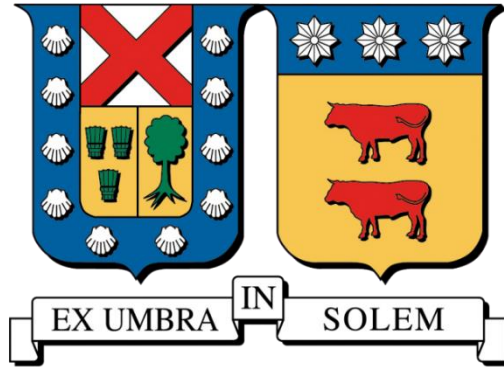


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS



**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA AL SEGUIMIENTO Y CONTROL, Y CIERRE
DE PROYECTOS DE ANTOFAGASTA MINERALS.**

CASO APLICADO: PROYECTO ÓXIDOS ENCUENTRO

AUTOR

SERGIO LUIS IZQUIERDO SALGADO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA:

JOHANA MOYA ALFARO

PROFESOR CORREFERENTE:

WERNER KRISTJANPOLLER RODRIGUEZ

VALPARAÍSO, 13 DE JUNIO DEL 2018

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a dios por entregarme salud y cruzar personas tan valiosas en mi camino. A todas esas personas que fueron parte de esto, a todos que me entregaron su aliento, una sonrisa o su compañía.

A mi Madre e Hilda, quienes han sido mi pilar fundamental en la vida, no dudaron de mí, me entregaron lo mejor de sí, su fortaleza, su amor, su cariño incondicional y comprensión. Esto es para ustedes.

Agradezco a mi hermana Camila y a Martin mi sobrino, ustedes llenan mi vida y me dan fuerza cada vez que estoy junto a ustedes, no se imaginan lo importante que son para mí.

A mi Padre, que quizás muchas veces no tuvimos la mejor relación o no fuimos muy cercanos en ciertos momentos, pero siento tu cariño, sé que estarás para mí y yo estaré para ti.

Quiero agradecer a Claudia mi polola, me entregaste tu cariño y comprensión, nunca dudaste de mis capacidades, me entregaste mucha confianza y sobre todo me entregaste tu compañía. A veces solo basto una mirada o una palabra para cambiar mi día. Te lo agradeceré por siempre.

A mis amigos de universidad Alejandro, Francisca, Fernando, Diego, Claudia, Simón y Esteban; por los buenos momentos, todas esas risas y también por todos los porrazos.

A Johana Moya, por su comprensión, disposición y excelente trabajo como profesora guía.

Agradezco a quienes me dieron la oportunidad de efectuar mi memoria en AMSA y a todos los excelentes profesionales que me apoyaron y compartimos gratos momentos.

Muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	13
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
3. OBJETIVOS.....	20
3.1. OBJETIVO GENERAL	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. ANTECEDENTES GENERALES.....	21
4.1. ANTECEDENTES DE GESTIÓN DE PROYECTO	21
4.1.1. <i>Historia y evolución de la Gestión de Proyectos</i>	21
4.1.2. <i>Aspectos importantes del Seguimiento y Control de Proyecto</i>	22
4.1.3. <i>Principales razones de fracaso en la Gestión de Proyectos</i>	24
4.2. DESARROLLO DE PROYECTOS MINEROS EN CHILE.....	26
4.2.1. <i>Actividades del desarrollo de un proyecto minero</i>	27
4.3. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	29
4.3.1. <i>Descripción de la empresa</i>	29
4.3.2. <i>Historia de la empresa</i>	30
4.3.3. <i>Valores y Principios de AMSA</i>	32
4.3.4. <i>Modelo de negocio</i>	33
4.3.5. <i>Proyectos y Exploraciones</i>	35
4.3.6. <i>Contexto Proyecto Óxidos Encuentro</i>	36
4.3.7. <i>Lecciones de Proyectos Similares</i>	37
5. MARCO TEÓRICO	40

5.1.	DEFINICIÓN DE PROYECTO	40
5.2.	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	41
5.3.	RESTRICCIONES DE UN PROYECTO	42
5.4.	CICLO DE VIDA DEL PROYECTO	44
5.5.	CONTRATOS DE CONSTRUCCIÓN.....	46
5.5.1.	<i>Definiciones previas</i>	46
5.5.2.	<i>Tipos de contratos según forma de pago</i>	48
5.5.3.	<i>Tipos de Contratos según forma de desarrollo</i>	50
5.5.4.	<i>Diferencias entre contratos EPC y EPCM</i>	51
5.6.	ÁREAS DE CONOCIMIENTO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS (PMBOK, 2013).....	52
5.6.1.	<i>Gestión de Integración</i>	53
5.6.2.	<i>Gestión de Alcance</i>	53
5.6.3.	<i>Gestión del Tiempo</i>	53
5.6.4.	<i>Gestión de Costos</i>	53
5.6.5.	<i>Gestión de Calidad</i>	54
5.6.6.	<i>Gestión de Recursos humanos</i>	54
5.6.7.	<i>Gestión de Comunicaciones</i>	54
5.6.8.	<i>Gestión de Riesgo</i>	54
5.6.9.	<i>Gestión de Adquisiciones</i>	55
5.7.	SEGUIMIENTO Y CONTROL	55
5.7.1.	<i>Control</i>	57
5.7.2.	<i>Medición de avance físico</i>	60
5.7.3.	<i>Representación gráfica de las actividades de un Proyecto</i>	63
5.7.4.	<i>Control de Costos</i>	65
5.8.	PROCESO DE CIERRE	73

5.9.	INDICADORES DE RENDIMIENTO DE CIERRE DE PROYECTO	77
5.9.1.	<i>KPI retrospectivo</i>	78
5.9.2.	<i>KPI de Diagnostico</i>	79
5.9.3.	<i>KPI Predictivo</i>	80
5.10.	LECCIONES APRENDIDAS	81
5.10.1.	<i>Lecciones aprendidas como herramientas de proyecto exitoso</i>	82
5.11.	BENCHMARKING.....	84
5.12.	MEJORA CONTINUA.....	85
5.12.1.	<i>Círculo de Deming</i>	86
5.12.2.	<i>Diagrama de Pareto</i>	87
5.12.3.	<i>Diagrama de Ishikawa</i>	88
6.	DIAGNÓSTICO.....	90
6.1.	RESEÑA DEL PROYECTO	90
6.2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	92
6.3.	ALCANCE DEL PROYECTO	93
6.4.	ESTRATEGIA DE CONTRATACIÓN	95
6.4.1.	<i>Principales Contratos de Obra</i>	97
6.5.	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	99
6.5.1.	<i>Descripción de roles relevantes del equipo</i>	101
6.5.2.	<i>Horas hombres del Proyecto</i>	102
6.5.3.	<i>Entrevista Feedback experiencia Proyecto OXE</i>	103
6.6.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	104
6.6.1.	<i>Comunicación Remota y Transferencia Electrónica de Datos</i>	104
6.6.2.	<i>Lista de Software y Hardware Aprobados</i>	105

6.1.	RESULTADOS DE SEGURIDAD DEL PROYECTO	106
6.2.	CONTROL DE AVANCE O PROGRAMACIÓN	107
6.2.1.	<i>Metodología de medición</i>	109
6.2.2.	<i>Programa base del Proyecto</i>	111
6.2.3.	<i>Programa con Ralentización</i>	114
6.2.4.	<i>Programa final</i>	117
6.2.5.	<i>Ruta critica</i>	118
6.3.	CONTROL DE COSTOS	120
6.3.1.	<i>Presupuesto</i>	120
6.3.2.	<i>Control de Presupuestos y Costos</i>	123
6.3.3.	<i>Comportamiento del CAPEX</i>	125
6.4.	CONTROL DE CAMBIOS.....	127
6.4.1.	<i>Tipos de Cambio</i>	128
6.4.2.	<i>Proceso de Cambio</i>	129
6.4.3.	<i>Estadística de Cambios</i>	131
6.5.	CONTROL DE MATERIALES.....	132
6.6.	CIERRE DEL PROYECTO	135
6.6.1.	<i>Puesta en Marcha</i>	136
6.7.	TALLER DE LECCIONES APRENDIDAS	137
6.8.	BENCHMARKING.....	140
6.8.1.	<i>Descripción de los Proyectos</i>	141
6.8.2.	<i>Inversión – Presupuestado vs Real</i>	143
6.8.3.	<i>Inversión – Desglose</i>	144
6.8.4.	<i>HH Construcción</i>	145
6.8.5.	<i>Plazos de construcción</i>	146

6.8.6.	<i>Seguridad</i>	147
6.9.	IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS	150
6.9.1.	<i>Descripción de la metodología de identificación</i>	150
6.9.2.	<i>Diagrama Causa- Efecto</i>	150
6.9.3.	<i>Descripción de Grupos de Causas</i>	151
6.9.4.	<i>Descripción de Causas</i>	155
6.9.5.	<i>Clasificación de Causas</i>	156
6.10.	COMENTARIOS DEL DIAGNOSTICO	160
7.	PROPUESTAS DE MEJORAS	161
7.1.	SOFTWARE DE GESTIÓN DE MATERIALES	162
7.1.1.	<i>Aspectos generales de la propuesta</i>	162
7.1.2.	<i>Alternativas de softwares</i>	163
7.1.3.	<i>Evaluación técnica</i>	168
7.1.4.	<i>Validación y Comentarios de la Propuesta</i>	173
7.2.	SISTEMA DE REPORTE DE CONTROL DE COSTOS.....	176
7.2.1.	<i>Aspectos generales de la propuesta</i>	176
7.2.2.	<i>Costos de la propuesta</i>	177
7.2.3.	<i>Validación de la propuesta</i>	177
7.3.	ESTRATEGIA DE ADMINISTRACIÓN DE CONTRATO	178
7.3.1.	<i>Aspectos generales de la propuesta</i>	178
7.3.2.	<i>Costos de la propuesta</i>	180
7.3.3.	<i>Validación de la propuesta</i>	181
7.4.	TALLERES DE LECCIONES APRENDIDAS.....	182
7.4.1.	<i>Aspectos generales de la propuesta</i>	182

7.4.2.	<i>Costo de la Propuesta</i>	183
7.4.3.	<i>Validación de la propuesta</i>	183
7.5.	CAPACITACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTO	184
7.5.1.	<i>Descripción de la propuesta</i>	184
7.5.2.	<i>Costos de la propuesta</i>	184
7.5.3.	<i>Resultados esperados</i>	185
7.6.	CAPACITACIÓN EN COMPROMISO.....	185
7.6.1.	<i>Aspecto generales de la propuesta</i>	185
7.6.2.	<i>Costos de la propuesta</i>	185
7.6.3.	<i>Resultados esperados</i>	186
8.	CONCLUSIÓN	187
9.	REFERENCIAS	191
10.	ANEXOS	195
10.1.	ANEXO A - ENTREVISTAS	195
10.2.	ANEXO B	202
10.3.	ANEXO C – DIAGRAMA DE FLUJO GESTIÓN DE TENDENCIAS	203
10.4.	ANEXO D – FORMULARIO AVISO DE TENDENCIA	204
10.5.	ANEXO E – LOG DE TENDENCIA	205
	<i>Ejecución</i>	206
	<i>Factibilidad</i>	210
	<i>Ingeniería de Detalle</i>	213
	<i>Licitación</i>	215
	<i>Puesta en Marcha</i>	216
10.7.	ANEXO G - ESTÁNDARES DE RIESGO AMSA	218

10.8.	ANEXO H – SISTEMA DE REPORTE DE CONTROL DE COSTOS	220
-------	---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DIAGRAMA CAUSA - EFECTO, PROBLEMÁTICA. ELABORACIÓN PROPIA.....	14
FIGURA 2: LOGO DE ANTOFAGASTA MINERALS.	30
FIGURA 3: UBICACIÓN PROYECTO ÓXIDOS ENCUENTRO.....	37
FIGURA 4: TRIPLE RESTRICCIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.	42
FIGURA 5: RESTRICCIÓN MÚLTIPLE. ELABORACIÓN PROPIA.	42
FIGURA 6: CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO. ELABORACIÓN PROPIA.	45
FIGURA 7: CICLO DE VIDA UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. SERPELL A.	46
FIGURA 8: CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN MINERA. ELABORACIÓN PROPIA.	46
FIGURA 9: INTERACCIÓN DE LOS PROCESOS. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS F.	56
FIGURA 10: CARTA GANTT EJEMPLO.	64
FIGURA 11: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA GESTIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO. FUENTE: PMBOK.....	67
FIGURA 12: CONTROLAR COSTOS: ENTRADAS, HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS, Y SALIDAS. PMBOK.	69
FIGURA 13: PROCESO DE CIERRE: ENTRADAS, HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS, Y SALIDAS. PMBOK	75
FIGURA 14: CIRCULO DE DEMING.	87
FIGURA 15: ROAD MAP PROYECTO OXE. ELABORACIÓN PROPIA.....	92
FIGURA 16: LAYOUT PROYECTO OXE.	95
FIGURA 17: ORGANIGRAMA PROYECTO ÓXIDOS ENCUENTRO	101
FIGURA 18: PROGRAMA INICIAL DEL PROYECTO OXE.	112
FIGURA 19: PROGRAMA CON RALENTIZACIÓN.	117
FIGURA 20: PROGRAMA FINAL DEL PROYECTO OXE.	118

FIGURA 21: RUTA CRÍTICA DEL PROYECTO OXE.	119
FIGURA 22: FLUJO CADENA DE SUMINISTRO.	134
FIGURA 23: FLUJO CIERRE DEL PROYECTO.....	135
FIGURA 24: DIAGRAMA CAUSA - EFECTO, PROBLEMÁTICAS PROYECTO OXE. ELABORACIÓN PROPIA.	151
FIGURA 25: PONDERACIÓN PARA CRITERIOS.	169
FIGURA 26: ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL ADMINISTRACIÓN DE CONTRATOS.	178
FIGURA 27: ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL EQUIPO ADMINISTRADOR DE CONTRATO.	179

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: RESUMEN TIPOS DE CONTRATOS, SEGÚN FORMA DE PAGO. ELABORACIÓN PROPIA.	49
TABLA 2: SUBPROCESOS SEGUIMIENTO Y CONTROL. FUENTE: ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS, F. RIVERA.	57
TABLA 3: CRITERIOS DE CONTROL. FUENTE: SERPELL.....	59
TABLA 4: TIPOS DE INFORMES. FUENTE: PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS. A. SERPELL	60
TABLA 5: SUBPROCESOS DEL CIERRE DEL PROYECTO.....	73
TABLA 6: HORAS HOMBRES DEL PROYECTO. FUENTE: REPORTE MENSUAL PROYECTO OXE, NOVIEMBRE 2017.....	103
TABLA 7: RESULTADOS ENTREVISTAS. ELABORACIÓN PROPIA.....	104
TABLA 8: RESULTADO SEGURIDAD PROYECTO OXE. ELABORACIÓN PROPIA.....	107
TABLA 9: ROLES Y RESPONSABILIDADES CONTROL DE AVANCE.	108
TABLA 10:HITOS CLAVES DEL PROGRAMA INICIAL.	113

TABLA 11: ACCIONES SOBRE LOS CONTRATOS. ELABORACIÓN PROPIA.	116
TABLA 12: MONEDAS Y TIPO DE CAMBIO. ELABORACIÓN PROPIA.....	121
TABLA 13: MONTO DE PRESUPUESTADO Y FINAL	122
TABLA 14: MANAGEMENT REPORT (MR)	124
TABLA 15: PROYECTOS INCLUIDOS EN EL BENCHMARKING	141
TABLA 16: DESCRIPCIÓN DE CAUSAS. ELABORACIÓN PROPIA.	156
TABLA 17: MATRIZ IMPACTO - PROBABILIDAD.	157
TABLA 18: NIVEL DE RIESGOS DE CAUSAS. ELABORACIÓN PROPIA.	158
TABLA 19: EVALUACIÓN NIVEL DE RIESGOS DE CAUSAS. ELABORACIÓN PROPIA.	158
TABLA 20: RESPUESTAS A LAS CAUSAS. ELABORACIÓN PROPIA.....	159
TABLA 21: PROPUESTAS DE MEJORA A LAS CAUSAS. ELABORACIÓN PROPIA.	161
TABLA 22: EVALUACIÓN DE CRITERIOS. ELABORACIÓN PROPIA.	173
TABLA 23: RATIOS SISTEMA DE REPORTE DE COSTOS. ELABORACIÓN PROPIA.....	177
TABLA 24: COSTOS DE REMUNERACIÓN, EQUIPO A. DE CONTRATO.....	181

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: WATERFALL CAPEX. ELABORACIÓN PROPIA.....	126
GRÁFICO 2: CAMBIOS DEL PROYECTO.	132
GRÁFICO 3: INVERSIÓN PRESUPUESTADA VS REAL. ELABORACIÓN PROPIA.	144
GRÁFICO 4: DESGLOSE DE COSTOS. ELABORACIÓN PROPIA.	145
GRÁFICO 5: HORAS HOMBRES - CONSTRUCCIÓN.....	146
GRÁFICO 6: PLAZO PROGRAMADO VS REAL.	147
GRÁFICO 7: ÍNDICE DE FRECUENCIA GLOBAL.	147

GRÁFICO 11: RENDIMIENTO RELLENO ESTRUCTURAL (HH/M3)	148
GRÁFICO 12: RENDIMIENTO EXCAVACIÓN MASIVA COMÚN (HH/M3)	148
GRÁFICO 9: RENDIMIENTO ESTRUCTURA PESADA (HH/TON).....	149
GRÁFICO 8: RENDIMIENTO ESTRUCTURA MEDIANA (HH/TON)	149
GRÁFICO 10: RENDIMIENTO ESTRUCTURA LIVIANA (HH/TON).....	149

1. RESUMEN EJECUTIVO

Desde el siglo XX el cobre ha sido fundamental para el desarrollo económico Chile. Se espera que en el próximo decenio la inversión en proyectos mineros alcance los US\$50 billones. Estas inversiones están marcadas por buscar mejores condiciones, a través de procesos competitivos de costos y sustentables a largo plazo. Por lo tanto, la correcta Gestión de los Proyectos es el pilar fundamental para enfrentar los escenarios de incertidumbre del mercado de los commodities.

En la presente memoria se realizó un análisis y propuestas de mejoras al Seguimiento y Control, y Cierre de Proyectos de Antofagasta Minerals. Esto se ejecutó mediante el estudio del Proyecto Óxidos Encuentro, con el objetivo de realizar un diagnóstico con herramientas de Gestión de Proyecto, de esta forma determinar las problemáticas del proyecto y poder entregar propuestas de mejoras, que aseguren el manejo integral de información y una eficaz gestión de costos, plazos y recursos; lo anterior en la línea de asegurar el éxito de los próximos proyectos de la compañía.

