vez de progresos, los cuales no son considerados, ya que se asume como punto de partida un desempeño excelente de cero accidentes ocurridos. Además se pueden contar otras desventajas adicionales relacionadas a su aplicación:

- Los reportes de accidentes durante los proyectos pueden estar sujetos a interpretación o manipulaciones, sobre todo cuando existen incentivos de distinto tipo para reportar mejores resultados o hay regulaciones con definiciones amplias o vagas.
- Otros factores como el tamaño de las empresas y faenas influyen también sobre los índices de accidentabilidad de todo tipo, debido al mayor impacto estadístico que tiene un accidente sobre una obra con muy pocas HH.

Esto produce que en muchos casos la comparación de resultados entre empresas o proyectos sea un ejercicio errado. Así se hace más difícil también realizar comparaciones y estandarizar objetivos transversales.

CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES GENERALES

7.1. Prevención a través del diseño

Además de la prevención durante las faenas, se pueden implementar también mejoras en los diseños de ingeniería y en la planificación, para disminuir los índices de accidentabilidad de contratistas. Esto, debido a que es muy común que se diseñen las instalaciones e infraestructura de modo que se mejore la seguridad, la comodidad y las condiciones laborales durante su operación, pero en muchas ocasiones no se consideran en dichos diseños los riesgos durante la etapa de construcción y montaje.

El concepto de la Prevención a través del Diseño (PtD, por sus siglas en inglés), promueve la consideración explícita de la seguridad de los trabajadores de la construcción, en los diseños del proyecto. Esto busca crear consciencia en el área de ingeniería, acerca de la importancia que tiene la seguridad de los trabajadores para el éxito de un proyecto y los beneficios que se generan.

Existen varios enfoques distintos que permiten alcanzar este objetivo, tales como incorporación de elementos de seguridad en las estructuras, aplicación de tecnologías de construcción que permitan una mayor automatización de procesos, así como la reducción de la mano de obra requerida, una planificación apropiada de las faenas de acuerdo a factores tales como el clima o la interacción con obras asociadas, implementación de tecnologías de simulación, entre otros.

Los estudios realizados en la materia, sugieren que los beneficios que se pueden obtener no solo incluyen la reducción de riesgos en la obra, sino que se aumenta la productividad, se evitan paralizaciones de faenas por accidentes o condiciones inseguras y se estimula la interacción entre profesionales de todas las áreas.

Para ejemplificar, se presentan a continuación algunas soluciones de PtD, que además plantean las posibles mejoras que se pueden obtener a partir de su implementación.

- Al realizar el diseño y detallamiento de las estructuras de acero, es posible implementar una buena cantidad de mejoras sin afectar la calidad de la estructura. Entre ellas se cuentan el cambio de soldaduras a realizar en terreno por conexiones empernadas, debido a su mayor simpleza y bajo riesgo, inclusión de puntos de anclaje y agujeros en detalles de vigas y columnas, para fijación de líneas de vida, pasamanos o cierres perimetrales, columnas especificadas con “hombros” de apoyo a la altura de las vigas, que faciliten la instalación y fijación

más segura, o el diseño de placas gousset y otras conexiones sin bordes puntiagudos y tomando en cuenta las medidas de las herramientas a utilizar y los espacios de trabajo requeridos.

- Estructuras y equipos diseñados para ser pre-armados o pre-fabricados son también muy beneficiosos en términos de costos y disminución de riesgos. Esto, debido a que al trabajar primero en patios de pre-ensamblado, en fábricas o en maestranzas se dispone de espacios protegidos, herramientas más apropiadas y condiciones de trabajo controladas y más seguras, eliminando la necesidad de trabajar en altura, por ejemplo. Lógicamente, esta estrategia está limitada por las posibilidades de transporte y las condiciones de espacio disponibles.
- Nuevas tecnologías constructivas aplicadas pueden ser más costosas en cuanto a requerimientos del diseño, de materiales o de equipos, pero en algunos casos permiten reducir las horas de trabajo de requeridas o evitar labores peligrosas, por lo que también se disminuye la exposición al riesgo. Como ejemplos se cuentan el uso de hormigones autocompactantes o de tecnologías trenchless para la instalación de tuberías y ductos subterráneos.
- La planificación especial de faenas complicadas o peligrosas puede mejorar de manera importante las condiciones de seguridad durante la obra o reducir los tiempos de trabajo. Como ejemplo, la realización de maniobras de izaje mayores durante épocas de buen tiempo y poco viento.
- Las herramientas gráficas de diseño y simulación también pueden complementar las medidas mencionadas, ya que facilitan la visualización de las estructuras durante distintas etapas del proceso constructivo y las posibles complicaciones o interferencias que puedan encontrar. Así es posible verificar que los espacios o condiciones de trabajo serán los apropiados al momento de construir.
- Finalmente, mediante integración de diseños, es posible coordinar labores, como instalación de tuberías y ductos eléctricos, por ejemplo, para que ambos vayan en la misma zanja y se disminuyan así las cantidades de excavación.