En primer lugar, se realizó un diagnóstico del Seguimiento y Control, y Cierre del Proyecto; a partir de este análisis se levantó la información del proyecto referente a los procesos involucrados. Se determinaron las desviaciones y eventos que se produjeron en el proyecto. Dentro de los eventos más importante está el cambio de Estrategia de la Planta de Chancado, lo cual significó un cambio de diseño e ingeniería, al cambiar el tipo de equipamiento por uno de origen alemán en vez de uno chino. Otro evento que produjo gran impacto en el Proyecto fue la Ralentización, que se ejecutó en el año 2016, en donde se disminuyó la velocidad de avance del proyecto, pausando o deteniendo algunos contratos, con el objetivo de ejecutar el proyecto bajo mejores condiciones de mercado, ante la volatilidad del precio del commodities de cobre, precio que no aseguraba tener flujos de caja para financiar el proyecto.

A partir del diagnóstico se pudo determinar que el principal riesgo del proyecto era no cumplir con los objetivos y alcances del proyecto, así como no cumplir en los plazos y costos presupuestados, y cero fatalidades. Esto fue resumido en el término “Desviaciones del Proyecto”, por medio de un Diagrama de Causa Efecto:

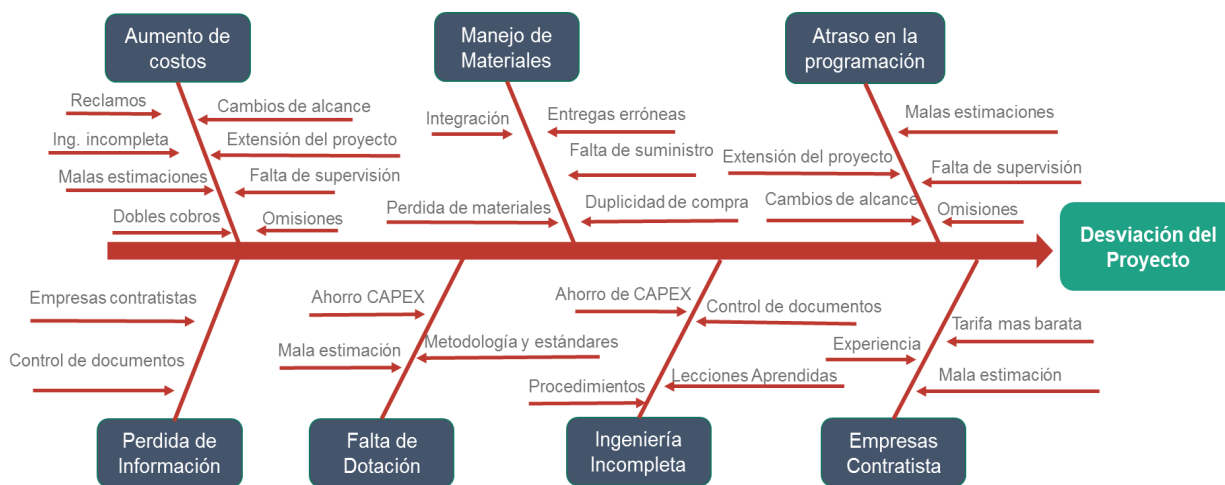


Figura 1: Diagrama Causa - Efecto, problemática. Elaboración propia.

Los números del proyecto arrojaron una desviación del Costos de un 5,35%, mientras que para el Plazo este fue de un 44%. Respecto a los rangos, para el costo se encuentra debajo del promedio de la industria, mientras que el plazo se encuentro sobre esta, ya que se debe considerar que producto de la ralentización, el proyecto tuvo un impacto de por lo menos ocho meses de atraso.

La metodología utilizada para evaluar las problemáticas fue la Gestión de Riesgos con los estándares de la Compañía. Para esto se evaluaron por medio de una matriz de impacto/probabilidad. Resultando en 21 causas que explican estas Desviaciones del Proyecto. Estas 21 causas se agruparon en siete grupos de causas: Aumento de Costos, Manejo de Materiales, Atraso en la programación, Pérdida de información, Falta de Dotación, Ingeniería Incompleta y Empresas Contratistas.

Una vez determinada las problemáticas se procedió a generar seis propuestas de mejoras, que en forma sinérgica buscan evitar y mitigar las problemáticas. Las propuestas de mejora son:

1. Software de Gestión de Materiales: Buscó integrar los procesos de la cadena de Suministros en un solo software potente, que sea capaz de generar una trazabilidad completa de los materiales, lo cual sea una base y refuerzo los esfuerzos por evitar y mitigar aumentos de costos asociados a la inexistencia de este sistema.
2. El sistema de reporte de Control de Costos: Tiene un carácter gerencial, orientado para ser utilizado para el Seguimiento y Control de los principales contratos del proyecto, de esta forma obtener indicadores que antes no se conocían, además de poder comparar con los valores del Management Report. Este sistema de reporte además está pensado para ser utilizado por el Gerente de Control de proyecto y el Gerente de Proyectos para presentar ante el Steering Committe. A partir de este se espera que sea un aporte para el control de costos y la toma de decisiones, así como también para la negociación de próximos contratos que tengan un alcance de similar magnitud.
3. Estrategia de Administración de Contrato: Consiste en que la administración de contrato pase a ser cargo de un equipo, en donde se generen nuevos roles y mayores responsabilidades, de forma tal, que estas sean únicas para un determinado contrato, de esta manera focalizar los esfuerzos y generar una mayor supervisión del respectivo contrato. Se espera que esta propuesta mejore los niveles de supervisión, de modo que esto no impacte en aumentos de costos y atrasos no programados.

4. Talleres de Lecciones Aprendida: Se busca clarificar los pasos correctos del proceso de Lecciones Aprendidas y fomentar talleres de capacitación de estas lecciones aprendidas, además que estas Lecciones Aprendidas sean de fácil acceso para todo el equipo, que estén presenten en el Intranet de AMSA y sean accesibles. Además de intensificar el número de talleres durante el ciclo del proyecto. Se espera que en próximos proyectos no se repitan situaciones con un gran impacto.
5. Capacitación en Gestión de Proyecto: busca capacitar al equipo de proyecto es los fundamentos de Gestión de Proyecto, de esta manera introducir al equipo en los principales procesos, herramientas y técnicas que son necesarias para cumplir con los objetivos y metas planteadas.
6. Capacitación en Compromiso: Se espera con estas capacitaciones introducir al equipo en los principales procesos de trabajo en equipo, liderazgo efectivo, abordaje y resolución de conflictos, motivación de equipos de trabajo, comunicación efectiva, comunicaciones internas y mejora del clima laboral.

Estas propuestas fueron elaboradas para evitar o mitigar las posibles desviaciones que puedan tener un proyecto. El Proyecto Óxidos Encuentro ha servido como estudio para generar bases de desarrollo para próximos Proyectos en Antofagasta Minerals, de esta manera buscar mejorar el desempeño de estos, en post del Plan de Competitividad y Costos de AMSA.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El cobre ha sido fundamental para el desarrollo económico en Chile, hasta es llamado el “sueldo de Chile”. Desde el siglo XX ha formado parte de la identidad del país, su aporte al nivel de ingreso per cápita ha sido fundamental para el crecimiento. La producción nacional de cobre corresponde a un 32% de la producción mundial (CNID, 2014).

La industria del cobre está caracterizada por poseer grandes inversiones de capital, esto evidentemente por la coyuntura que implica la realización de un proyecto minero. Para el periodo 2018 - 2025 se esperan inversiones en carpeta por US\$50 billones (Cochilco, 2017).

El modelo de desarrollo de proyectos mineros tradicional en Chile es del tipo EPCM (Engineering, Procurement, Construction & Management), que tiene la característica que un tercero (contratista EPCM) diseña, procura y gestiona el proceso de construcción bajo el mandato del dueño (Owner). En general, los proyectos ejecutados en Chile consisten en que el Owner le confiere la dirección y gestión del proyecto a un tercero.

Esta metodología durante los años noventa, tuvo excelentes resultados, sin embargo, con el desplome del precio del metal en el año 2007 fue en donde surgieron los cuestionamientos de esta modalidad.

De acuerdo con Diego Hernández, actual presidente de SONAMI y quien estuvo al mando de grandes compañías mineras (BHP Billiton, Codelco, Antofagasta Minerals), la metodología EPCM en sus inicios “obtuvo muy buenos resultados y la mayoría de los proyectos se llevó adelante de acuerdo con su presupuesto y cronograma. Sin embargo, en 2007, debido al boom de precios de los commodities, ya no fue eficiente y casi la totalidad de los proyectos se ejecutaron fuera de los plazos contemplados y con un alza importante en el presupuesto”.

En el año 2014, en ese entonces Nelson Pizarro, presidente ejecutivo de Codelco, declaró en su presentación “Desafíos empresariales para la sostenibilidad de los proyectos”, en el marco de la 65a Convención Anual del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile (IIMCh), que “el modelo EPCM mostró ser un fracaso, porque las empresas de ingeniería no tuvieron los recursos humanos en cantidad y calidad para satisfacer simultáneamente en Chile o el vecindario, dos, tres o cuatro proyectos”. En ese sentido, sostuvo que “por este desequilibrio entre la demanda por esos bienes y servicios, y la escasez de oferta de estos, se dispararon los costos escandalosamente. El valor de la mano de obra de la hora hombre de construcción y montaje llegó a costar US\$70-75, casi dos veces el valor histórico”.

Bajo los antecedentes anteriores y Programa de Competitividad y Costos de desempeño de Antofagasta Minerals, es que en el año 2014 la compañía comienza con ejecución del Proyecto Óxidos Encuentro, desarrollado con una modalidad administrada por el dueño (AMSA). Este Proyecto es pionero en la compañía. Para su desarrollo, fue necesario implementar una estructura organizacional adecuada, para poder enfrentar las contingencias y lograr cumplir con los objetivos y alcances establecidos por la compañía.

En el año 2016 el proyecto OXE enfrentó una ralentización efectuada por la junta directiva de Antofagasta Plc, dadas las condiciones de mercado y sus proyecciones, decidiendo modificar la velocidad de ejecución del proyecto. Esta condición buscaba adecuar la puesta en marcha del proyecto con mejores precios de los metales, ser más competitivo y capturar oportunidades de menores costos de capital.

El Proyecto Óxidos Encuentro finalizó su ejecución en noviembre del año 2017, a partir de este, es correcto cuestionarse si la administración del dueño es más efectiva que la de un EPCM, si los resultados fueron adecuados. Las preguntas que nacen a partir de estos escenarios son: ¿El

Proyecto OXE fue capaz de cumplir con los objetivos y alcances propuestos?, ¿Qué problemáticas presento la ejecución del Proyecto?, ¿Cuáles fueron los beneficios de esta modalidad de administración?, ¿El seguimiento y control del proyecto fue el adecuado?, ¿Qué lecciones aprendidas deja la ejecución del proyecto?, ¿Es correcto seguir con esta administración?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Realizar un diagnóstico del Seguimiento y Control, y Cierre del Proyecto Óxidos Encuentro de Antofagasta Minerals S.A., a través de herramientas de Gestión de Proyectos, que permitan identificar problemáticas para proponer soluciones que aseguren el manejo integral de información y una eficaz gestión de costos, plazos y recursos; de manera tal de asegurar el éxito de los próximos proyectos de la compañía.

3.2. Objetivos Específicos

- Hacer un levantamiento de información de los aspectos importantes del Seguimiento y Control, y Cierre del Proyecto OXE.
- Diagnosticar problemáticas en el proceso de Seguimiento y Control, y Cierre del Proyecto OXE.
- Determinar los aciertos en la ejecución del Proyecto OXE.
- Levantar las Lecciones Aprendidas del Proyecto OXE.
- Proponer soluciones a las problemáticas detectadas en la ejecución del proyecto.
- Evaluar cualitativamente y cuantitativamente el éxito del Proyecto Óxidos Encuentro.

4. ANTECEDENTES GENERALES

4.1. Antecedentes de Gestión de Proyecto

4.1.1. Historia y evolución de la Gestión de Proyectos

La Gestión en los Proyectos ha estado presente desde las épocas antiguas, hace siglos se han llevado a cabo proyectos ambiciosos y de un tamaño considerable. Basta con remontarse a las construcciones de las pirámides egipcias a principios de la Dinastía III (c. de 2700 a. C.) las Mastabas, o con la construcción del Coliseo Romano, obras que empezaron entre el 70 d.C. y el 72 d.C, bajo mandato del emperador Vespasiano.

El origen de la Gestión de Proyectos se remonta con el desarrollo de las herramientas modernas. Pueden situarse a comienzos del siglo XX, con la creación del primer método de diagrama de Gantt, desarrollado por Henry Gantt y con las principales teorías de la administración científicas desarrolladas por Frederick Taylor. En un principio estos métodos se relacionaban con un ámbito industrial y de defensa.

Frederick Taylor (1856 - 1915) desarrolló los principios que sustentaban la perspectiva científica de la administración, lo cual daba un nuevo giro a la manera de como se hacía el trabajo en aquella época, es así como las personas que administran la producción deben adquirir nuevas responsabilidades. Demostró que el trabajo puede analizarse y mejorarse si se centra en las partes fundamentales. La inscripción en la tumba de Taylor en Filadelfia avala su lugar en la historia de la administración: "El padre de la administración científica".

Los estudios de administración de Henry Gantt (1861 - 1919), se centraron en el orden de las operaciones del trabajo. Estos los llevó a cabo en las construcciones de embarcaciones durante la

Primera Guerra Mundial. Sus diagramas de Gantt contienen barras de tareas y marcadores de hitos, que describen la secuencia y duración de todas las tareas de un proceso.

Fue en la década de 1950, cuando se produjo el perfeccionamiento de los métodos y herramientas para la gestión de proyecto, con el desarrollo de la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT), y el Método de la Ruta Crítica (CPM).

En el año 1969 nace en Estados Unidos el PMI (Project Management Institute), esta es una organización profesional sin fines de lucro dedicada a contribuir con el avance de la práctica, ciencia y profesión de administración de proyectos.

A partir de ahí la organización fue creciendo hasta convertirse en la principal organización de gestión de proyectos a nivel mundial. En 1987 el PMI publicó la primera edición de la Guía del PMBOK (Project Management Body of Knowledge), que es el estándar actual para la gestión de proyectos.

4.1.2. Aspectos importantes del Seguimiento y Control de Proyecto

Una vez ejecutada la fase de planificación con la aprobación definitivo del Plan del Proyecto, se da inicio a la fase de ejecución del proyecto. En esta fase, los esfuerzos del equipo de proyectos serán para cumplir con las tareas y objetivos planificados, por lo tanto, es fundamental que el gerente de proyecto guíe y monitoree la ejecución para garantizar los resultados.

El seguimiento y control del proyecto tiene como objetivo fundamental la vigilancia de todas las actividades de desarrollo del sistema. Es una de las labores más importantes en todo desarrollo de

sistemas, ya que un adecuado control hace posible evitar desviaciones en costes y plazos, o al menos detectarlas cuanto antes (Mejia, 2010).

El procedimiento de Seguimiento y Control del Proyecto establece el conjunto de acciones que se llevarán a cabo para la comprobación de la correcta ejecución de las actividades del proyecto establecidas en la planificación de este mismo. Su propósito es proporcionar un entendimiento del progreso en el proyecto, de forma que se puedan tomar las acciones correctivas apropiadas cuando la ejecución del proyecto se desvíe significativamente de su planificación (Junta de Andalucía , 2010).

Para poder llevar a cabo un seguimiento y control adecuado en la gestión de un proyecto, en primer lugar, se debe poseer el plan de proyecto aprobado, con el cual se generan tres aspectos: las líneas bases de costos, alcances y cronogramas.

Cada aspecto de la planificación requiere su Seguimiento y Control durante la ejecución. Desde la práctica es posible resumir esto en tres puntos:

Control de Alcance

El equipo de proyecto es el encargado de ejecutar las tareas y entregables definidos en el WBS¹. Se debe controlar que el equipo cumpla con los requisitos establecidos en el plan de proyecto. En la práctica un aspecto importante del alcance y lo cual genera fracasos es la gestión de cambios,

¹ Una estructura de descomposición del trabajo (EDT), también conocida por su nombre en inglés Works Break Down Structure (WBS).

ya que todos los proyectos se ven enfrentados a situaciones, lo cual no debería ser mayor problema con una correcta gestión.

Control del Plazo

Principalmente consta de realizar el control que el proyecto se ejecute dentro de los plazos establecidos. Este se basa en el cronograma del plan de proyecto. Eventualmente los proyectos poseen retrasos en los plazos, por lo cual la reprogramación forma parte importante de este aspecto.

Control de Costos

Controlar los costos es significativamente importante, ya que los costos imputados al proyecto una vez finalizado, no deberían discrepar del presupuesto inicial. La complejidad está en estimar y detectar las variaciones que ocurrirán durante el proyecto. Si estos costos difieren del plan original podríamos estar ante un proyecto que no sea rentable económica y financieramente.

4.1.3. Principales razones de fracaso en la Gestión de Proyectos

Según el CEOLEVEL, consultores españoles expertos en gestión de proyectos y en la preparación de los exámenes PMP, CAPM y PMI-ACP del Project Management Institute (PMI), determinan que existen 5 causas principales de fracaso en un proyecto. Además, identifican las áreas de mejoras en que es recomendable enfocarse.

Causa 1: Una mala planificación o la falta de esta y de los procesos necesarios

En el área de la gestión de proyecto no basta con visualizar una guía como PMBOK, es importante definir los objetivos del proyecto, definir que va a suponer el éxito o el fracaso de este y

desde este punto ir avanzando en la planificación de todas las áreas antes de comenzar a realizar algún trabajo.

Causa 2: No saber definir y gestionar las expectativas

No se definen correctamente los interesados y lo que se espera del equipo del proyecto, de manera de que luego puedan ser contrastados. Si no se marcan inicialmente y de manera adecuada las expectativas, existirán dificultades con su gestión a medida que avance el proyecto.

Causa 3: Falta de comunicación

Este es un error bastante común en muchos proyectos, independiente del área de especialización. El gestor de proyecto debe estar continuamente comunicado con el equipo y con los interesados. Se debe trabajar por generar un entorno abierto y de colaboración, donde todo aquel que tenga algo que decir o aportar para el proyecto, pueda hacerlo libremente y sin sentirse coaccionado.

Causa 4: Gestores de proyectos no formados y con poca experiencia

Es un problema común, en muchas organizaciones los gestores son perfiles técnicos no formados adecuadamente y se les exige realizar tareas para las cuáles no han sido debidamente preparados.