Todas las medidas que se adopten serán más efectivas y menos costosas mientras más temprano se consideren a lo largo del tiempo de ejecución de la ingeniería y la construcción. Por esta razón, es muy recomendable implementar una metodología de trabajo donde se incorporen aspectos constructivos en etapas tempranas de diseño.

7.2. Uso de indicadores de desempeño positivo

Adicionalmente, para aumentar la precisión con la que se mide el desempeño en seguridad laboral durante los proyectos y mejorar así la búsqueda de nuevas

soluciones que permitan mejorarlo, se recomienda complementar el sistema de reportes de índices de accidentabilidad con indicadores de desempeño positivo (IDP).

Estos IDP deben estar enfocados a la medición de factores o sucesos que indiquen un progreso o logros en materia de seguridad, en vez de medir retrocesos como lo hacen los índices de accidentabilidad. Para ello, estos IDP deben estar orientados a aspectos de implementación, de resultados y de los procesos conducidos durante los trabajos y actividades. Además, es importante que éstos se basen en eventos u observaciones frecuentes durante el proceso, de modo que tengan un impacto estadístico importante, y que sean relevantes para el lugar o tipo de trabajo específico.

Estas características, a su vez, no permiten que sean generalizables a otras empresas o industrias, ni que se utilicen para realizar comparaciones entre ellas. Por lo tanto, los IDP deben ser aplicados y analizados internamente, adaptándose a las necesidades específicas de un lugar de trabajo o proyecto.

Para ejemplificar, se presentan algunos tipos de IDP propuestos por algunos estudios, junto a posibles indicadores a utilizar:

- Medición de aumentos o disminuciones en cantidad o porcentaje de un factor particular. Por ejemplo:
 - Horas de trabajo o avance de obras alcanzado sin accidentes reportados.
 - Porcentaje de trabajadores que utilizan sus elementos de protección personal durante una inspección o auditoría.
- La identificación y obtención de un nivel o estándar de algún tipo que la organización quiera alcanzar. Ejemplo:
 - Encuestas de opinión realizadas periódicamente al personal.
 - Cantidad de capacitaciones o charlas informativas realizadas.
- El establecimiento de una fecha para la cual un cierto objetivo debe ser alcanzado.
 - Implementación de un nuevo plan o procedimiento dentro de ciertas fechas objetivo.

Esto IDP pueden ser medidos durante auditorías e inspecciones y la definición y las convenciones para estas mediciones deben ser elegidas por las empresas, teniendo en mente sus necesidades particulares. Así será posible incentivar el mejoramiento del desempeño en prevención de riesgos a través de logros, evitando situaciones donde se manipulen los resultados para reflejar menor información o acontecimientos.

7.3. Recomendaciones adicionales

Calificación de magnitud de accidentes con tiempo perdido

Además de IDP, se puede agregar también de una calificación adicional a los accidente con tiempo perdido, que cuantifique los daños causados por uno de estos sucesos, para otorgar un nivel mayor de detalle y precisión. Esto, para diferenciar entre LTI que produzcan unos pocos días de otros con consecuencias de meses, por ejemplo.

Lo anterior, sumado al aumento de la variedad y cantidad de los índices utilizados y publicados, permitirá analizar y enfocar de mejor manera los esfuerzos hacia las situaciones que causan mayores niveles de daño o a actividades donde se vea una problemática especial.