Causa 5: Falta de liderazgo y soporte por parte de la organización

Muchas veces se identifica al líder del proyecto con el PM y ciertamente lo es en parte, pero la capa de senior management o ejecutivos de la organización, deben (o deberían) dar el soporte necesario al proyecto para asegurar su éxito. Esto implica, que se entienda por qué se lleva a cabo el proyecto, y los beneficios que este aporta a la empresa, entre otros.

4.2. Desarrollo de Proyectos mineros en Chile

En general los proyectos mineros para explotación de mineral, incluye los trabajos necesarios en la mina para alcanzar el cuerpo mineralizado y asegurar la alimentación sostenida del mineral a la planta de procesos.

Estas minas pueden encontrarse en rajo abierto o en túneles, para el caso de rajo abierto se realiza un trabajo llamado pre-stripping, que consiste básicamente en extraer la roca estéril que está cubriendo las reservas minerales. De forma paralela se realiza la etapa de construcción, destinada a establecer las instalaciones para el procesamiento del mineral:

- Extracción (chancadores, taller mantención equipos).
- Plantas de procesamiento.
- Caminos de tránsito.
- Abastecimiento energético.
- Campamentos (Oficina, casinos, etc.).

Al finalizar estas etapas, el proyecto está en condiciones de comenzar su normal puesta en marcha.

A partir del “Mining Information Kit for Aboriginal Communities por Natural Resources Canada”, adaptado por la Embajada de Canadá en conjunto con el Ministerio de Minería de Chile, en el año 2011 se lanza el “Manual Informativo sobre Minería en Chile: *Una guía para las comunidades y la industria*”. En este manual es posible encontrar la explicación de la etapa de desarrollo o construcción de un proyecto minero e identificando sus principales actividades y participantes.

El desarrollo de proyectos mineros es la segunda etapa del ciclo minero. Una vez ubicado el yacimiento, se hace una serie de estudios para determinar si éste puede ser explotado rentablemente

y, si es así, se construye una mina. Este puede tomar entre 3 y 10 años, dependiendo de su ubicación, tamaño y complejidad. Varios factores entran en consideración, tales como: necesidad y disponibilidad de accesos, energía, agua e infraestructura; los precios internacionales de los minerales; y las normas y procesos que determine el marco legal.

Los recursos requeridos para desarrollar un proyecto minero dependen de distintos factores:

- El tipo de mina (rajo abierto o subterránea).
- El tamaño de la mina.
- La ubicación de la mina y condiciones de operación.

4.2.1. Actividades del desarrollo de un proyecto minero

Dentro de las principales actividades en el desarrollo de un proyecto, se encuentran:

- Estudio de perfil
- Estudio de prefactibilidad
- Estudio de factibilidad (Ingeniería básica)
- Implementación (ingeniería de detalle, compras de equipos y materiales, construcción).

Estudio de perfil

Comprende el diseño conceptual del proyecto, en donde se describe sólo lo necesario para poder evaluar la factibilidad económica y así validar la oportunidad de negocio sobre la base de una evaluación técnico-económica.

Estudio de prefactibilidad

Comprende el análisis Técnico – Económico de las alternativas de inversión que dan solución al problema planteado. Los objetivos de la prefactibilidad se cumplirán a través de la preparación y evaluación de proyectos que permitan reducir los márgenes de incertidumbre a través de la estimación de los indicadores de rentabilidad socioeconómica y privada que apoyan la toma de decisiones de inversión (Thompson, 2009). El estudio de prefactibilidad incluye:

- Estudio de mercado.
- Estudio de reservas, recursos y procesos de recuperación del mineral.
- Estudio financiero.
- Suministros (energía eléctrica, agua y combustibles).
- Estudio administrativo (legal).
- Estudio de impacto ambiental y social.

Estudios de factibilidad

El propósito de los estudios de factibilidad es evaluar todos los aspectos del proyecto, revisar los planes, identificar riesgos, hacer cálculos de costos más exactos y evaluar con mayor precisión la rentabilidad del yacimiento.

Implementación del proyecto

Se trata de la ejecución del proyecto en sí, incluyendo la ingeniería de detalles, las compras de equipos y materiales, la construcción de las obras y el montaje de los equipos.

4.3. Antecedentes de la empresa

4.3.1. Descripción de la empresa

Antofagasta Minerals corresponde a una sociedad anónima cerrada, filial de Antofagasta Plc, sociedad anónima abierta. Su accionista mayoritario es la familia Luksic, que controla un 65% del capital. Antofagasta Minerals es la división minera del Grupo Antofagasta Plc.

Antofagasta cotiza sus acciones en la Bolsa de Valores de Londres (London Stock Exchange). Allí figura dentro de las 30 compañías con mayor capital bursátil, siendo parte del denominado FTSE 100². Dentro del Holding se encuentran los diversos yacimientos en que se explotan los minerales y una extensa red de ferrocarriles en el norte de Chile, con el nombre de “Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia” (FCAB), empresa de la cual controla el 100% del capital. Anteriormente, el holding era propietario de Aguas Antofagasta, empresa que vendió en 2015 al grupo Empresas Públicas de Medellín (EPM).

Antofagasta Minerals posee cuatro compañías en operación, más el centro corporativo:

- Minera Los Pelambres ubicada en la provincia de Choapa, región de Coquimbo.
- Minera Centinela ubicada en la comuna de Sierra Gorda en la región de Antofagasta.
- Minera Antucoya ubicada entre la comuna de María Elena y Mejillones en la región de Antofagasta.

² Lo componen los 100 principales valores de la Bolsa de Londres (London Stock Exchange). FTSE es un acrónimo de Financial Times Stock Exchange.

- Minera Zaldívar ubicada en la pre cordillera en la región de Antofagasta.
- Centro corporativo ubicado en Av. Apoquindo 4001. Las Condes, Santiago.



Figura 2: Logo de Antofagasta Minerals.

4.3.2. Historia de la empresa

La historia de AMSA comienza con su fundador Andrónico Luksic Abaroa, quien comenzó su carrera empresarial en 1952, cuando compró el 25 % de una compañía minera de capitales franceses, que explotaba el yacimiento Portezuelo. En 1954, el consorcio japonés Nippon Mining se interesó por la mina y ofreció comprársela al empresario, tras lo cual recibió medio millón de dólares por la totalidad de las acciones.

Tras sus inicios mineros, Luksic en la década de 1960 comenzó a diversificar sus inversiones. Los negocios industriales y financieros los agrupó en el holding Quiñenco fundado en 1957 como Sociedad Forestal Quiñenco y las compañías mineras en Antofagasta Plc, creada en 1980 como Antofagasta Holdings. En 1979 el Holding adquiere la empresa Ferrocarril Antofagasta Bolivia, compañía que inició sus operaciones en el año 1888. El ferrocarril satisfacía la necesidad de transporte para la producción y exportación de minerales. En 1982 el grupo compra un porcentaje de la Minera Carolina Michilla, ubicada en la Comuna de Mejillones en la segunda región. Michilla fue la primera minera chilena en certificar sus cátodos de cobre en la bolsa de metales de Londres. En 1995 se produce un importante hito, ser el primer grupo minero en cotizar en la bolsa de comercio de Londres.

Ya finalizando la década de 1990 se inicia la construcción de minera Los Pelambres, ubicada en la región de Coquimbo comuna de Salamanca. En 1999 se inicia la operación del yacimiento convirtiéndose hoy en día en la quinta productora de cobre a nivel nacional, con una inversión que supera los 3000 millones de dólares.

En 2001 se inaugura las operaciones en minera el Tesoro ubicada en la región de Antofagasta.

En 2010 se inaugura Minera Esperanza con una inversión de 2600 millones de dólares, ubicada en la comuna de Sierra Gorda. Esta minera tiene la cualidad de utilizar agua sin desalinizar en el 100% de sus operaciones. El yacimiento produce cobre y oro.

En 2012 se inaugura una central termo solar en la mina El Tesoro. Esta instalación, que significó una inversión de US\$ 15 millones, es la central solar más grande de la industria minera global y suministrará 25 GWh por generación térmica al año.

En el año 2014 nace el distrito Centinela conformado por minera Esperanza y el Tesoro. Este distrito representa el séptimo yacimiento más grande del país.

En 2015 se inician las operaciones del proyecto Antucoya, que se espera que posea una producción con un promedio anual de 85.000 toneladas de cátodos de cobre en los primeros diez años de vida de la mina.

Hoy en día se desarrollan diversos Proyectos y exploraciones tanto a nivel nacional como internacional. El holding se encuentra en la búsqueda de nuevos recursos en América, África Europa y Australia.

4.3.3. Valores y Principios de AMSA

Antofagasta Minerals define su meta de generar valor para sus accionistas y grupos de interés, con el objetivo de que el negocio sea sustentable en el tiempo. Dentro de sus valores y principios, destaca el esfuerzo por integrar aspectos sociales y medioambientales en la gestión; manteniendo relaciones que fomentan el beneficio mutuo con sus diferentes stakeholders, incluyendo los empleados, socios, empresas contratistas, proveedores, comunidades, sociedad civil y autoridades.

Para cumplir esta meta, el grupo cuenta con una carta de valores que es guía del comportamiento empresarial en las operaciones, proyectos y negocios.

Cartas de Valores

- **Respeto a los demás:** “Confiamos y respetamos a las personas, y tenemos un genuino interés por su bienestar. Su opinión nos importa y nos relacionamos de forma abierta y colaborativa. Construimos confianza al cumplir con nuestros compromisos”.
- **Responsabilidad por la seguridad y salud:** “Somos responsables de nuestra seguridad y salud, así como la de los demás, identificando y controlando nuestros riesgos, y siendo conscientes de los impactos que generan nuestras acciones”.
- **Compromiso con la sustentabilidad:** “Entendemos que el compromiso con la sustentabilidad pasa por crear valor en lo económico, en lo ambiental y en lo social. Respetamos a nuestros entornos y nos relacionamos con ellos de forma proactiva”.
- **Excelencia en nuestro desempeño diario:** “Trabajamos para alcanzar siempre mejores resultados a través de la disciplina operacional, siendo austeros, eficientes y cuidando nuestros recursos”.

- **Innovación como práctica permanente:** “Reconocemos y fomentamos las nuevas ideas que permiten mejorar nuestras prácticas de trabajo y las maneras de relacionarnos con otros, buscando crear valor para la organización, las personas y el entorno”.
- **Somos visionarios:** “Somos visionarios al entender que la estrategia de nuestro negocio es de largo plazo, aprendiendo de nuestros errores, teniendo la flexibilidad y el coraje para enfrentar desafíos cambiantes”.

4.3.4. Modelo de negocio

Antofagasta Minerals define su modelo de negocio como un referente mundial en el emprendimiento minero de alta rentabilidad, que crea valor económico, medioambiental y social.

Dentro de los aspectos más destacados, se encuentra el compromiso que posee la empresa para crear valor a sus accionistas, a través del descubrimiento, desarrollo y operación de yacimientos mineros. El modelo negocio de AMSA está basado principalmente en llamado ciclo de la minera, que se describe a continuación:

Ciclo de vida de la minería

La compañía crea valor para sus grupos de interés mediante el descubrimiento, desarrollo y operación de activos mineros. Antofagasta Minerals está empeñada en realizar minería de una manera segura y sustentable, por esto integra aspectos sociales y medioambientales en su gestión y mantiene relaciones que fomentan el beneficio mutuo con diferentes stakeholders, incluyendo empleados, socios, empresas contratistas, proveedores, comunidades, sociedad civil y autoridades.

Dado que parte importante del valor potencial de un proyecto minero es obtenido durante la etapa de evaluación, cuando se define su diseño óptimo; es que el control, permite maximizar el retorno se obtendrá durante la operación. En Antofagasta Minerals se intenta crear valor desde el descubrimiento de yacimientos de cobre hasta el desarrollo y operación de minas que producen este metal.

Exploración: Para asegurar el futuro del negocio en el largo plazo, el grupo busca aumentar sus recursos y reservas mineras. En Chile, posee equipos propios de exploración, tanto para estudiar los distritos donde ya opera, como para buscar nuevos yacimientos. En el exterior, realiza alianzas con otras compañías especializadas en este tema, de modo de aprovechar sus experiencias y conocimientos.

Diseño y evaluación: El diseño y la evaluación efectiva de proyectos son fundamentales para maximizar el valor en esta etapa del ciclo de la minería. El grupo cuenta con una amplia experiencia en ambas áreas, lo que le ayuda a obtener un mejor aprovechamiento de sus recursos mineros.

Construcción: Cuando un proyecto de inversión es autorizado por el directorio, luego de obtener la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), se inicia la construcción. Como esta etapa requiere de un aporte significativo de capital y recursos, es fundamental realizar una gestión eficiente del proyecto y el control de sus costos para, de esta forma, obtener un mayor retorno de la inversión.

Operación: La seguridad y el cuidado de la salud de las personas que trabajan en las operaciones, oficinas y proyectos son elementos centrales para Antofagasta Minerals. AMSA impulsa el desarrollo de dos distritos mineros de clase mundial en Chile: Los Pelambres y Centinela, el que incluye también a Minera Antucoya. Además, a partir de finales de 2015, se integra la operación de Minera Zaldívar, luego de adquirir el 50% de su propiedad. Tanto Centinela como Los Pelambres

tienen recursos mineros significativos y producen, junto al cobre, subproductos como molibdeno, oro y plata. La comercialización de la producción se lleva a cabo por un equipo propio que desarrolla relaciones de largo plazo con los clientes, lo que ayuda a obtener una comprensión estrecha del mercado final del cobre.

Cierre: Cuando termina la vida útil de una operación minera, se pone en marcha un plan de cierre integral con el fin de restaurar el hábitat original.

4.3.5. Proyectos y Exploraciones

Dentro del principal objetivo actual de AMSA para maximizar el potencial es el desarrollo de proyectos dentro de los distritos mineros de Los Pelambres y Centinela. Al mismo tiempo, AMSA posee un portafolio de opciones de crecimiento de más largo plazo y en el cual se siguen evaluando las oportunidades que aparecen en el mercado. Sin embargo, a medida que cae el precio de las materias primas y que existe un mayor énfasis en el control de costos, se produce una disminución natural del gasto en exploración y evaluación, lo que se traduce en un enfoque más riguroso y que obliga a concentrarse en actividades con alto potencial. En 2015, el gasto de exploración y evaluación de proyectos de Antofagasta Minerals cayó 39% comparado con 2014, alcanzando US\$101,9 millones (Antofagasta Minerals, 2016). Dentro de la cartera de proyectos, trabajados en los últimos años se encuentra el Proyecto Planta de Molibdeno y el Proyecto Óxidos Encuentro.

Proyecto Planta de Molibdeno

Ubicado en la segunda región de Chile, en la comuna de Sierra Gorda, permitirá a Minera Centinela producir 2.400 toneladas de molibdeno por año. Este proyecto está asociado a la planta

concentradora y su costo total de construcción es de US\$125 millones. Su puesta en marcha está prevista para 2017.

4.3.6. Contexto Proyecto Óxidos Encuentro

El Proyecto Óxidos Encuentro (OXE), forma parte del desarrollo del Distrito Minera Centinela, ubicado aproximadamente a 167 km al noreste de la ciudad de Antofagasta, a 80 km al suroeste de la ciudad de Calama y a 33 km al este de localidad de Sierra Gorda (ver figura 3) con una altura promedio de 2.300 msnm.

El yacimiento de cobre, oro y molibdeno surge a partir de la estrategia de compensar la disminución de producción de cátodos de cobre de Minera Centinela, de manera tal de generar sinergia con el distrito. El depósito Encuentro se espera que produzca alrededor de 50.000 toneladas de cátodos de cobre al año, utilizando la capacidad existente en El Tesoro. Esto permite que la actual planta SX-EW continúe produciendo a plena capacidad (100.000 toneladas por año), a partir de 2017 y aproximadamente por 8 años.

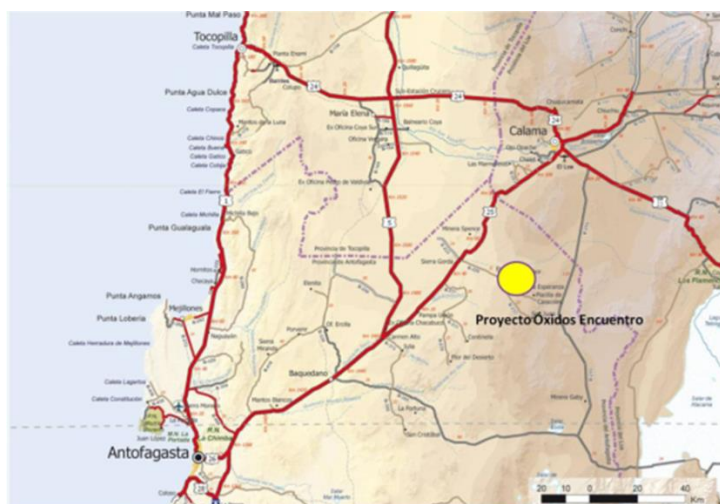


Figura 3: Ubicación Proyecto Óxidos Encuentro.

El proyecto consideró la explotación de una mina a rajo abierto y el beneficio de minerales mediante lixiviación para obtener soluciones ricas en cobre. El mineral oxidado es sometido a etapas de chancado, aglomeración y posteriormente dispuesto en pilas dinámicas para su lixiviación. La solución obtenida es recolectada mediante drenes en una piscina y enviada por medio de tuberías que dirigirá la solución de lixiviación o PLS (Pregnant Leach Solution) hacia la planta de El Tesoro a unos 15 km de distancia para su procesamiento.

4.3.7. Lecciones de Proyectos Similares

Dentro de los antecedentes recabados fue posible obtener las lecciones aprendidas de proyectos anteriores ejecutados en Antofagasta Minerals. Se capturó las lecciones aprendidas del plan de ejecución del proyecto Antucoya. Además, se consideró un análisis del sistema de turno para la

construcción, el cual se obtuvo de la realización de un taller ampliado con Minera Centinela, Antucoya, y Pelambres. A continuación, se describen estas lecciones:

- **Ejecución con modalidad Fast Track:** Los proyectos ejecutados bajo esta modalidad, que en el análisis económico resultaron atractivos, no siempre resultaron exitosos porque se atrasaron al tener que rehacer ingeniería y requerir capital adicional que el fast track finalmente no compensó. La lección es iniciar la ejecución de los proyectos con mayor certeza en el costo de capital, teniendo una mayor proporción de avance en ingeniería que permite disponer de cotizaciones de contratos de ejecución con menor riesgo para el contratista y costos de equipamiento a firme.
- **Plan de Ejecución:** Hacer un documento completo según este estándar, que cubra todos los requerimientos del proyecto a partir de los objetivos, alcance, expectativas y necesidades de las partes interesadas.
- **Gestión de Riesgos:** Identificación, análisis, evaluación y tratamiento de riesgos que amenazan al proyecto para la correcta toma de decisión.
- **EIA:** Cumplimiento de los compromisos del EIA para no incurrir en faltas que pueden llegar hasta la paralización del proyecto. Para las desviaciones que se requieran, hacer uso de las DIA y Pertinencias.
- **Mercado:** Sobre-reacción ante señales del mercado ha significado detener proyectos, desacelerarlos y luego reiniciarlos con el consiguiente aumento en el plazo y en el costo de capital. Tomar las oportunidades que ofrece el mercado hoy.
- **Ingeniería:** Empresas de ingeniería con estándares de diseño rígidos que sobredimensionan las instalaciones y que tienden a abultar los equipos de trabajo, son de alto costo para el dueño. Por lo tanto, se necesita buscar empresas que se acomoden a los objetivos y necesidades del proyecto y del cliente.