Focalización de capacitaciones

Mejorar entrenamientos, capacitación, inducciones y reuniones de seguridad y aumentar su frecuencia, a través de su focalización y especialización al tipo de trabajadores que se busca entrenar y al tipo de actividades que realizarán durante un determinado periodo.

Alternativamente, seleccionar faenas o actividades de mayor riesgo o importancia, definir capacitaciones especiales para éstas y presentarlas a trabajadores destinados a estas faenas, para alcanzar mayor especialización y perfeccionamiento.

Implementación de procedimientos específicos

Finalmente, se propone la creación e implementación de procedimientos de trabajo específicos para actividades riesgosas, como las identificadas en este estudio, por ejemplo. Estos pueden incluir además perfiles deseados de contratistas a realizar dichas labores u otras exigencias.

Pueden ser elaborados, de modo que sean enfocados en cuanto al trabajo o actividades que se deben realizar, los riesgos asociados a evitar y la transmisión y comunicación de estos últimos a los involucrados en estas tareas.

GLOSARIO

AA:	Región que comprende Australia y Asia.
ACHS:	Asociación Chilena de Seguridad.
ACS:	Grupo de países compuesto por Australia, Canadá y Sudáfrica.
AF:	Región de África.
ANOVA:	Análisis de varianza.
B:	Brownfield, terreno con un desarrollo industrial importante que se mantiene en un nivel determinado de actividad productiva.
CE:	Proyecto de construcción de espesadores.
CPP:	Proyecto de construcción de planta de proceso.
CTP:	Accidente con tiempo perdido. Convención Chile.
DP:	Días perdidos por accidentes laborales. Convención Chile.
EPC:	Proyecto de ingeniería, adquisiciones y construcción.
EPCM:	Proyecto de ingeniería, adquisiciones y gestión de la construcción.
EPP:	Proyecto de expansión de planta de proceso.
FAI:	Accidente con necesidad de primeros auxilios. Convención OSHA.
FAIFR:	Índice de frecuencia de accidentes con necesidad de primeros auxilios. Convención OSHA.
G:	Greenfield, terreno con un desarrollo industrial poco importante o inexistente.
GoB:	Greenfield (G) o Brownfield (B), condición de uso de terreno.
HH:	Horas hombre de trabajo de contratista.
I:	Proyecto de infraestructura de apoyo para la minería.
IDP:	Indicadores de desempeño positivo.
IF:	Índice de frecuencia de accidentes laborales. Convención Chile.
IG:	Índice de gravedad, indica la cantidad de días perdidos por accidentes laborales cada millón de horas hombre trabajadas. Convención Chile.
IS:	Índice de severidad, indica el promedio de días perdidos por cada accidente laboral. Convención Chile y OSHA.
LA:	Región de Latinoamérica y el Caribe.
LT:	Días perdidos por accidentes laborales. Convención OSHA.
LTI:	Accidente con tiempo perdido. Convención OSHA.
LTIFR:	Índice de frecuencia de accidentes con tiempo perdido. Convención OSHA.
MI:	Proyecto de mina e infraestructura de apoyo.
MIS:	Proyecto de mina subterránea e infraestructura de apoyo.
MTI:	Accidente con necesidad de tratamiento médico. Convención OSHA.
MTIFR:	Índice de frecuencia de accidentes con necesidad de tratamiento médico. Convención OSHA.

NA:	Región de Norteamérica.
NT:	Número de trabajadores de contratista.
OSHA:	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, EE.UU.
PIB (PPA):	Producto interno bruto, a valores de paridad de poder adquisitivo.
PtD:	Prevención a través del diseño.
SUSESO:	Superintendencia de Seguridad Social, Chile.
STP:	Accidente sin tiempo perdido. Convención Chile.
TS:	Tasa de severidad, indica cantidad de días perdidos por cierta cantidad de horas hombre trabajadas. Convención OSHA.
TWI:	Accidentes laborales totales. Convención OSHA.
TWIFR:	Índice de frecuencia de accidentes laborales totales. Convención OSHA.

BIBLIOGRAFÍA

- Abt, Rodrigo (2008). "Apunte Curso MA34B Estadística – Asociación Entre Variables". Universidad de Chile. Chile.
- Asociación Chilena de Seguridad (2009). "Normas Legales Sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales". Chile.
- Association for the Advancement of Cost Engineering (1997). "17R-97 - Cost Estimate Classification System". EE.UU.
- Belman, Dale (2005). "Construction Labor Shortages & Immigration". Michigan State University. EE.UU.
- Blewett, Verna (1994). "Beyond Lost Time Injuries: Positive Performance Indicators for OHS – Summary Paper". New Horizon Consulting. Australia.
- Central Intelligence Agency (2012). "CIA World Factbook 2011". EE.UU. Consultado en línea en julio de 2012. <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>>
- Construction Owners Association of Alberta (2011). "Workplace Health and Safety – Serious Incident Reporting and Investigation Guideline". Canadá.
- Fundación Chile (2011). "Fuerza Laboral en la Gran Minería Chilena: Diagnóstico y Recomendaciones, 2011-2020". Chile.
- Hinze, Jimmie y Talley, Donna Marie (1988). "Subcontractor Safety as Influenced by General Contractors on Large Projects". Construction Industry Institute, EE.UU.
- Hopkins, Andrew (1994). "The Limits of Lost Time Injury Frequency Rates". Australian National University. Australia.
- Loots, Phil y Henchie, Nick (2007). "Worlds Apart: EPC and EPCM Contracts: Risk issues and allocation". Mayer Brown, Reino Unido.
- Mackie, Dan (2005). "EPCM(C) Management of mining projects - Engineering, procurement, construction, management, commissioning - A practical guide to project management". Saymwa and Ewe Communications, Canadá.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Decreto Supremo N°40 – “Aprueba Reglamento sobre Prevención de Riesgos Profesionales”. Diario Oficial del 11 de febrero de 1969. Chile.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Ley 16.744 – “Establece Normas Sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales”. Diario Oficial del 1 de febrero de 1968. Chile.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Ley 20.123 – “Regula Trabajo en Régimen de Subcontratación, el Funcionamiento de las Empresas de Servicios Transitorios y el Contrato de Trabajo de Servicios Transitorios”. Diario Oficial del 16 de octubre de 2006. Chile.

Occupational Safety and Health Administration (2012). “All about OSHA”. EE.UU. Consultado en línea en marzo de 2012.

<http://www.osha.gov/Publications/all_about_OSHA.pdf>

Powell, Rodney (2009). “The Measurement of Safety Performance”. Safetyline Institute, Australia.

Spiegel, M., Schiller, J. y Srinivasan, R. (2009). “Schaum's Outlines - Probability and Statistics (3rd Edition)”. McGraw-Hill. EE.UU.

Smith, Nigel J. (2002). “Engineering Project Management, Second Edition”. Blackwell Science, Reino Unido.

Superintendencia de Seguridad Social (2012). “Estadísticas de Accidentabilidad 2011”. Chile.

Toole, Mike (2009). “Safety by Design”. 2009 North American Steel Construction Conference. Bucknell University. EE.UU.

Worksafe Australia (1990). AS 1885.1 – 1990 – “Workplace Injury and Disease Recording Standard”. Standards Australia, Australia.

Hatch Ingenieros y Consultores Ltda. (2011-2012). Bases de Datos, Guías, Manuales, Planes, Procedimientos y Reportes Varios. Chile.

ANEXO A – ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 16 – Análisis de Varianza: LTIFR por Región

Varianza	SC	GL	CM	F	Valor p
Inter Grupos	0.3509	3	0.1170	0.3725	0.7734
Intra Grupos	10.0489	32	0.3140		
Total	10.3998	35			

Tabla 17 – Análisis de Varianza: LTIFR por GoB

Varianza	SC	GL	CM	F	Valor p
Inter Grupos	0.5134	1	0.5134	1.7656	0.1928
Intra Grupos	9.8864	34	0.2908		
Total	10.3998	35			

Tabla 18 – Análisis de Varianza: LTIFR por Intervalo de HH

Varianza	SC	GL	CM	F	Valor p
Inter Grupos	0.7772	2	0.3886	1.3327	0.2776
Intra Grupos	9.6226	33	0.2916		
Total	10.3998	35			