- **Costo de Capital:** Trabajar sobre aquellos ítems que aumentan el costo de capital y que se pueden intervenir. Usar metodologías probadas para la estimación de la inversión, crecimientos, factorización, contingencias, escalamiento e integración, con respaldos de cotizaciones y bases de datos confiables, y revisión experta para obtener la precisión requerida en esta fase.
- **Mano de Obra:** Un mercado de ingeniería y construcción de proyectos altamente demandados ha introducido personal con buen potencial, pero poca experiencia operacional en minería. Esto requiere que el dueño tenga un equipo o contraparte potente y competente en las disciplinas clave. Este escenario ha cambiado radicalmente durante 2014 y en especial al término del estudio de factibilidad.
- **Equipos de Larga Entrega:** La demanda por equipos para la minería es alta, aunque hoy es menor, puede alargar significativamente los plazos de entrega de los equipos mayores (Long Lead Ítems). Por lo tanto, estudiar formas alternativas de abordar los proyectos, explorando equipos usados, proveedores de China, sinergias y otros.
- **Obras Tempranas:** Captura de oportunidades para asegurar el programa general del proyecto, incluir actividades entre fases o entre el término y la aprobación de seguir adelante (Interim Activities).
- **Movilización:** Para no atrasar la movilización, desarrollar una adecuada y temprana planificación de la sustentabilidad, seguridad, medio ambiente, manejo de desechos, inducciones, acreditaciones y otras. Aprovechar la experiencia de la definición y movilización de las obras tempranas.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Definición de Proyecto

La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK, define un proyecto como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único (PMBOK, 2013).

La Norma ISO 21500 define un proyecto como un conjunto único de procesos que consta de actividades coordinadas y controladas, con fechas de inicio y fin, que se llevan a cabo para lograr los objetivos del proyecto. El logro de los objetivos del proyecto requiere la realización de entregables que satisfagan requisitos específicos. Además, un proyecto puede estar sujeto a múltiples restricciones, tales como tiempo, costo y recursos (21500).

Los proyectos están representados por el producto específico que se desea obtener y por los objetivos asociados al proceso de obtención de dicho producto, los que se expresan en términos de costo, tiempo o plazo y calidad (Serpell, 2010).

En la literatura es posible encontrar múltiples definiciones de un proyecto, de las cuales no hay consenso, sin embargo, es posible extraer ciertas similitudes. Estas principalmente se basan en conseguir un resultado o un objetivo determinando, por medio de actividades claves, las cuales deben realizarse con cierta secuencia, por lo que es necesario administrar los múltiples recursos disponibles, condicionados por la temporalidad, costos e incertidumbre asociados a estos.

5.2. Características del Proyecto

Dependiendo del medio y tipo de proyecto llevado a cabo, este tendrá determinadas características y existen ciertos aspectos que son posibles de establecer en común. Según el PMBOK, es posible distinguir tres características básicas, que están presentes en todo tipo de proyecto:

- **Temporalidad:** Un proyecto por su naturaleza implica que tiene un principio y fin determinado. El fin del proyecto se logra cuando se cumplen los objetivos del proyecto, o si estos no pueden ser cumplidos por motivos circunstanciales. Además, es posible poner fin si el usuario (cliente, patrocinador o líder) desea terminar el proyecto.
- **Productos, servicios o resultados únicos:** El resultado del proyecto puede ser tangible o intangible. En general un proyecto buscará dar solución a un determinado problema, cubriendo una necesidad. Aunque puede haber elementos repetitivos en algunos entregables y actividades del proyecto, esta repetición no altera las características fundamentales y únicas del trabajo del proyecto. En cambio, debido a la naturaleza única de los proyectos, pueden existir incertidumbres o diferencias en los productos, servicios o resultados que el proyecto genera.
- **Elaboración gradual:** El proyecto se lleva a cabo en pasos, de manera tal de ir aumentando mediante incrementos de actividades. En base a la definición del alcance, se debe controlar a medida que se elaboran de forma gradual las especificaciones del proyecto y del producto.

5.3. Restricciones de un proyecto

Según la Office of the Chief Information Officer Washington State (OCIO), las restricciones son aquellos elementos que limitan o regulan el proyecto y, al igual que los supuestos, no están en control del equipo del proyecto. (Office of the Chief Information Officer Washington State (OCIO)).

Históricamente es aceptado que un proyecto posee una triple restricción, la cual se conforma de las siguientes tres variables: alcance, tiempo y costo.

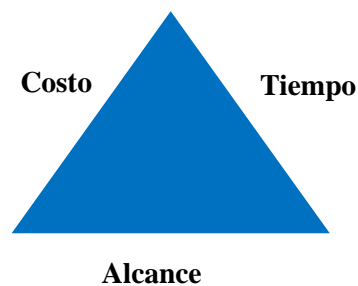


Figura 4: Triple Restricción. Elaboración propia.

Hoy en día se sigue utilizando el término “restricción triple”, pero en la ecuación de restricciones, ya no hay sólo tres variables, sino que se incluyen las siguientes seis variables (Ver figura 4): alcance, tiempo, costo, calidad, riesgo y satisfacción del cliente. (LLedo, P. Director de MASConsulting, 2012)



Figura 5: Restricción Múltiple. Elaboración propia.

- **Alcance:** Declaración completa, clara e inequívoca de los entregables del proyecto en términos medibles y una descripción detallada del trabajo. (Bhp Billinton, 2009)
- **Tiempo:** El tiempo para completar el proyecto, se refleja en la definición de actividades, secuenciación, estimación de duración, programación temporal y control de la programación.
- **Costo:** En general se divide en planificación, estimación, en los presupuestos que se basan en el costo de los recursos (personas, equipamiento y materiales) y control.
- **Calidad:** Grado en que el entregable del proyecto cumple con las especificaciones o requisitos.
- **Riesgo:** Determina el impacto que puede tener un proyecto tanto de forma positiva como negativa. En otras palabras, representa a la sumatoria de eventos que pueden impactar positiva o negativamente en el éxito del proyecto y la satisfacción del cliente, entendida como el nivel de cumplimiento de sus expectativas.
- **Satisfacción cliente:** Medida de como el producto o el servicio cumple con las expectativas esperadas por el cliente.

Las características específicas del proyecto y las circunstancias pueden influir sobre las restricciones en las que el equipo de dirección del proyecto necesita concentrarse. La relación entre estos factores es tal que, si alguno de ellos cambia, es probable que al menos otro de ellos se vea afectado. Por ejemplo, si el cronograma es acortado, a menudo el presupuesto necesita ser incrementado a fin de añadir recursos adicionales para completar la misma cantidad de trabajo en menos tiempo. Si no fuera posible aumentar el presupuesto, se podría reducir el alcance o los objetivos de calidad para entregar el resultado final del proyecto en menos tiempo y por el mismo presupuesto (PMBOK, 2013).

5.4.Ciclo de vida del proyecto

Generalmente el ciclo de vida de un proyecto se divide en fases o etapas. La transición de una fase a otra implica alguna transferencia a nivel técnico. En estas transiciones es común que se revisen los entregables de una fase para ver si están completos y aprobarlos, antes de comenzar la siguiente. En la práctica en los proyectos las fases comienzan sin necesariamente poseer la aprobación para proseguir, esto surge cuando los riesgos asociados son asumidos por el equipo de trabajo, estos se denominan como “Fast Track” (Vía rápida), término cual se utiliza principalmente para indicar el inicio de la construcción cuando la ingeniería de detalle aún no termina (Dyvinez, 2008).

Los ciclos de vida de un proyecto dependen del tipo o carácter del proyecto, estos serán de determinadas características como, por ejemplo, dependiendo de la organización a cargo del proyecto. Dentro de cada industria, es común observar ciclos de vida similares utilizados por distintas organizaciones, el cual llega a ser el ciclo de vida preferido de aquella industria e incluso ser denominado como “buena práctica”.

Un ciclo de vida típico es el descrito en el PMBOK, el cual tiene cuatro etapas:

- Inicio
- planeación
- ejecución
- cierre del proyecto

El lapso y el nivel correspondiente de esfuerzo que se dedican en cada fase varían en función del proyecto específico (Clements, 2012). Los ciclos de vida de los proyectos varían en duración desde unas cuantas semanas a varios años, dependiendo del contenido, la complejidad y la magnitud del proyecto.

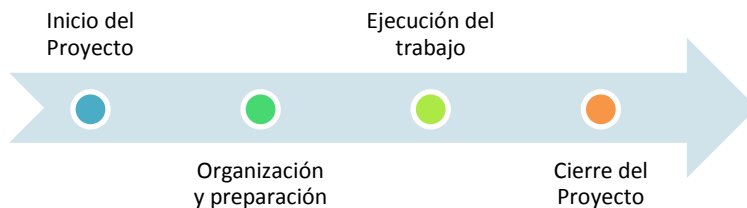


Figura 6: Ciclo de vida de un proyecto. Elaboración propia.

En general todos los proyectos tienen un ciclo de vida determinado, desde que se plantea su necesidad, hasta que el proyecto logra sus objetivos.

Para un proyecto de construcción, según Serpell y Alarcón en su libro *Planificación y Control de Proyecto* (Serpell, 2010), el ciclo de vida del proyecto contiene las siguientes etapas:

- Conceptualización del proyecto
- Definición del proyecto
- Desarrollo del proyecto
- Ejecución del proyecto
- Término o cierre del Proyecto

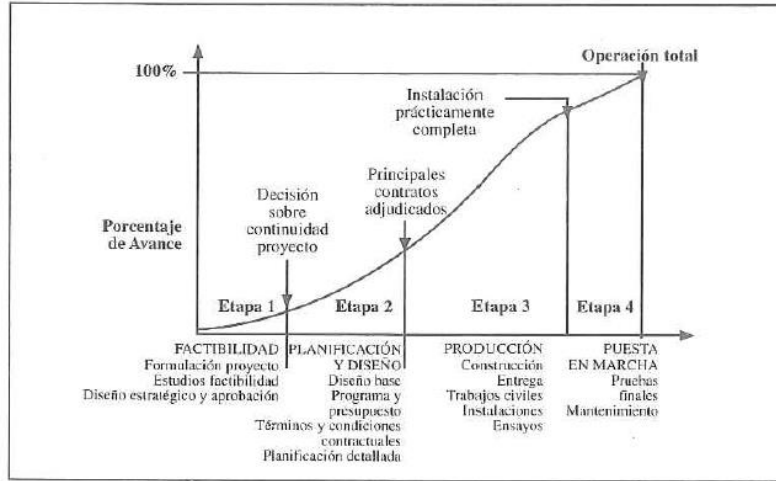


Figura 7: Ciclo de vida un proyecto de Construcción. Serpell A.

Para proyectos de minería que tiene inversión de capital e ingeniería, el ciclo de proyecto comienza con una previa exploración (IPA, 2014) , en la cual se detecta el mineral y se evalúa la posible oportunidad económica de explotación.



Figura 8: Ciclo de vida de un proyecto de Construcción Minera. Elaboración propia.

5.5. Contratos de Construcción

5.5.1. Definiciones previas

En primer lugar, se consideran ciertas definiciones previas.

- **Contrato:** En el Código Civil, en su artículo 1438, se señala: Un Contrato es un acto por el cual una parte se obliga para con otra a dar, hacer o no hacer alguna cosa (Código Civil Chile artículo 143, 2012).
- **Contratista:** Quien ejecuta una obra material o se encarga de un servicio para el gobierno, una corporación o un particular.
- **Mandante:** Persona que confía a otra su representación o la gestión de sus negocios.
- **Contrato de construcción:** El Código Civil se refiere a él, integrándolo a la disciplina del arrendamiento para la confección de una obra material (Código Civil de Bolivia, 1975). Se le ha definido como “aquel en que las dos partes se obligan recíprocamente la una a ejecutar una obra y la otra a pagar por ella un precio determinado” (Prat, 1940)

Según las Normas Internacionales de Contabilidad (NIC), un contrato de construcción es un contrato, específicamente negociado, para la fabricación de un activo o un conjunto de activos, que están íntimamente relacionados entre sí o son interdependientes en términos de su diseño, tecnología y función, o bien en relación con su último destino o utilización (International Accounting Standards Board, 2001).

En tanto, la Confederación Nacional de la Construcción de España, define el contrato de construcción como aquel en que “una persona denominada (constructor, contratista o empresario) se obliga a ejecutar una obra de acuerdo con un proyecto, en favor de otra (denominada propietario o promotor) y a cambio de un precio” (Gil, 1995).

5.5.2. Tipos de contratos según forma de pago

En general, se habla de tres tipos de contratos comunes, según su forma de pago:

Contrato a Suma Alzada

Bajo esta modalidad, el constructor, contratista o empresario, dirige, ejecuta y administra la obra hasta su total terminación por un precio fijo, global y único aportando el trabajo y los materiales. (Puga, *The General Construction contract and specially the EPC rules and regulations and main characteristics*, 2014).

De este modo, no importa la cantidad de trabajo, recursos que el contratista estipule y/o ejecute, ya que la suma alzada pactada es invariable, si es que no se realizan cambios en el tipo de encargo.

En general estos tipos contrato de suma alzada generan un menor riesgo para la empresa y son recomendados para contratos de construcción (con ingeniería de detalles completa) o bien, contratos de ingeniería o servicios con un alcance bien acotado (Mejía, 2008).

Precios Unitarios

En este tipo de contrato se pacta el precio por unidades de los distintos elementos que comprenden el Trabajo o Servicio. El valor total es la suma de los valores que resulten de multiplicar las cantidades de tales elementos por el precio de cada uno, dentro de los límites que en el Contrato se fijen (Mejía, 2008).

Gastos Reembolsables

Los contratos de costes reembolsables contrastan con los contratos de precio fijo (por ejemplo, los adjudicados en procedimientos abiertos) en que el de precio fijo, al contratista se le paga un monto independientemente de los gastos en que haya incurrido. En virtud de un contrato de costes reembolsables, el contratista se compromete a prestar su mejor esfuerzo para completar el contrato requerido. Estos contratos incluyen el pago de los costes incurridos admisibles, en la medida prescrita en el contrato. También incluyen una estimación del coste total para comprometer fondos y establecer un límite máximo que el contratista no puede exceder (excepto en su propio riesgo). Aunque podría establecerse la eventual aprobación por el órgano de contratación de costes que excedieran el límite máximo del presupuesto, esto sucedería solo cuando se hicieran realidad causas excepcionales (Guzmán, 2014).

Cada modalidad de contrato posee un grado de definición, con cierto riesgo asociado. En el siguiente recuadro se presentan un breve resumen:

Tabla 1: Resumen Tipos de Contratos, según forma de pago. Elaboración propia.

Tipo de Contrato	Quien toma el riesgo	Definiciones requeridas
Suma Alzada	El Contratista	Muy altas para evitar los cambios
Precios Unitarios	Ambos	Media, permite flexibilidad para cambios
Gastos Reembolsables	El Mandante	Bajas. Normalmente se usa cuando hay poca claridad sobre el producto final

5.5.3. Tipos de Contratos según forma de desarrollo

- **Llave en Mano (Turn Key):** El contratista realiza todas las Ingenierías, la fabricación, las adquisiciones, la construcción y montaje de todas las instalaciones del proyecto. Financia el trabajo del proyecto y aporta la tecnología. Realiza la dirección, integración y coordinación de todos los trabajos y proveedores.
- **D&B Design & Built:** El contratista realiza todas las Ingenierías, la construcción y montaje de todas las instalaciones del proyecto. Además, realiza la dirección, integración y coordinación del diseño y la construcción. Mientras tanto, el mandante realiza las compras y licitaciones de insumos, maquinarias y equipos principales.
- **EPC:** El contrato de tipo EPC, es aquel en que un contratista es responsable de la Ingeniería, de hacer las Adquisiciones y de construir lo diseñado (Engineering, Procurement and Construction) (San Martín Bendek, 2008). El contratista realiza las Ingenierías de detalle (puede incluir la Ingeniería Básica), la gestión de las compras y licitaciones de insumos, maquinarias y equipos principales por cuenta del mandante, la construcción y montaje de todas las instalaciones del proyecto.
- **EPCM (Engineering, Procurement and Construction Management):** Es un contrato en el cual el contratista es responsable de la Ingeniería, hacer las Adquisiciones y de gestionar la Construcción de un proyecto (San Martín Bendek, 2008). El contratista realiza las Ingenierías de detalle (puede incluir la Ingeniería Básica), la gestión de las compras de insumos, maquinarias y equipos por cuenta del mandante, las licitaciones para construcción y montaje de todas las instalaciones del proyecto y la Administración de todos los Contratos. Realiza la dirección, integración y coordinación.
- **BOT Built, Operation and Transfer:** El contratista realiza todas las Ingenierías, la fabricación, las adquisiciones, la construcción y montaje de todas las instalaciones del

proyecto. Financia el trabajo del proyecto y realiza la operación del negocio por un período determinado, al término del cual debe transferir la instalación al mandante.

En el sector minero, el uso de los contratos tipo EPCM es muy frecuente en grandes proyectos de infraestructura y de construcción. La tendencia actual, es que las compañías comienzan a administrar sus propios proyectos.

5.5.4. Diferencias entre contratos EPC y EPCM

Determinar el contrato a implementar entre empresas de construcción y sus clientes puede tener un gran efecto en la eficiencia con la que será ejecutado un proyecto. En términos generales, ambos tipos de contratos poseen ventajas y desventajas, por lo cual, saber que alternativa tomar dependerá de la estrategia que se quiera seguir.

Como se nombró anteriormente, los dos tipos más comunes son los llamados “Engineering, Procurement and Construction” (EPC), donde el riesgo recae en la empresa, y los “Engineering, Procurement and Construction Management” (EPCM), donde el cliente toma la mayor responsabilidad en la ejecución.

Las principales ventajas de un contrato de tipo EPC son:

- El cliente dedica menos esfuerzo, tiempo y recursos al hacerse cargo de áreas que no siempre maneja.
- Los montos para invertir son conocidos desde el principio, reduciendo el riesgo de que estos se incrementen de forma inesperada.
- Los plazos se fijan también desde el principio, permitiendo administrar mejor los tiempos.