Tabla 19 – Análisis de Varianza: LTIFR por País

Varianza	SC	GL	CM	F	Valor p
Inter Grupos	0.5297	2	0.2649	0.8227	0.4543
Intra Grupos	6.1169	19	0.3219		
Total	6.6467	21			

Tabla 20 – Análisis de Varianza: LTIFR por Tipo de Proyecto

Varianza	SC	GL	CM	F	Valor p
Inter Grupos	1.1008	3	0.3669	1.2665	0.3057
Intra Grupos	7.8227	27	0.2897		
Total	8.9235	30			

Tabla 21 – Análisis de Varianza: TWIFR por Región

Varianza	SC	GL	CM	F	Valor p
Inter Grupos	709.7469	3	236.5823	5.2961	0.0044
Intra Grupos	1429.4799	32	44.6712		
Total	2139.2268	35			

Tabla 22 – Análisis de Varianza: TWIFR por GoB

Varianza	SC	GL	CM	F	Valor p
Inter Grupos	21.8142	1	21.8142	0.3503	0.5579
Intra Grupos	2117.4125	34	62.2768		
Total	2139.2268	35			

Tabla 23 – Análisis de Varianza: TWIFR por Intervalo de HH

Varianza	SC	GL	CM	F	Valor p
Inter Grupos	87.4413	2	43.7207	0.7032	0.5023
Intra Grupos	2051.7855	33	62.1753		
Total	2139.2268	35			

Tabla 24 – Análisis de Varianza: TWIFR por País

Varianza	SC	GL	CM	F	Valor p
Inter Grupos	528.3316	2	264.1658	4.4350	0.0263
Intra Grupos	1131.7147	19	59.5639		
Total	1660.0463	21			

Tabla 25 – Análisis de Varianza: TWIFR por Tipo de Proyecto

Varianza	SC	GL	CM	F	Valor p
Inter Grupos	102.8134	3	34.2711	0.4851	0.6954
Intra Grupos	1907.4392	27	70.6459		
Total	2010.2526	30			

Nomenclatura utilizada:

ANOVA: Análisis de varianza.

SC: Suma de cuadrados.

GL: Grados de libertad.

CM: Cuadrados medios.

F: Distribución F de Fisher.

Valor p: Probabilidad de obtener un resultado al menos tan extremo como el que se ha obtenido, suponiendo que la hipótesis nula es cierta.

Hipótesis Nula: Las observaciones son independientes del valor que tome la variable cualitativa.