- La empresa a cargo tiene control sobre totalidad del proyecto, lo que le da la posibilidad de mantener una adecuada coordinación, logrando una mejor comunicación entre equipos.

La gran desventaja que se presenta consiste en que toda la responsabilidad queda del lado de la empresa. Si el cliente no comunica adecuadamente sus necesidades o la empresa no es capaz de interpretarlas, se puede llegar a desacuerdos o graves errores.

En la vereda del frente, se pueden distinguir las ventajas del contrato EPCM:

- La empresa se puede enfocar en los detalles de la ingeniería.
- Las contingencias son responsabilidad del cliente.

Por otra parte, algunas de sus desventajas son:

- Los equipos tienden a ser seleccionados por su costo y no por sus habilidades, ya que usualmente el cliente no cuenta con conocimientos técnicos para evaluarlos.
- La coordinación y comunicación entre varios equipos independientes es compleja.
- Al trabajar con empresas desconocidas, es más alto el riesgo de escoger equipos inadecuados o faltos de experiencia.

5.6. Áreas de conocimiento de la Gestión de Proyectos (PMBOK, 2013)

PMBOK define nueve áreas de conocimiento para la gestión de proyectos, que son comunes para todos los proyectos:

5.6.1. Gestión de Integración

Consta de los procesos y actividades necesarias para identificar, definir y coordinar los diversos procesos y actividades de gestiones de proyectos. Tienen repercusión durante todo el desarrollo del proyecto, a excepción del control de cambios, que sólo tiene lugar durante las etapas de ejecución y control.

5.6.2. Gestión de Alcance

Es el trabajo que debe realizarse para entregar un producto, servicio o resultado con las funciones o características correspondientes. Se define los límites del proyecto describiendo las necesidades, requisitos y restricciones de este. Esta área consta de cuatro procesos, que son: identificación, selección, definición y ejecución del alcance del proyecto.

5.6.3. Gestión del Tiempo

Incluye todos los procesos que se requieren para lograr el término oportuno del proyecto. Se realiza la definición de actividades, secuenciación, estimación de duración, programación y control de actividades.

5.6.4. Gestión de Costos

Dice relación con la estimación efectiva de los costos de proyectos, distribuyendo los presupuestos y controlando los costos para tener éxito.

5.6.5. Gestión de Calidad

Involucra 3 procesos claves: planificación de calidad, aseguramiento de calidad y control de calidad. En esta gestión es clave todas las actividades relacionadas con las políticas, objetivos y responsabilidades de calidad del proyecto.

5.6.6. Gestión de Recursos humanos

Involucra los asuntos relacionados con el personal del proyecto, liderazgo, entrenamiento, manejo de conflictos.

5.6.7. Gestión de Comunicaciones

Área encargada de asegurar que las planificaciones, riesgos, reuniones y otros tipos de información sean informados y distribuidos de forma adecuada para cumplir con los objetivos del proyecto. Los procesos involucrados son: planificación, distribución de información, reporte de funcionamiento y cierre administrativo.

5.6.8. Gestión de Riesgo

Se trata de identificar y tratar los riesgos potenciales del proyecto a lo largo del ciclo del proyecto.

5.6.9. Gestión de Adquisiciones

La compra de bienes, materias primas o contratación de servicios son las actividades en torno a las que se desarrolla esta área de conocimiento.

5.7. Seguimiento y Control

El proceso de seguimiento y control es transversal en la ejecución de un proyecto. Según PMBOK, este está compuesto por aquellos procesos requeridos para rastrear, analizar y dirigir el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes. El beneficio clave de este grupo de procesos radica en que el desempeño del proyecto se mide y se analiza a intervalos regulares, y también como consecuencia de eventos adecuados o de determinadas condiciones de excepción, a fin de identificar variaciones respecto del plan para la dirección del proyecto.

El proceso de seguimiento y control tiene el objetivo de observar los desempeños y recomendar acciones correctivas, así como controlar los cambios al alcance del proyecto para poder aprobar y formalizar actualizaciones que dan como resultado una nueva línea base del proyecto (Rivera, 2010).

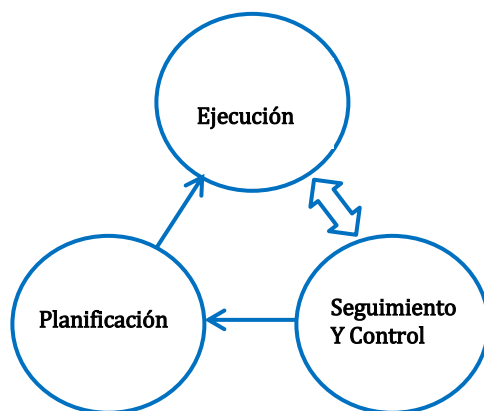


Figura 9: Interacción de los procesos. Administración de Proyectos F.

El seguimiento y control está estrechamente relacionado con la fase de ejecución, estos coinciden en el tiempo para obtener los entregables de acuerdo con los requerimientos de los clientes o destinatario. Además, el seguimiento y control afecta a la planificación, ya que genera la trazabilidad de esta.

F. Rivera en su libro administración de proyectos, define que “el proceso de seguimiento y control se verifica por un lado el logro de los productos de acuerdo con el alcance predeterminado y se formaliza la aceptación del cliente conforme se van logrando”. Además, el autor señala que en esta etapa se mide el rendimiento del equipo de trabajo, con el fin de detectar variaciones, realizar control de cambios, aprobar o rechazar modificaciones al plan del trabajo. En general, lo resume como que el seguimiento y control incluye estar pendiente del alcance, el cronograma, el presupuesto, el recurso humano, la calidad y los riesgos. Ver tabla de subprocesos del seguimiento y control de proyecto.

Tabla 2: Subprocesos Seguimiento y Control. Fuente: Administración de Proyectos, F. Rivera.

Seguimiento y control
Supervisar el trabajo
Gestionar el control de cambios
Verificar el alcance de los productos obtenidos
Controlar el alcance, cronograma, costos y calidad
Administrar el personal
Reportar el desempeño del proyecto
Operar el control de la respuesta a riesgos
Administrar los contratos

La principal entrada de los procesos de ejecución, seguimiento y control es el plan del proyecto, y la salida más relevante es la documentación asociada con los productos entregables del esfuerzo. Estas entradas y salidas se analizan en los siguientes puntos.

5.7.1. Control

El control permite asegurarse de que todos los recursos estén siendo utilizados de la manera más efectiva posible en función del logro de los objetivos del proyecto. La base del control es la retroalimentación, entendida como información confiable y oportuna que permita tomar decisiones respecto a la ejecución del proyecto (Janitzio, 2010).

Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto es el proceso de dar seguimiento, revisar e informar el avance a fin de cumplir con los objetivos de desempeño definidos en el plan para la dirección del proyecto.

El control tiene como objetivo evaluar el desempeño real del proyecto, compararlo con los objetivos fijados, y de este modo corregir diferencias entre resultados y objetivos. Entre las variables

típicas de control se tiene: tiempo, costo, calidad y progreso, pero cada proyecto puede tener diferentes variables (Serpell, 2010).

Según el libro Planificación y Control de Proyecto, las etapas de un proceso de control se pueden resumir en:

- Especificaciones: Definición del resultado que se pretende alcanzar, estableciendo normas o estándares junto con los objetivos. Se debe hacer una definición operativa en unidades objetivas y medibles.
- Ejecución: Se refiere a la materialización de un proyecto según lo especificado, es decir cumpliendo el objetivo.
- Inspección: Juicio relativo si la ejecución cumple con las especificaciones.

Para cumplir con los objetivos establecidos para un proyecto, es necesario llevar a cabo un control de la gestión de los procesos. Estos controles tienen como objetivo analizar, medir y evaluar todos los factores que están relacionados con los objetivos del proyecto. Existen series de criterios de control, que principalmente se basan en datos cuantitativos o cualitativos. En la siguiente tabla, se definen ciertos criterios de control (Serpell, 2010).

Tabla 3: Criterios de Control. Fuente: Serpell.

Criterios de Control	Datos cuantitativos	Datos Cualitativos
Alcance		Cambios de alcance Problemas especiales
Tiempo y Costo	Inicios y términos revisados Inicios y términos reales Avances a la fecha Pendientes por hacer Costos a la fecha Costos para terminar	Riesgos producidos Principales causas de pérdidas
Calidad	Costos de Calidad	Problemas o fallas de Calidad
Organización		Demoras externas Incumplimiento de responsabilidades

Es importante definir como se medirá el éxito del proyecto, lo cual requiere conocimientos en profundidad de que es lo que quiere obtener el interesado del proyecto, de esta manera plantear medidas de desempeño que realmente muestren el comportamiento del proyecto.

La forma de ejercer el control es a través de la recepción de informes y la comparación de estos con el plan. Un informe efectivo debe estar hecho con relación al plan, con criterios de control previamente definidos y herramientas de control simples y amigables. Es importante que los informes sean discutidos en reuniones formales, y deben estimular una discusión creativa.

En general en la literatura se definen tipos de informes que son comunes y transversales en los proyectos. En la siguiente tabla se definen estos tipos de informes:

Tabla 4: Tipos de Informes. Fuente: Planificación y Control de Proyectos. A. Serpell

Tipo de Informe	Características
Informe de estado	Se realiza al culminar una etapa
Informe de avance	De carácter mensual o semanal
Informes de problemas	Generalmente se realizan por medio de formularios
Informe de cambios de alcance	Generalmente se realizan por medio de formularios

El control en la dirección de proyectos principalmente está orientado a las variables de costo y plazo. Para lograr una adecuada cuantificación de estas variables en un proyecto compuesta de gran cantidad de actividades y acciones de naturaleza diferente, es necesario en primer término buscar un factor común o atributo común, que se encuentre presente en todas y cada una de las actividades.

El plazo tiene el factor común en los recursos de transformación y niveles de utilización en las actividades y respecto del costo, se recurre a la valorización monetaria de toso los recursos y elementos necesarios para que una actividad sea realizada.

5.7.2. Medición de avance físico

La medición del avance físico es un factor que es fundamental para un correcto control del proyecto. Para lograr la comparación entre lo programado y el proceso desarrollado, es posible representar a través de curvas de avance físico, que muestran el grado de cumplimiento alcanzado o por alcanzar, en las diferentes fases que se encuentre el proyecto.

El avance físico tiene como dependencia las cantidades de obra y de los recursos necesarios para transformar los materiales, es decir, se refiere a la mano de obra y maquinaria.

Para realizar la medición del avance físico, es necesario conocer ciertos conceptos que son la base para la confección de curvas de avance físico, estos se indican a continuación:

- **Línea Base:** Es una base fija y definida en costo, plazo y alcance del trabajo que se utiliza para medir el progreso. Generalmente se refiere a la línea de base actual, pero puede referirse a la original o alguna otra línea de base.
- **Entregables:** Cualquier producto único o verificable, resultado o capacidad para realizar un servicio que debe producirse para completar un proceso, fase o proyecto. Un entregable representa una salida para una fase determinada de un proyecto o la inversión. Por ejemplo, se establece una lista de resultados para medir el progreso de la obra y se puede vincular con pagos por hitos. El término a menudo se refiere al producto o la salida que debe ser completado y entregado para satisfacer un contrato acordado.
- **Avance Consolidado:** se entenderá al cálculo agregado de avances físicos, para diferentes clases o naturaleza de entregables, utilizando alguna de las metodologías existentes para tal efecto.
- **Recursos humanos:** Considera la cantidad de hombres promedio trabajando durante un período de tiempo preestablecido en una actividad. Interpretado de otra forma, es la cantidad de tiempo invertido por un número de trabajadores para la realización de una actividad. Las unidades más utilizadas corresponden a *Horas Hombre (H.H.)* y *Hombre Día (H.D.)*.

Esta medición de avance del proyecto es una componente clave para un adecuado seguimiento y control. Serpell y Alarcon han generado una lista de métodos para medir el avance físico de un proyecto.

- **Unidades completadas:** Principalmente mide la relación entre las unidades ejecutadas versus el total de unidades. Es un método aplicable a tareas que involucren la producción

repetitiva de unidades de trabajos fáciles de medir que individualmente requieren una cantidad similar de trabajo.

$$Avance (\%) = \frac{Unidades\ ejecutadas}{Unidades\ totales} * 100$$

- **Hitos incrementales:** Se refiere al grupo de tareas que deben ser desarrolladas de forma secuencial. Estas tareas se consideran como cumplimiento de un hito, se representa como un porcentaje del trabajo del programa. En la industria de la construcción y minería, este porcentaje se representa por las Horas- Hombres (HH).
- **Razón de costo:** Método que se aplica aquellas tareas que involucran un largo período de tiempo y son estimadas y presupuestadas en función de presupuestos globales, es decir, en base a asignación de fondos u horas hombres y no en función de la producción.

$$Avance\ físico = \frac{HH\ Actuales}{HH\ Presupuestadas} = \frac{\$ Actuales}{\$ Presupuestados}$$

- **Unidades equivalentes o ponderadas:** Este método se aplica cuando el proyecto controlado involucra una duración considerable de tiempo y está compuesto además de dos o más actividades que se traslapan, cada una con diferentes unidades de medición de trabajo. A las actividades se les asigna un peso o ponderación que permite determinar el grado de importancia para el compromiso.

5.7.3. Representación gráfica de las actividades de un Proyecto

Principalmente existen 3 maneras fundamentales para representar las actividades desarrolladas en un proyecto:

- Cronograma de Gantt
- Diagramas Pert
- Diagramas CPM

Cronograma de Gantt

El diagrama de Gantt muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto, en forma de barras graficadas con respecto al tiempo.

El diagrama de Gantt obliga al administrador del proyecto a desarrollar un plan con antelación y proporciona un vistazo rápido del avance del proyecto en un momento dado.

Desafortunadamente, este diagrama no siempre describe por completo la interacción entre las diferentes actividades del proyecto. Para dicho propósito, se requiere de técnicas más analíticas como los diagramas de PERT.

En la siguiente Figura se puede visualizar un ejemplo genérico para una planificación de 13 semanas para 2 rubros distintos que diferentes actividades cada uno.

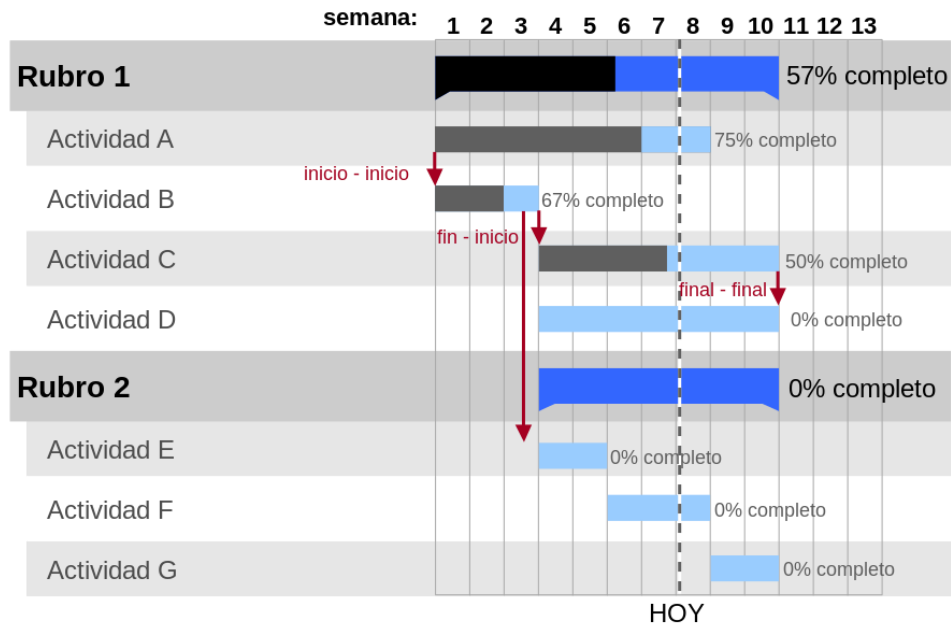


Figura 10: Carta Gantt ejemplo.

El diagrama de Gantt se puede utilizar también para organizar la secuencia de las actividades de las máquinas en la planta. El diagrama basado en la máquina puede incluir actividades de reparación y mantenimiento marcando el periodo en el que éstas se llevarán a cabo.

Diagrama PERT

PERT, significa Técnica de Revisión y Evaluación de Programas. Un diagrama de PERT, también conocido como diagrama de red o método de la ruta crítica, es una herramienta de planeación y control que retrata de manera gráfica la forma óptima de obtener un objetivo predeterminado, generalmente en términos de tiempo. Normalmente los analistas de métodos utilizan los diagramas de PERT para mejorar la programación mediante la reducción de los costos y la satisfacción del cliente. Cuando se utilizan los diagramas de PERT para programar, por lo general los analistas proporcionan dos o tres valores de tiempo para cada actividad.

Diagrama CPM

El método CPM o Ruta Crítica es utilizado en el desarrollo y control de proyectos. El objetivo principal es determinar la duración de un proyecto, entendiendo éste como una secuencia de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de las actividades tiene una duración estimada.

En este sentido el principal supuesto de CPM es que las actividades y sus tiempos de duración son conocidos, es decir, no existe incertidumbre. Este supuesto simplificador hace que esta metodología sea fácil de utilizar y en la medida que se quiera ver el impacto de la incertidumbre en la duración de un proyecto, se puede utilizar un método complementario como lo es PERT.

Una ruta es una trayectoria desde el inicio hasta el final de un proyecto. En este sentido, la longitud de la ruta crítica es igual a la trayectoria más grande del proyecto. Cabe destacar que la duración de un proyecto es igual a la ruta crítica. (Investigacion de Operaciones, s.f.).

5.7.4. Control de Costos

El Control de Costos es una herramienta de gran importancia para el adecuado desarrollo de un proyecto, permite detectar problemas tempranamente, de modo de tomar decisiones oportunas; provee información oportuna y significativa para cada uno de los responsables de un proyecto; crea una atmosfera de preocupación por los costos; mantiene la comunicación dentro de la organización y permite controlar y/o minimizar los costos del proyecto (Serpell, 2010).

El Control de Costos tiene como objetivo la administración y control del presupuesto aprobado del proyecto, de manera que esta sea éxito y cumpla con los alcances establecidos. Además,

en control de costo se encarga de todos los procedimientos de registro y monitoreo de todas las desviaciones y contingencias que puedan afectar a los costos en la ejecución del proyecto.

La Gestión de los Costos del Proyecto incluye los procesos involucrados en estimar, presupuestar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado (PMBOK, 2013).

PMBOK define una descripción del proceso de Gestión de Costos de un proyecto (Ver figura 11):

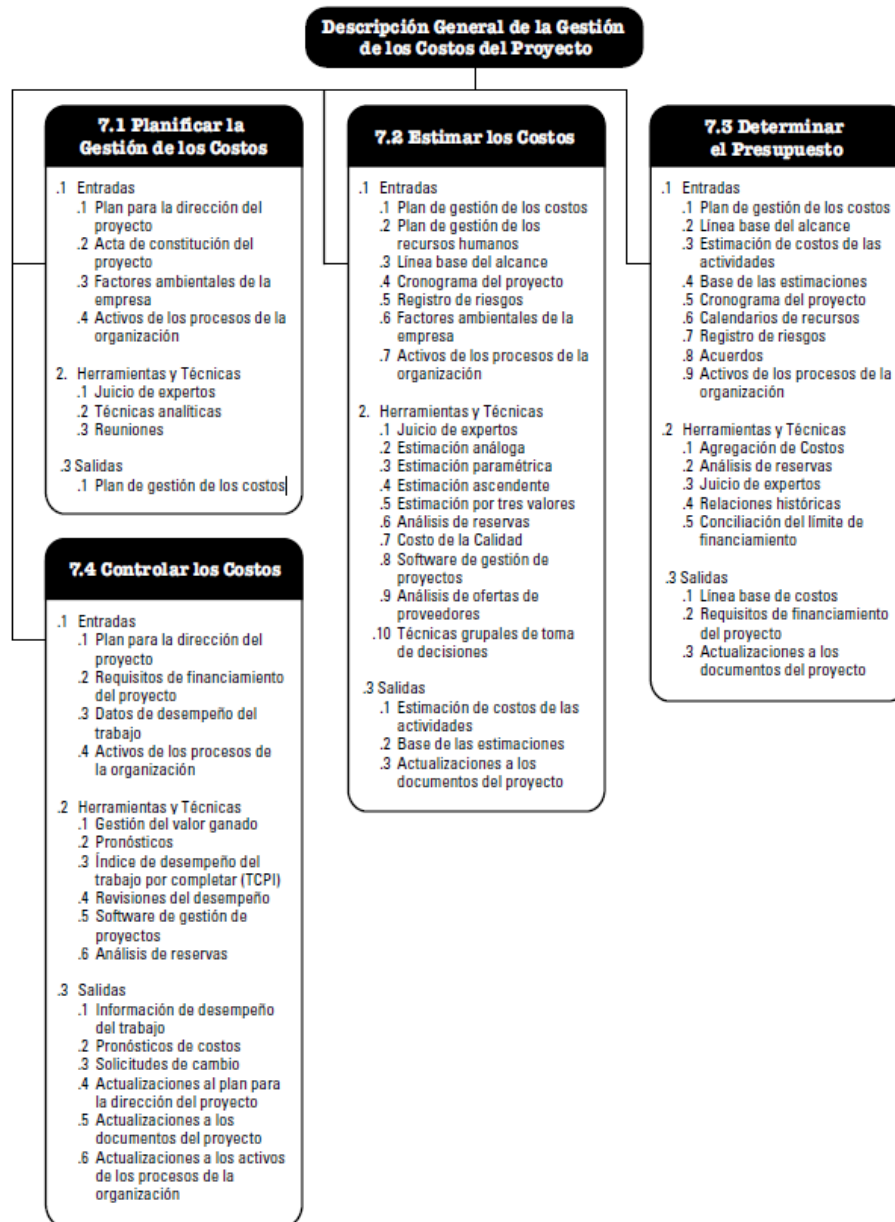


Figura 11: Descripción General de la Gestión de los Costos del Proyecto. Fuente: PMBOK.

Controlar los costos, es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar sus costos y gestionar cambios de la línea base de costo. El beneficio clave de este proceso es que proporciona los medios para detectar desviaciones con respecto al plan con objeto de tomar acciones correctivas y minimizar el riesgo.

El control de costos del proyecto incluye:

- Influir sobre los factores que producen cambios a la línea base de costos autorizada.
- Asegurar que todas las solicitudes de cambio se lleven a cabo de manera oportuna.
- Gestionar los cambios reales cuando y conforme suceden.
- Asegurar que los gastos no excedan los fondos autorizados por período, por componente de la EDT/WBS, por actividad y para el proyecto en su totalidad.
- Monitorear el desempeño del costo para detectar y comprender las variaciones con respecto a la línea base aprobada de costos.
- Monitorear el desempeño del trabajo con relación a los gastos en los que se ha incurrido.
- Evitar que se incluyan cambios no aprobados en los informes sobre utilización de costos o de recursos.
- Informar a los interesados pertinentes acerca de todos los cambios aprobados y costos asociados.
- Realizar las acciones necesarias para mantener los excesos de costos previstos dentro de límites aceptables.



Figura 12: Controlar Costos: Entradas, Herramientas y técnicas, y Salidas. PMBOK.

Entradas

1. Plan para la Dirección del Proyecto

Contiene la siguiente información para controlar los costos:

- Línea base de costos: La línea base de costos se compara con los resultados reales para determinar si es necesario implementar un cambio, una acción correctiva o una acción preventiva.
- Plan de gestión de los costos: Describe la forma en que se administrarán y controlarán los costos del proyecto.

2. Requisitos de Financiamiento del Proyecto

3. Datos de Desempeño del Trabajo

Incluyen información sobre el avance del proyecto, tal como las actividades que han comenzado, su avance y los entregables que se han completado.

4. Activos de los Procesos de la Organización

Son todos los activos que pueden influir en el proceso Controlar los Costos:

- Las políticas, procedimientos y guías existentes, formales e informales, relacionados con el control de los costos
- Las herramientas para el control de los costos
- Los métodos de monitoreo e información a utilizar.

Herramientas y Técnicas

1. Gestión del Valor Ganado

La gestión del valor ganado conocida en inglés por sus siglas EVM (Earned Value Management) es una herramienta para evaluar el desempeño del proyecto durante su ejecución, utilizada durante el grupo de procesos de monitoreo y control. Esta herramienta se utiliza para controlar la gestión integrada del alcance, la agenda y los costos (Leido, 2009). Es un método muy utilizado para la medida del desempeño de los proyectos. Integra la línea base del alcance con la línea base de costos, junto con la línea base del cronograma, para generar la línea base para la medición del desempeño, que facilita la evaluación y la medida del desempeño y del avance del proyecto por parte del equipo del proyecto. Es una técnica de dirección de proyectos que requiere la constitución de una línea base, integrada con respecto a la cual se pueda medir el desempeño a lo largo del proyecto. Los principios del EVM se pueden aplicar a todos los proyectos, en cualquier sector (PMBOK, 2013). Para llevar a cabo la gestión del valor ganado es necesario calcular tres valores:

- **Valor planificado (PV):** El valor planificado (PV) es el presupuesto autorizado que se ha asignado al trabajo programado. Es el presupuesto autorizado asignado al trabajo, que debe ejecutarse para completar una actividad o un componente de la estructura de desglose del trabajo, sin contar con la reserva de gestión.
- **Valor ganado (EV):** El valor ganado (EV) es la medida del trabajo realizado en términos de presupuesto autorizado para dicho trabajo.

- **Costo real (AC):** El costo real (AC) es el costo incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un período de tiempo específico. Es el costo total en el que se ha incurrido para llevar a cabo el trabajo medido por el EV. El AC debe corresponderse en cuanto a definición con lo que haya sido presupuestado para el PV y medido por el EV.

A partir de la línea base aprobada para el proyecto, es posible monitorear las variaciones con respecto a lo programado, para aquello PMBOK define las siguientes variables:

- **Variación del cronograma (SV):** Medida de desempeño, se expresa como la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado. Determina en qué medida el proyecto está adelantado o retrasado en relación con la fecha de entrega. Es igual al valor ganado (EV) menos el valor planificado (PV).
- **Variación del costo (CV):** Expresado como la diferencia entre el valor ganado y el costo real. Es una medida del desempeño del costo en un proyecto. Es igual al valor ganado (EV) menos el costo real (AC). La variación del costo al final del proyecto será la diferencia entre el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y la cantidad realmente gastada.
- **Indicadores de desempeño:**
 - **Índice de cronograma (SPI):** Es una medida de eficiencia del cronograma que se expresa como la razón entre el valor ganado y el valor planificado. $SPI = EV/PV$
 - **Índice de desempeño del costo (CPI):** Es una medida de eficiencia del costo de los recursos presupuestados, expresado como la razón entre el valor ganado y el costo real. $CPI = EV/AC$
 - **Pronóstico:** Conforme al avance del proyecto. El equipo del proyecto puede desarrollar un pronóstico de la estimación a la conclusión (EAC) que puede diferir del presupuesto, hasta la conclusión (BAC), sobre la base del desempeño del proyecto.

2. Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI)

El índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI) es una medida del desempeño del costo que se debe alcanzar con los recursos restantes a fin de cumplir con un determinado objetivo de gestión; se expresa como la tasa entre el costo para culminar el trabajo pendiente y el presupuesto restante. $(BAC - EV) / (BAC - AC)$.

3. **Software de Gestión de Proyectos:** A menudo se utiliza el software de gestión de proyectos para monitorear las tres dimensiones de la gestión del valor ganado, EVM (PV, EV y AC) para representar gráficamente tendencias y proyectar un rango de resultados finales posibles para el proyecto. Algunos de estos softwares usados son: Microsoft Project, Primavera, SAP, etc.

4. **Análisis de variaciones:** Durante el control de los costos se utiliza el análisis de reservas para monitorear el estado de las reservas para contingencias y de gestión, de cara a determinar si el proyecto todavía necesita de estas reservas o si se han de solicitar reservas adicionales.

Salidas

Información de Desempeño del Trabajo

Los valores calculados de CV, SV, CPI y SPI, así como los valores de VAC para los componentes de la EDT/WBS, en particular los paquetes de trabajo y las cuentas de control, se documentan y comunican a los interesados.

Pronósticos de Costos

El valor EAC calculado o ascendente debe documentarse y comunicarse a los interesados.

Solicitudes de Cambio

El análisis del desempeño del proyecto puede dar lugar a una solicitud de cambio de la línea base de costos o de otros componentes del plan para la dirección del proyecto. Las solicitudes de cambio pueden incluir acciones preventivas o correctivas, y se procesan para su revisión y tratamiento.

5.8. Proceso de cierre

Cerrar el Proyecto o Fase, es el proceso que consiste en finalizar todas las actividades a través de todos los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos para completar formalmente el proyecto o una fase de este (PMBOK, 2013).

El proceso de cierre, realizado por el administrador en estrecha interacción con el cliente, permite terminar todos los procesos asociados con la administración del proyecto y retomar la verificación del alcance en su parte terminal para realizar la entrega de los productos del proyecto y constatar su aceptación formal por el cliente (Rivera, 2010).

Según el libro Administración exitosa de proyectos, se definen ciertos subprocesos que conforman el cierre de proyectos, estos se visualizan en la tabla de continuación.

Tabla 5: Subprocesos del cierre del proyecto

Cierre
Cierre del proyecto
Cierre del Contrato
Documentación de lecciones aprendidas

Durante esta fase el administrador ordena, protege y guarda en forma conveniente la documentación del proyecto. Ésta será útil posteriormente para la planificación de proyectos futuros, por lo que deberá quedar en un lugar de fácil acceso. A sí mismo, mediante este proceso se finiquita el o los contratos con el cliente y con los proveedores, lo cual debe hacerse formalmente, es decir, se debe producir un documento de finiquito legal firmado por las partes. Conviene por otra parte solicitar al cliente, si corresponde, una carta de recomendación, ya que puede constituir un valioso instrumento de acreditación para ventas futuras (Rivera, 2010).

PMBOK cuarta edición, caracteriza que el proceso de cierre está compuesto por aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos de la dirección de proyectos, a fin de completar formalmente el proyecto, una fase de este, u otras obligaciones contractuales. Además, señala que en el cierre del proyecto puede suceder lo siguiente:

- Obtener la aceptación del cliente o del patrocinador,
- Realizar una revisión tras el cierre del proyecto o la finalización de una fase,
- Registrar los impactos de la adaptación a un proceso,
- Documentar las lecciones aprendidas,
- Aplicar actualizaciones apropiadas a los activos de los procesos de la organización,
- Archivar todos los documentos relevantes del proyecto en el sistema de información para la dirección de proyectos para ser utilizados como datos históricos,
- Cerrar las adquisiciones.

La siguiente grafica muestra las entradas, herramientas y técnicas, y salidas de este proceso, definidas por el PMBOK:

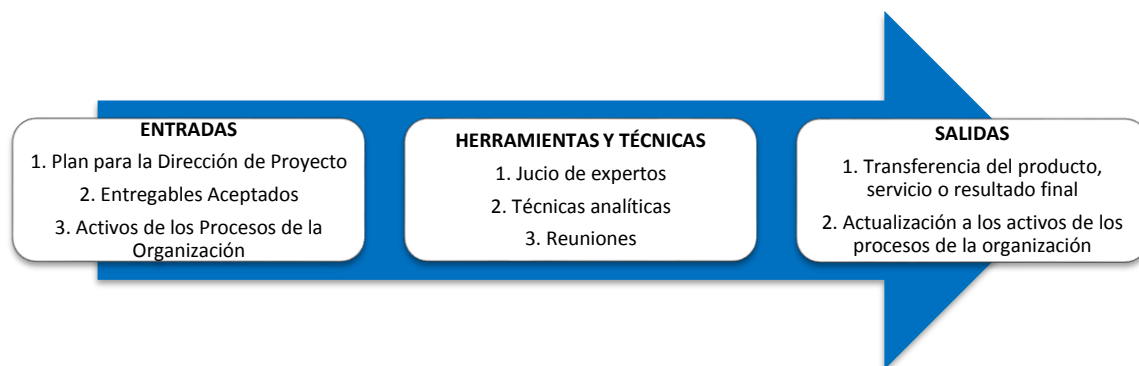


Figura 13: Proceso de Cierre: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. PMBOK

Entradas

- 1. Plan para la Dirección del Proyecto:** Documento que formaliza el acuerdo entre el director del proyecto y el patrocinador, al definir en qué consiste la culminación del proyecto.
- 2. Entregables Aceptados:** Incluyen documentos con las especificaciones aprobadas del producto, los recibos de entrega y los documentos de desempeño del trabajo. Se pueden incluir también entregables intermedios o parciales en los casos de proyectos de varias fases o de proyectos cancelados.
- 3. Activos de los Procesos de la Organización:** Dentro de los activos que se pueden incluir en el proceso de cierre del proyecto son:
 - Guías o requisitos para el cierre del proyecto (procedimientos administrativos, auditorías del proyecto, evaluaciones del proyecto y criterios de transferencia)
 - Información histórica y bases de conocimiento de lecciones aprendidas (registros y documentos del proyecto, toda la información y documentación de cierre del proyecto, información sobre los resultados de las decisiones de selección y sobre el desempeño de proyectos previos, e información sobre las actividades de gestión de riesgos).

Herramientas y Técnicas

1. **Juicio de Expertos:** Se aplican cuando se realizan las actividades de cierre administrativo. Estos expertos aseguran que el cierre del proyecto o fase se realice de acuerdo con los estándares apropiados. La experiencia puede provenir de diversas fuentes, entre otras:
 - Otros directores de proyecto dentro de la organización.
 - La oficina de dirección de proyectos.
 - Asociaciones profesionales y técnicas.
2. **Técnicas Analíticas:** Las técnicas analíticas utilizadas en el cierre de proyectos son:
 - Análisis de regresión.
 - Análisis de tendencias.
3. **Reuniones:** Estas pueden ser cara a cara, virtuales, formales o informales. Pueden involucrar a miembros del equipo del proyecto y a otros interesados implicados o afectados por el proyecto.

Salidas

1. **Transferencia del Producto, Servicio o Resultado Final:** Esta salida se refiere a la transferencia del producto, servicio o resultado final para el que se autorizó el Proyecto.
2. **Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización:** Algunos de los activos típicos que proceden con la actualización son:
 - **Archivos del proyecto:** Documentación resultante de las actividades del proyecto (plan para la dirección del proyecto, el alcance, el costo, el cronograma y el calendario del proyecto, etc.).

- **Documentos de cierre del proyecto o fase:** Documentos de cierre del proyecto o fase, que consisten en la documentación formal que indica la terminación del proyecto o fase y la transferencia de los entregables completos del proyecto o fase a terceros, como por ejemplo a un grupo de operaciones o a la siguiente fase.
- **Información histórica:** La información histórica y la proveniente de lecciones aprendidas, se transfieren a la base de conocimientos de lecciones aprendidas para su utilización en futuros proyectos o fases. Esto puede incluir información sobre incidentes y riesgos, así como sobre técnicas que funcionaron bien y que pueden aplicarse en proyectos futuros.

El beneficio clave de este proceso, es que proporciona las lecciones aprendidas, la finalización formal del trabajo del proyecto y la liberación de los recursos de la organización para afrontar nuevos esfuerzos (PMBOK, 2013).

5.9.Indicadores de rendimiento de cierre de proyecto

El rendimiento de proyectos es medido a través de métricas, conocidas también como indicadores clave de rendimiento o Key Performance Indicators (KPI) (Luu, Kim, & Huynh, 2008).

El rendimiento en gestión se define como la forma en que las organizaciones consiguen sus objetivos, habitualmente alcanzados con las actividades que llevan a cabo los individuos que las conforman (Flapper, Fortuin, & Stoop, 1996).

La medición del rendimiento es un tema que se discute a menudo, pero pocas veces definido (Neely et al., 2005), y se cuantifica a través de medidas que son usualmente denominadas métricas o indicadores. Según Flapper y otros, los indicadores son importantes dentro de una organización,

puesto que dicen lo que debe medirse y cuáles son los límites de control dentro de los que debe estar dicho rendimiento (Flapper et al., 1996).

El Project Management Institute (PMI) determina en su cuerpo de conocimiento, que el informe de rendimiento es el instrumento que resume la situación de las actividades que se llevan a cabo para alcanzar el trabajo previsto en el cronograma del proyecto (Project Management Institute, 2008).

Dentro de los indicadores de rendimiento, se pueden describir los KPI más utilizados para la gestión de proyectos están: KPI Retrospectivo, KPI Diagnostico y KPI Predictivo.

5.9.1. KPI retrospectivo³

Un KPI retrospectivo es aquel que aporta visibilidad respecto a lo que se ha hecho hasta el momento, por tanto, la mayoría de estos KPI son datos que se obtienen directamente. Como ejemplos de este tipo de KPI se tienen:

- **Costos incurridos:** Son los costes imputados al proyecto hasta la fecha, los cuales se deben clarificar si incluyen o no los costes comprometidos. Estos últimos serían las obligaciones de pago que ya se han adquirido pero que aún no se han ejecutado.