ANEXO B – REGRESIONES LINEALES

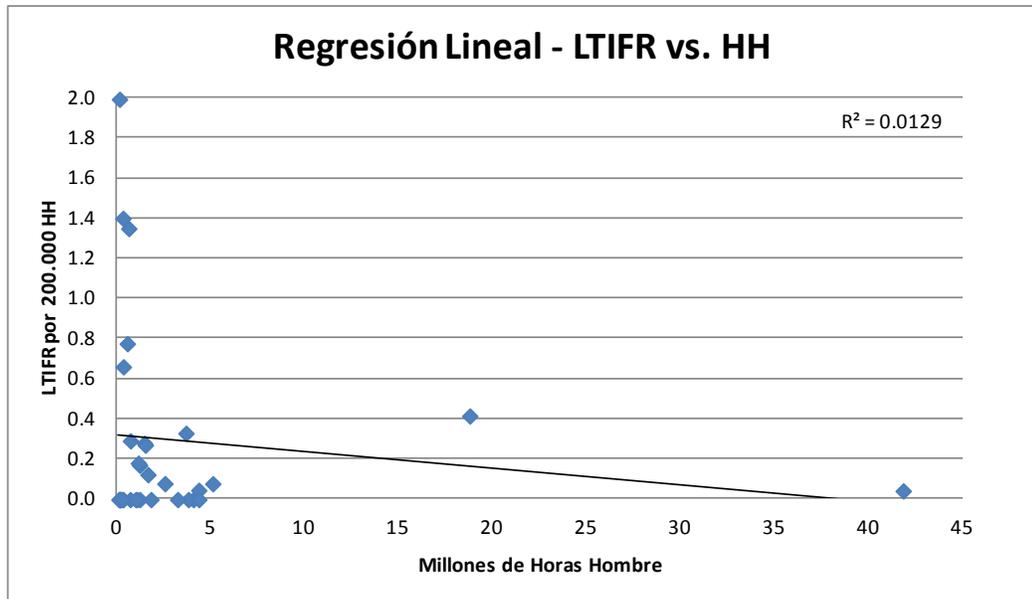


Figura 30 – Regresión lineal LTIFR vs. HH ejecutadas, por proyecto

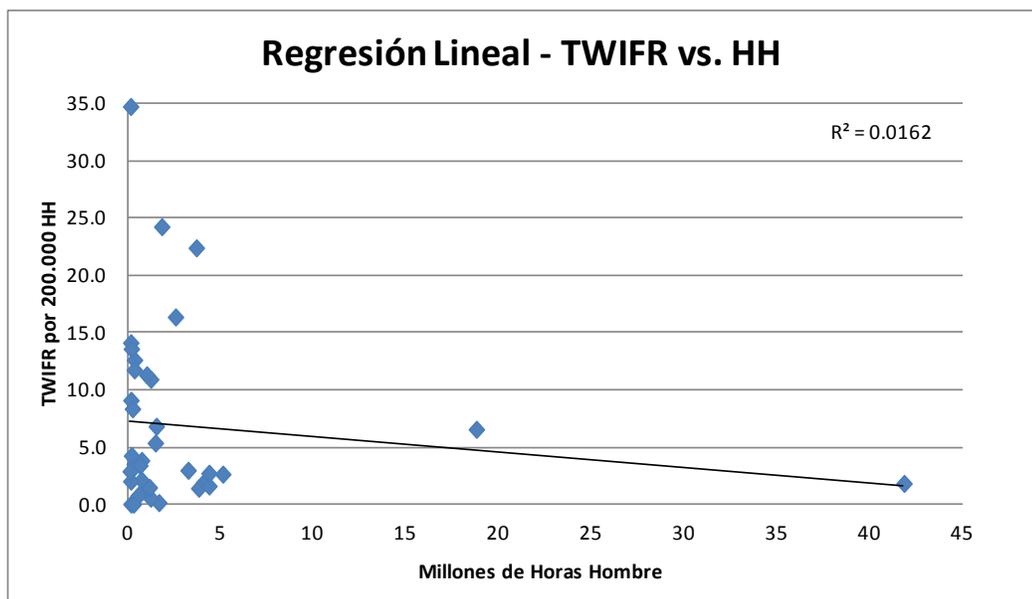


Figura 31 – Regresión lineal TWIFR vs. HH ejecutadas, por proyecto

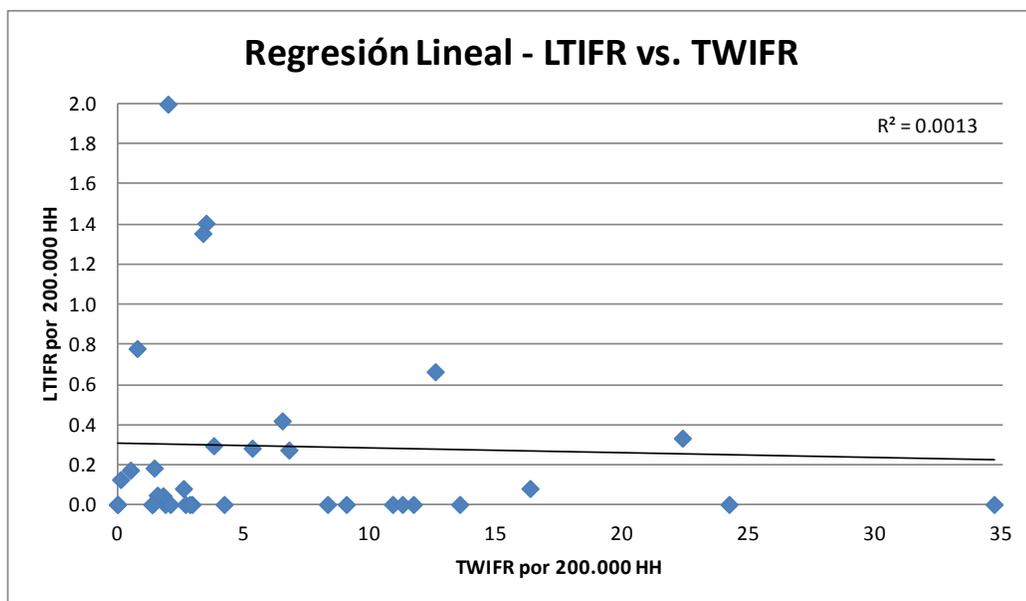


Figura 32 – Regresión lineal LTIFR vs. TWIFR, por proyecto

Nomenclatura utilizada:

R^2 : Correlación de la regresión lineal, que indica el nivel de precisión con la que la función lineal encontrada puede predecir el comportamiento de las observaciones.

ANEXO C – COMPARATIVA DE GRÁFICOS PARA LOS ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD REGIONALES OBTENIDOS

Como complemento al punto 5.1, se presentan las figuras 9 y 16 a 19, para facilitar la comparación de resultados obtenidos.

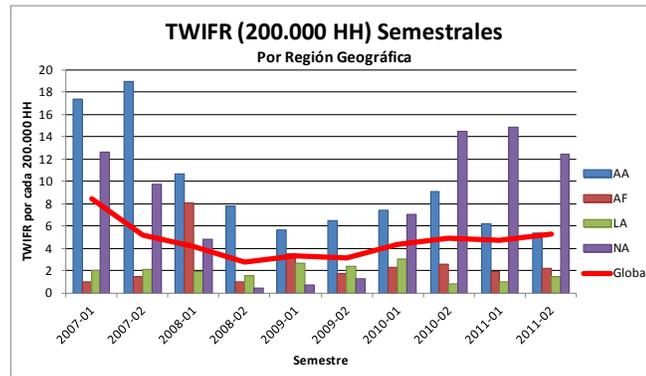


Figura 9 - Distribución semestral de TWIFR, según región geográfica y global

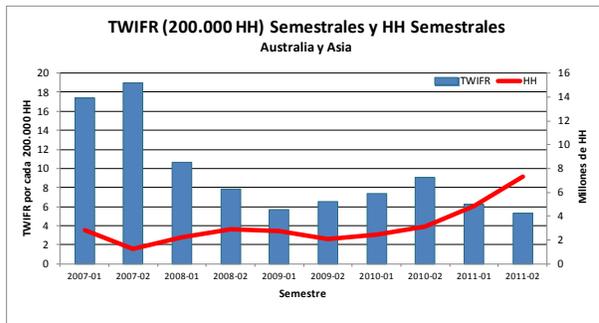


Figura 17 - Distribución de TWIFR y HH regional de Australia y Asia, por semestre.

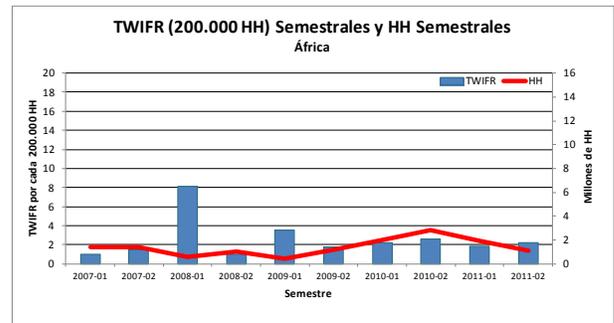


Figura 18 - Distribución de TWIFR y HH regional de África, por semestre.

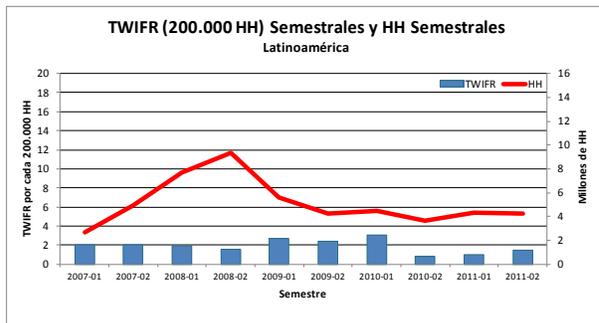


Figura 19 - Distribución de TWIFR y HH regional de Latinoamérica, por semestre.

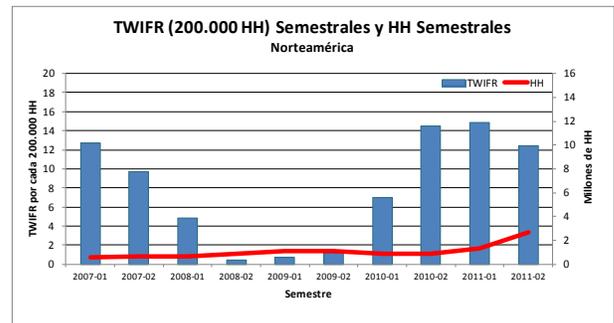


Figura 20 - Distribución de TWIFR y HH regional de Norteamérica, por semestre.

ANEXO D – COMPARATIVA DE GRÁFICOS PARA LOS ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD OBTENIDOS EN LOS PAÍSES ACS

Como complemento al punto 5.1, se presentan las figuras 11 y 21 a 23, para facilitar la comparación de resultados obtenidos.

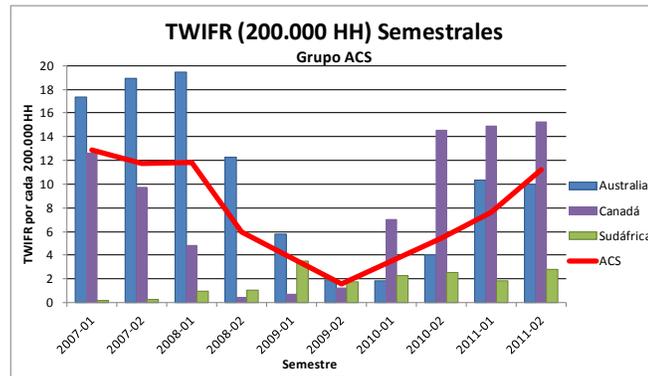


Figura 11 - Distribución semestral de TWIFR, para grupo ACS y global

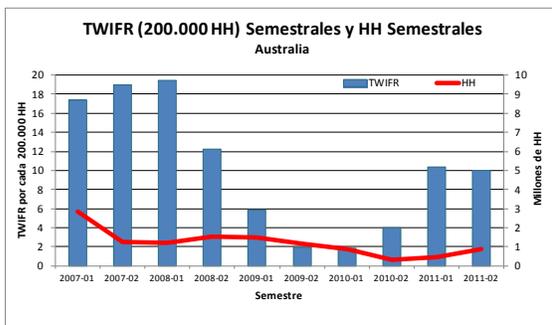


Figura 22 - Distribución de TWIFR y HH de Australia, por semestre durante el periodo de estudio.

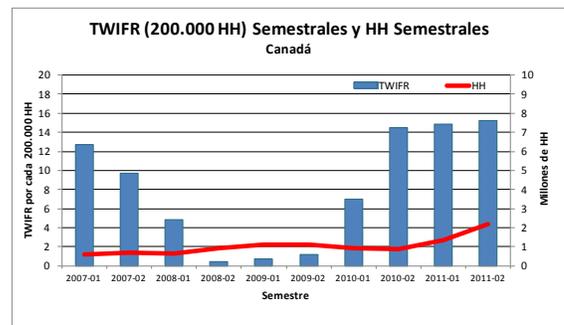


Figura 23 - Distribución de TWIFR y HH de Canadá, por semestre durante el periodo de estudio.

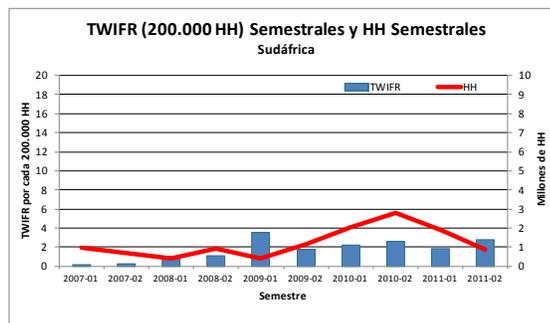


Figura 24 - de TWIFR y HH de Sudáfrica, por semestre durante el periodo de estudio.