³ <https://www.rekursosenprojectmanagement.com/los-kpi-mas-usados/#comment-4803>

- Cantidad facturada: Es equivalente al concepto anterior, pero desde el punto de vista de la facturación a cliente. Igualmente se debe dejar claro si se considera la cantidad ya facturada o la cantidad que aún tiene derecho a facturar.
- Avance: Son los días transcurridos desde la fecha de inicio del proyecto. Lo cual indica en que altura del cronograma se debería estar.
- Cantidad de entregables: Métrica que permite medir el avance del alcance.
- Cantidad de reclamaciones de calidad: Como ejemplo pueden ser las reclamaciones que se reciben por parte del cliente respecto a los entregables, o los entregables que no son aprobados internamente.

Número de horas gastadas: Equivalente al costo incurrido, pero únicamente considerando el componente de trabajo.

5.9.2. KPI de Diagnostico

Los KPI de diagnóstico son aquellos que permiten comparar la situación real con la planificada para detectar desviaciones. Dentro de este grupo se destacan las siguientes:

- **Variación de costos:** Se trata de la diferencia entre los costos que se tienen y los que se planifican tener. Aunque esto parece una definición simple, es muy importante decidir cómo se calculan estos costos, ya que diferentes criterios de valoración en las tareas en curso o en los costes comprometidos, pero no ejecutados, pueden dar lugar a valores diferentes.
- **Atraso en el cronograma:** Es la diferencia entre el avance en el cronograma y los días transcurridos desde el inicio del proyecto. Igual que en el caso anterior, es necesario definir

cómo se consideran las tareas en curso, siendo una posibilidad el considerar esta métrica únicamente sobre los hitos principales del proyecto.

- **Porcentaje de ejecución:** Esta métrica compara el alcance que se lleva ejecutado con el que se debería llevar ejecutado según el plan. Por ejemplo, si se dispone de una lista de entregables, se puede comparar el número de entregables finalizados respecto al avance del cronograma. Aunque en si pueda parecer que un hito no es un KPI, sí que pueden usarse como punto de control, ya que se pueden definir momentos en el proyecto donde se puede ser capaces de definir con exactitud el alcance, el plazo y el coste que se debe tener, y compararlo con la realidad.
- **Consumo de los márgenes:** Este KPI compara el gasto porcentual de los márgenes planificados con el avance porcentual del proyecto. Por ejemplo, si se ha gastado el 90% del margen por costes cuando solo se lleva el 10% del proyecto ejecutado, tal vez este no sea suficiente y se acabe con sobrecostos. Un caso particular de uso de este KPI es el control de los márgenes en Cadena Crítica.

5.9.3. KPI Predictivo

Un KPI predictivo es aquel que permite estimar la situación final del proyecto a partir de su situación actual e histórica, y por tanto anticipar posibles problemas. Dentro de este grupo se encuentran:

- **Costo estimado a la finalización:** Muestra el costo total estimado del proyecto cuando se completa todo el alcance. Esto puede calcularse de varias formas, siendo la más habitual la suma de los costos actuales más los costos estimados para completar el proyecto. Otra forma de calcular esta métrica es mediante el método del valor ganado.

- **Fecha final:** Se trata de la fecha final estimada para completar el proyecto, siendo posible nuevamente usar diferentes métodos de cálculo. La forma más simple y usada es sumar al tiempo transcurrido la estimación del tiempo necesario para completar el alcance pendiente, el método del valor ganado propone una formula basada en la eficiencia mostrada hasta el momento, o simplemente se puede ir desplazando el cronograma. En cada caso la interpretación y fiabilidad de la métrica cambia.

5.10. Lecciones aprendidas

Las lecciones aprendidas del Proyecto se pueden definir como un conjunto de errores y éxitos que el Project Manager y el líder del equipo de Proyecto han podido gestionar y sortear durante la ejecución del Proyecto. Evidentemente, estas lecciones pueden identificarse en cualquier momento y deben ser documentadas para que generen conocimiento a futuro (MDAP Project Management, 2016).

Ser capaz de documentar las lecciones aprendidas una vez que un proyecto ha llegado a su fin, es una de las mayores responsabilidades de un Director de Proyecto. De esta información dependerá alcanzar un buen nivel de comprensión de los propios errores, muy necesario para proyectos futuros y única forma de evitar que se repitan los mismos fallos una y otra vez. Sin embargo, no todo vale y, por eso mismo, el modo de documentar estas lecciones aprendidas también debe ser examinado con lupa (OBS Business School, 2014).

Las lecciones aprendidas son experiencias que se van acumulando a lo largo de la práctica de la profesión. El uso de las lecciones aprendidas es gran importancia para quienes comienzan en la práctica de la dirección de proyectos, ya que ponen a su alcance experiencias y tratan de transferir el

conocimiento adquirido en distintas situaciones. Para aquellos que ya tienen bastante experiencia, resultara grato recordarlas y hacer reflexiones o analogías con sus proyectos (Salgado, 2011).

En general, como buena práctica se recomienda que las lecciones aprendidas deben ser documentadas al momento de efectuarse la acción que desencadena el problema, fallo o error, acierto o cumplimiento; sin embargo, esta práctica no es habitual. Los proyectos en Chile generan los Talleres de lección aprendida, principalmente estos se ejecutan al culminar la fase de ejecución del proyecto.

5.10.1. Lecciones aprendidas como herramientas de proyecto exitoso

Las lecciones aprendidas no son cosa de uno, sino que han de entenderse como el fruto del trabajo de todos. Estas no son una recopilación de los errores que se han mejorado o hechos que han aprendido en el proyecto a nivel personal (Salgado, 2011).

A partir de la Guía de fundamentos PMBOK y del artículo del PMI Madrid, España Método para la elaboración de Lecciones Aprendidas (López, 2017), se definen ciertas claves de éxitos para que las lecciones aprendidas sean un aporte para futuros proyectos:

- Es necesario la participación de todos los involucrados en el proyecto en las fases correspondientes, para que estos aporten con sus ideas, experiencias y visión de las diversas actividades involucradas.
- Describir una circunstancia no son lecciones aprendidas, porque una lección aprendida deberá ser una información de utilidad para quien se enfrente a un proyecto similar, de modo que pueda afrontarlo con cierta preparación. Por tanto, éstas deberán contener información que sean de utilidad para el proyecto.

- Las lecciones aprendidas por cada uno de los miembros no deberán ser en si un autoaprendizaje, sino una puesta a disposición de conocimientos hacia los demás.
- Tratar de incluir este asunto en la rutina de proyecto, por ejemplo, como tema a tratar en alguna reunión con la periodicidad que se considere oportuna.
- A la vez que se desarrolla el documento continente de las lecciones aprendidas, se debe incorporar dicha información en la gestión de proyecto, para beneficiarse de ella desde el principio.
- Las lecciones aprendidas se identifican al realizarse las siguientes preguntas: ¿Qué salió bien en los proyectos? ¿Que salió mal? y ¿Qué acciones se deben tomar para evitar estos errores y repetir estos aciertos en el futuro?
- No es una buena práctica, sentar a todo el equipo delante de un folio o un mapa mental en blanco, y pedirles lecciones aprendidas del proyecto. En su lugar, emplead categorías y subcategorías de lecciones aprendidas fijadas.
- Se puede reunir al equipo para conversar sobre que salió mal y que salió bien, pero lo más importante es que, de la sesión se puedan extraer directrices sobre lo que se va a hacer en el futuro para que los errores no se vuelvan a cometer y para que los aciertos puedan repetirse en futuros proyectos.
- Una vez que toda la información se ha recogido, revisado y corregido, debe ser publicada, para que todos los involucrados en el proyecto conozcan su contenido y puedan aprender de él y mejorar.
- Por último, se debe asegurar que se conserve esta información, para que la organización y los equipos de proyecto puedan disponer de ella cuando sea necesario.

5.11. Benchmarking

“Proceso de investigación industrial que permite a los gerentes desarrollar comparaciones entre compañías sobre procesos y prácticas que permitan identificar lo “mejor de lo mejor” y obtener con ello un nivel de superioridad y ventaja competitiva” (Camp. 1989).

Una definición frecuentemente es la que recoge David Kearns (Chief Executive Officer, Xerox Corp.): “el benchmarking es un proceso continuo de evaluación de los productos, servicios y métodos, con respecto a los de los competidores más eficientes o a las empresas reconocidas como líderes”.

Se pueden establecer varios tipos de benchmarking en función de diversos aspectos: proceso que se estudia, objetivos del análisis. La clasificación más utilizada es la que atiende a la relación existente con la empresa u organización que participa en el estudio. De esta manera se distingue entre:

- Interno: Compara procesos dentro de diferentes áreas de la misma organización, para posteriormente aplicar esa metodología al resto de la organización.
- Competitivo: Se comparan procesos de entidades competidoras en un mismo sector, basándose en el mutuo acuerdo entre ambas organizaciones en los aspectos a tratar y el alcance del proceso. El gran obstáculo en este tipo de benchmarking radica en la confidencialidad de la información.
- Funcional: Se realiza entre organizaciones del mismo sector que no son competidoras entre sí.
- Genérico: Orientado a procesos de negocios similares entre empresas pertenecientes a sectores distintos.

Según los objetivos del estudio de benchmarking, se podría establecer la siguiente clasificación:

- **Estratégico:** Obedece a razones de posicionamiento en el mercado, para lo cual su empeño consiste en mejorar los factores críticos de éxito, esto es, aquellos considerados claves para la satisfacción del cliente.
- **Funcional:** Estrechamente ligado con los procesos internos que se encuentran más próximos al cliente, de ahí que su objetivo es lograr una mejor percepción del cliente y optimizar los factores que elevan su grado de satisfacción.
- **Operativo:** Responde a impulsos para la mejora de la organización operativa y por lo general busca mejorar aspectos muy concretos relacionados con reducir el tiempo de ejecución, el número de trabajadores implicados en una misma área o evitar duplicidades de tareas dentro de la organización⁴.

5.12. Mejora Continua

La Mejora Continua se entiende como una actitud general que debe ser la base para asegurar la estabilización del proceso y la posibilidad de mejora. Cuando hay crecimiento y desarrollo en una organización o comunidad, es necesaria la identificación de todos los procesos y el análisis

⁴ Benchmarking: una herramienta para gestionar la excelencia en las bibliotecas y los servicios de información

medible de cada paso llevado a cabo. Algunas de las herramientas utilizadas incluyen las acciones correctivas, preventivas y el análisis de la satisfacción en los miembros o clientes.

La mejora continua requiere:

- Apoyo en la gestión.
- Retroalimentación y revisión de los pasos en cada proceso.
- Claridad en la responsabilidad de cada acto realizado.
- Poder para el trabajador.
- Forma tangible de realizar las mediciones de los resultados de cada proceso

5.12.1. Círculo de Deming

Es una técnica desarrollada por W. A. Shewart entre 1930 y 1940 para organizar el trabajo y seguimiento de proyectos de cualquier tipo. En 1950 E. Deming la toma y la difunde como una alternativa para encarar los proyectos de acción o mejora sobre los procesos propios, externos o internos (por tal motivo en Japón lo llaman “ciclo Deming”).

Esta metodología describe los cuatro pasos esenciales que se deben llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua, entendiendo como tal al mejoramiento continuado de la calidad (disminución de fallos, aumento de la eficacia y eficiencia, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos potenciales).

El círculo de Deming lo componen cuatro etapas cíclicas, de forma que una vez acabada la etapa final se debe volver a la primera y repetir el ciclo de nuevo, para que las actividades sean

reevaluadas periódicamente para incorporar nuevas mejoras. La aplicación de esta metodología está enfocada principalmente para ser usada en empresas y organizaciones.



Figura 14: Circulo de Deming.

5.12.2. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto también es conocido como la Ley 20-80, la cual expresa que “generalmente unas pocas causas (20%) generan la mayor cantidad de problemas (80%)”. También se le conoce como Ley ABC utilizado para el análisis de inventarios. Su origen se le debe a los estudios realizados sobre el ingreso monetario de las personas, por el economista Wilfredo Pareto a comienzos del siglo XX.

Este tipo de análisis es una forma de identificar y diferenciar los pocos “vitales”, de los muchos “importantes” o bien dar prioridad a una serie de causas o factores que afectan a un determinado problema, el cual permite, mediante una representación gráfica o tabular identificar en una forma decreciente los aspectos que se presentan con mayor frecuencia o bien que tienen una incidencia o peso mayor.

Se utiliza para establecer en dónde se deben concentrar los mayores esfuerzos en el análisis de las causas de un problema. Para ello es necesario contar con datos, muchos de los cuales pueden obtenerse mediante el uso de una Hoja de Inspección.

5.12.3. Diagrama de Ishikawa

Es una representación gráfica en forma de espina de pescado que permite identificar las causas que afectan un determinado problema en una forma cualitativa.

Se utiliza para descubrir de manera sistemática la relación de causas y efectos que afectan a un determinado problema. Adicionalmente permite separar las causas en diferentes causas, conocidas como las cinco M:

- Métodos
- Mano de Obra
- Maquinaria
- Materiales
- Medio ambiente

Entre los beneficios que presenta esta técnica se puede mencionar que permite de una manera sistemática concentrarse en las causas que están afectando un problema y una forma clara de establecer las interrelaciones entre esas causas y el problema en estudio, así como subdividir las causas principales en causas primarias, secundarias y terciarias.

Por supuesto, también esta técnica presenta limitaciones y precauciones, ya que depende mucho del conocimiento previo de las personas involucradas en el análisis.

Objetivos de su aplicación:

- Visualizar en equipo, las causas principales y secundarias de un problema.
- Ampliar la visión de las posibles causas de un problema, enriqueciendo su análisis y la identificación de soluciones.
- Analizar procesos en búsqueda de mejoras.
- Analizar modificaciones a procedimientos, métodos, costumbres, actitudes o hábitos, con soluciones – muchas veces- sencillas y baratas.
- Educar sobre la comprensión de un problema.
- Determinar el nivel de conocimientos técnicos que existe en la empresa sobre un determinado problema.
- Prever los problemas y ayudar a controlarlos, no sólo al final, sino durante cada etapa del proceso.

6. DIAGNÓSTICO

El presente capítulo tiene por objetivo levantar la información relacionada con el Seguimiento y Control, y Cierre del Proyecto OXE; de esta manera, dejar en evidencia los aciertos y problemáticas que se presentaron durante la ejecución del proyecto. Para cumplir con este objetivo, el capítulo recopila información de la historia del Proyecto, estrategias, Control de Proyecto, Cierre de Proyecto, Benchmarking y Lecciones Aprendidas.

6.1. Reseña del Proyecto

La explotación del yacimiento “Encuentro”, de cobre, oro y molibdeno; tiene su beneficio mediante lixiviación de mineral oxidado, que da origen al Proyecto Óxidos Encuentro. Durante los años 2012 y parte del 2013, Antofagasta Minerals S.A., desarrolló la Ingeniería de Prefactibilidad de tratamiento de minerales oxidados con dos grandes empresas de la industria en la Gestión de Proyectos mineros. Esta ingeniería de valor seleccionó el procesamiento de mineral ROM con tronadura intensiva (ROM TI) para 10 Mt/a, y de mineral de alta ley en una pila dinámica para 10Mt/a. El diseño original considero un CAPEX de 756 MUSD.

Como parte del estudio de prefactibilidad, el proyecto logra en Julio de 2013 su aprobación ambiental con la Resolución de Calificación Ambiental.

El estudio de factibilidad se inicia en diciembre del 2013 con un presupuesto de MUS\$ 14,5, incluyendo pruebas metalúrgicas, minería, ingeniería y costos del dueño. Posteriormente fue incrementado a MUSD 19,1 para desarrollar la ingeniería de las obras tempranas. Se determinó el producto de optimizaciones de diseño, optimizaciones de plan minero y eliminación de contrato tipo

EPCM, que era posible disminuir el CAPEX significativamente, quedando una estimación de capital de un valor de 636 MUSD.

El plan y presupuesto para las obras tempranas fue completado en abril del 2014, obteniendo la aprobación del Directorio de Antofagasta Minerals S.A. A partir de junio de 2014 el contratista de movimiento de mina inició su movilización y en agosto de este mismo año, se inicia la extracción de material incluyendo tronaduras.

El plazo para el comienzo de la ejecución fue fijado para julio del 2014, pero en virtud del grado de avance, se determinó bajo aprobación del directorio extender el compromiso para noviembre del 2014. Las razones de la postergación tienen su origen en un mayor tiempo requerido para el desarrollo de ingeniería producto de los estudios de trade off iniciales, mayor detalle y revisiones a las contempladas originalmente.

Durante el año 2015, dadas las condiciones del mercado y por medio de una evaluación tanto técnica como económica, se decide modificar la configuración de la planta de Chancado, pilar fundamental de la ruta crítica del proyecto. El diseño original consideraba una planta de Chancado de origen chino y se modifican por una configuración de origen alemana con mayor trayectoria en la industria chilena del cobre. Además, esta nueva configuración permitió eliminar ciertos procesos, como la eliminación de un Stockpile, en base a utilizar una tecnología diferente.

En enero del 2016, el directorio aprueba un Plan de Ralentización del proyecto, dadas las condiciones nacionales, económicas y políticas, lo cual impacta principalmente en el programa de ejecución del proyecto, deteniendo o pausando ciertos contratos de construcción; algunos de estos fueron licitados nuevamente.

Además, producto del cambio de estrategia de Chancado, estrategia de contratos y Plan de Ralentización, el CAPEX se vio modificado, con una inversión de capital total del proyecto de 670 MUSD.

En la siguiente figura es posible visualizar el Road Map del proyecto:

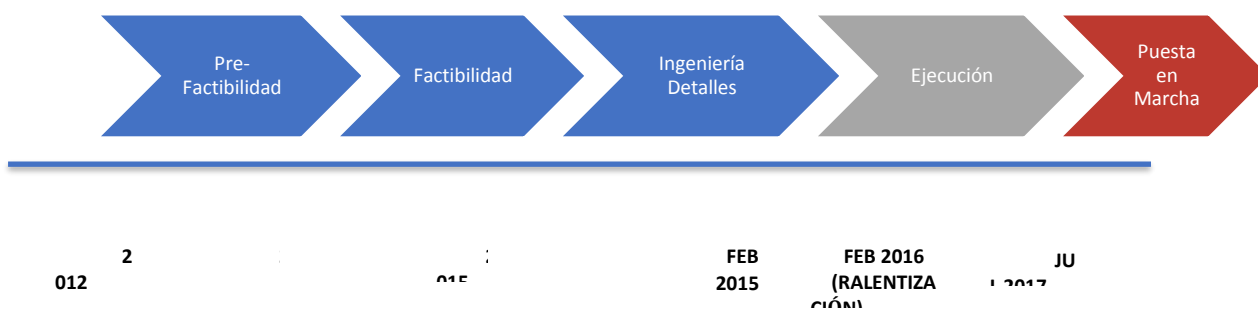


Figura 15: Road Map Proyecto OXE. Elaboración propia.

6.2. Objetivos del Proyecto

Ejecutar y completar el Proyecto OXE de acuerdo con el alcance definido, dentro de plazo y costo, cumpliendo con los estándares y procedimientos corporativos. Estos objetivos son:

- Excelencia en resultados de seguridad.
- Proyecto administrado por equipo del dueño.
- Aprovechar las condiciones del mercado, enfocándose en calidad, plazo y costo.
- Máxima sinergia con el Distrito Centinela.
- Entregar a la compañía una base sólida (procedimientos, sistemas y estructura) para ejecutar proyectos administrados por el dueño.

6.3. Alcance del Proyecto

El alcance del proyecto lo constituye en términos generales la apertura del rajo ‘encuentro’, para dejar disponibles los minerales para la operación, desarrollar la ingeniería, los procesos de compra y de contratación para la construcción del proyecto y su puesta en operación. Para ello deberá administrar los recursos propios y de terceros con el propósito de desarrollar las actividades en plazo y costo comprometidos.

El proyecto contempla desarrollos tipo Greenfield y Brownfield (Ver figura 16), en donde, como actividades principales se destacan:

Greenfield

- Construcción Planta de Chancado.
- Construcción Planta de Aglomeración.
- Construcción de sistema de transporte y apilamiento de mineral.
- Construcción de área de lixiviación e infraestructura auxiliar.
- Construcción del tendido aéreo para suministro eléctrico.
- Construcción del sistema de impulsión de soluciones.
- Construcción del sistema de impulsión de agua de mar.

Brownfield

- Habilitación y conexión del sistema de suministro eléctrico al tendido aéreo en 23 KV. Involucra intervención en la subestación Esperanza de Centinela Sulfuros.

- Implementación y conexión del sistema de impulsión de agua de mar desde la piscina de agua de mar en Centinela Sulfuros hacia el proyecto OXE. Implica intervención en manifold de bombas de agua de mar de Centinela Sulfuros.
- Modificación y ampliación del área de SX en Centinela Óxidos. Implica en la resolución de interferencias constructivas y resolver los Tie In producto de la modificación del circuito.

El proyecto contempla una capacidad máxima de producción de 10 millones de toneladas de mineral por año por un período de 8 años, la cual está dada por la capacidad disponible en la planta de SX en Minera Centinela Óxidos. Por tal motivo, los diseños no contemplan disponer de capacidad adicional en el sistema para una expansión futura de las instalaciones.



Figura 16: Layout Proyecto OXE.

6.4. Estrategia de Contratación

El Proyecto Óxidos Encuentro tuvo por objetivo la explotación de minerales oxidados de cobre del rajo Encuentro. Para cumplir con estos objetivos, el equipo de proyecto propuso una estrategia de contratación, la cual fue definida en el Plan de Ejecución del Proyecto (PEP).

La Gestión del Proyecto fue dirigida por el Gerente de Proyecto, definido por la Vicepresidencia de Proyectos de AMSA. Este fue apoyado por su equipo de proyecto y por los contratistas de construcción, contratistas de servicios y contratistas proveedores.

La estrategia de ejecución de la construcción se ejecutó bajo la administración del dueño (AMSA). Esta se realizó mediante paquetes por áreas de proceso. En estos paquetes se definió una empresa contratista, que fue responsable según los límites definidos y declarados durante la adjudicación del contrato, luego de la respectiva licitación. Para controlar y monitorear los contratos, se relacionó un administrador de contrato por parte del dueño y líderes de disciplinas claves, los cuales fueron requisitos para el proceso de contratación de los paquetes de obra.

En general el proyecto se constituyó de contratos de obras, servicio y suministros. Dentro de los contratos de obras se presentan seis contratos claves. Respecto a los contratos de servicio y suministro es posible identificar los siguientes contratos: suministro de hormigón, la logística de transporte, el manejo de bodegas, el suministro de combustible, el manejo de aguas servidas, la topografía, el catering, y aseo y servicios de QA/QC.

Para obtener la adjudicación de un contrato, fue necesario generar licitaciones en las cuales las empresas participantes fueron evaluadas desde el punto de vista de riesgo, seguridad, calidad, relaciones laborales, técnicas y económicas. Solo en casos que fuera necesario, por una estrategia que creara beneficios, es posible la adjudicación directa bajo una estricta aprobación de los niveles de Vicepresidencia de Proyectos.

Los contratos del proyecto fueron llevados bajo la modalidad de Contratos a Suma Alzada, precio unitario, precios mixtos y contratos a costos reembolsables. Los criterios de definición fueron los siguientes:

- Contratos a Suma Alzada: Estos contratos fueron preferentemente utilizado cuando el contrato haya alcanzado un 95% de la planificación en la ingeniería de detalle.
- Contratos a Precio Unitario: Se utiliza en casos que el trabajo necesario no se encuentre lo suficientemente definido. Se usa además en casos que el programa del proyecto lo requiera.
- Los Contratos a Precios Mixtos (suma alzada y precios unitarios): Forma que fue más utilizada en el proyecto. Para la modalidad suma alzada se incluyeron las actividades relacionadas con la movilización, desmovilización, los gastos generales directos e indirectos, el margen de utilidad. En la parte de precios unitarios se incluyeron los trabajos a desarrollar por unidades de medida y sujetas a posibles variaciones.
- Contratos a Costos Reembolsables: Utilizado en aquellos casos que se requiere capturar eficiencia y oportunidad de las actividades a desarrollar por los contratistas.

6.4.1. Principales Contratos de Obra

Infraestructura

Este contrato considera la construcción de toda la infraestructura que requieren las instalaciones de proceso del proyecto y que no ha sido construida en la etapa de obras tempranas.

Planta de Chancado

Este contrato considera la construcción y montaje de la Planta de Chancado. En donde se incluye los movimientos de tierra estructurales y hormigones para fundación de estructuras, detalle y compra del acero estructural para la planta, montaje de estructuras, montaje de todos los equipos mecánicos que incluye la planta, instalación de sistema de supresión de polvo, sistema contra

incendios, sistema de control, tendido y conexión de cables. Los equipos principales como Chancadores, Harneros, Correas y Alimentadores fueron entregados por AMSA.

Lixiviación y Aglomeración

Este contrato considera la construcción de las instalaciones relacionadas con el proceso de lixiviación. En particular el contrato incluye lo siguiente: Movimientos de tierra masivos para la construcción de plataformas para pila de lixiviación dinámica, botadero de rípios y piscinas de procesos.

Centinela Óxidos

Este contrato incluye todos los trabajos necesarios para la ampliación y modificación de la planta SX existente en Minera Centinela Óxidos.

Pipeline

Este contrato considera la construcción e instalación del sistema de pipeline que conecta la planta existente de tratamiento de óxidos en minera Centinela y la nueva planta del proyecto OXE. El pipeline considera 2 tuberías de acero carbono enterradas en una longitud de aproximadamente 17 Km, una de las tuberías corresponde a la línea de Refino y la otra a la línea de PLS. El contrato considera los movimientos de tierra para la ejecución de la zanja, donde se emplazará la tubería y su posterior relleno.

Línea Eléctrica

Este contrato considera la construcción de aproximadamente 20 Km de la línea eléctrica de 23 KV desde Centinela Sulfuros hasta el proyecto OXE. Las obras consideran movimientos de tierra para la instalación en postes de hormigón armado, la instalación de cable de aleación de aluminio tipo

Flint, en un trazado de aproximadamente 15 Km y 5 Km aproximadamente de cable de aleación de Aluminio tipo Azusa, además de cables OPGW. Adicionalmente incluye la instalación de aproximadamente 600 m de banco-ductos y la instalación de fibra óptica en las instalaciones de Minera Centinela Sulfuros.

6.5.Estructura Organizacional

El Proyecto Óxidos Encuentro fue administrado por el dueño y la estructura organizacional incluyó la contratación de personal adecuado para satisfacer con los objetivos impuestos por la compañía. Esta estuvo orientada para hacerse cargo de la dirección y administración del proyecto, administración de los estudios de ingeniería, desarrollar los procesos de las licitaciones, realizar las principales compras, administrar la ejecución y construcción, y llevar a cabo el comisionamiento y puesta en marcha.

La administración de la ejecución del proyecto Óxido Encuentro fue realizada en forma directa por el Equipo de Proyecto (AMSA), para lo cual se debió conformar un equipo multidisciplinario capacitado, el cual tuviera experiencia en la administración de la ejecución de este tipo de proyectos. Principalmente los roles tuvieron relación con la administración, supervisión e inspección.

El equipo conformado se encargó de dar cumplimiento a cada una de las cláusulas de los Contratos contraídos con las empresas contratistas, aplicando todos los procesos necesarios que determinen una forma sistematizada, reglamentaria y eficiente para ejecutar la administración y control de los contratos de construcción. El equipo de proyecto posee los siguientes procesos bajo su responsabilidad:

- Administración de Proyectos
- Control de Proyectos
- Control y Aseguramiento de la Calidad
- Administración de Contratos
- Abastecimientos en Terreno
- Contraparte de Ingeniería
- Administración de la Construcción
- Comisionado y Puesta en Marcha
- Relaciones Laborales
- Seguridad y Salud ocupacional
- Medio Ambiente

El proyecto contó con un equipo de trabajo conformado por un Gerente de Proyecto, apoyado por gerentes, subgerente y líderes en áreas, con sus respectivos equipos de trabajos. Las principales áreas definidas fueron: Ingeniería, Minera, Control de Proyecto; Abastecimiento, Contratos y Servicios; Construcción, Seguridad y Salud Ocupacional (Ver figura 17). Además, fue necesario contar con grupos de trabajos de apoyo de terceros especializados a través de contratos de servicios.

Estos contratos de servicios se materializaron mediante la contratación de una empresa consultora para apoyar en las especialidades de adquisición y contrato, planificación, control de costos, topografía, revisión de ingeniería, seguridad y salud ocupacional, entre otras.

La plana de contratación AMSA, en peak consideró 99 personas; sumado a los grupos de trabajo colaboradores se consideró un peak de 150 personas.

Respecto a la dotación del proyecto, en su planificación original consideró un peak del orden de 2.100 personas en la etapa de ejecución el cual se vio modificado, producto de un plan de ralentización, con esto el peak fue de 1.500 personas (Ver Anexo B). Se espera que en la etapa de operación el peak alcance las 250 personas.

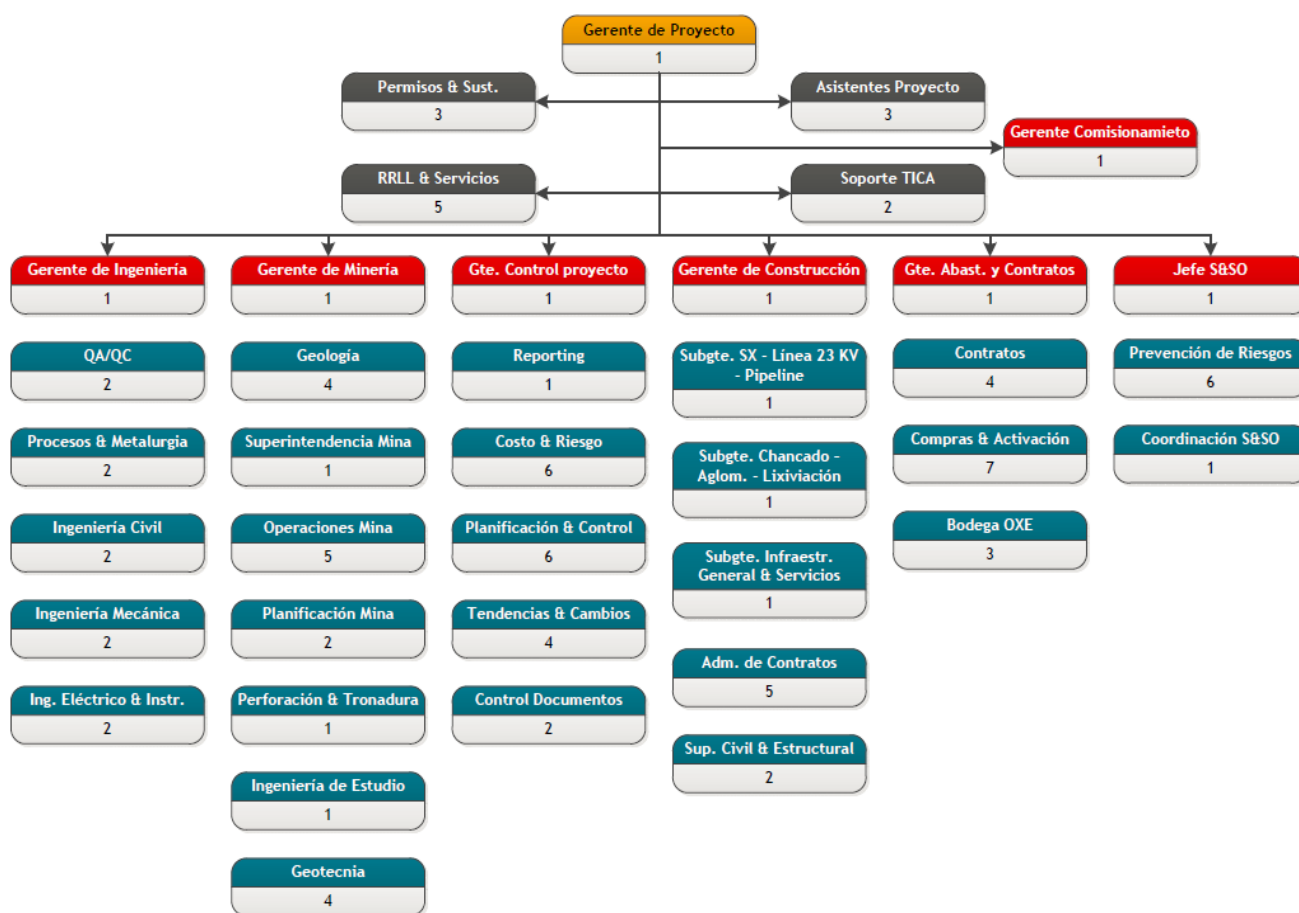


Figura 17: Organigrama Proyecto Óxidos Encuentro

6.5.1. Descripción de roles relevantes del equipo

Gerente de proyecto: Designado como líder del equipo de proyecto, que tiene la responsabilidad de gestionar el logro de los objetivos económicos y financieros del proyecto.

Gerente de Control de Proyecto: Asesora y da soporte al Gerente de Proyecto en el cumplimiento de los objetivos económicos y financieros, es responsable por el control de costos del proyecto.

Gerente de Abastecimientos y Contratos: Responsable por la cotización, contratación y compra de los servicios y activos requeridos para el logro de los objetivos del proyecto. Responsable por mantener al día la información de compras y contratos en el sistema de control de costos y proyectos vigente.

Gerentes de Áreas: Responsables que la administración designe del proyecto, en función del desarrollo de la fase en que se encuentre. Ejemplo: Gerente de Ingeniería, Gerente Construcción, etc.

6.5.2. Horas hombres del Proyecto

Las horas hombres utilizadas en el proyecto fueron divididas en directa e indirecta. Las directas se subdividieron en minería, servicios y construcción, a su vez las indirectas corresponden a las utilizadas por el Owner. En la siguiente tabla es posible apreciar las HH planeadas en el programa base y las reales utilizadas en el proyecto:

Tabla 6: Horas hombres del proyecto. Fuente: Reporte Mensual Proyecto OXE, noviembre 2017.

Tipo	Planeadas	Reales	Porcentaje de desviación
Directas	7.260.106	9.099.168	25%
Minería	1.149.057	1.028.564	-10%
Servicios	2.153.264	2.540.640	18%
Construcción	3.957.786	5.529.964	40%
Indirectas Owner	475.560	437.211	-8%
Owner	475.560	437.211	-8%
Total	7.735.666	9.536.379	23%

6.5.3. Entrevista Feedback experiencia Proyecto OXE

Bajo el contexto de cierre de proyecto, con el motivo de conocer la experiencia de los trabajadores de la construcción, se realizaron 6 entrevistas efectuadas a personal de 4 empresas de construcción. Por temas de confidencialidad, estas empresas serán nombradas en orden numérico. (empresa 1, empresa 2, empresa 3 y empresa 4). (ver anexo A)

Principalmente se abordaron tres tipos de preguntas, que buscaban conocer la experiencia y opinión en los siguientes tres aspectos: General del Proyecto OXE con énfasis en la seguridad, casino del proyecto, cCampamento.

A modo de resumen, de forma cualitativa se indican los resultados más significativos obtenidos de las entrevistas:

Tabla 7: Resultados Entrevistas. Elaboración propia.

Seguridad	Campamento OXE	Servicio de Alimentación
Cero Accidentes	Habitaciones cómodas, baños cómodos	Calidad buena – media
Ambiente de trabajo seguro	Salas de juegos, televisión	Sin discriminación en casino
Prevención y seguridad	Ordenado y aseado	Poca variedad y porciones pequeñas

6.6.Sistemas de información

En la fase de ejecución del proyecto se implementaron sistemas de gestión de información que buscaban ser eficientes, seguros y rápidos, en atención a la necesidad de compartir propiedad intelectual entre los dueños, el equipo de proyecto, el contratista de ejecución, los proveedores y los consultores.

Cada uno de los contratos de construcción, servicios de ingeniería y órdenes de compra incluyeron cláusulas de confidencialidad, licencias de uso u otras formas de acuerdo, que buscaban asegurar el correcto uso de la información. En particular, el sistema de gestión de información del proyecto considerará los aspectos que se describen a continuación:

6.6.1. Comunicación Remota y Transferencia Electrónica de Datos

En la etapa de ingeniería de detalles y ejecución del proyecto, la transferencia de información se realizó básicamente en dos medios:

- Plataforma de gestión de documentos en línea, sistema ACONEX.

- Transferencia de información de procesos de licitaciones vía sitio FTP⁵.

6.6.2. Lista de Software y Hardware Aprobados

Los principales programas que el proyecto utilizó durante el desarrollo de la etapa de ejecución (no se mencionan los Software tradicionales de uso común) son:

- SIGR, Sistema Gestión de Riesgos (corporativo).
- SRI, Servicios de Sistema de Reporte e Irregularidades.
- MS Project 2010.
- ACONEX, Sistema de administración de proyecto y gestión documental.
- PRISM G2, Sistema de administración de proyecto.
- Primavera, Sistema de administración de proyecto.
- Autocad, Diseño de ingeniería.
- Vulcan, Sistema de modelamiento y planificación.
- BDGEO, Base de datos geológica.
- Arc-View, Sistema de Información Geográfica.
- Gisma, Gestión de Información y Seguimiento Ambiental.
- Toresa, Plataforma de software para la gestión de la sustentabilidad.
- Arc GIS, Map y View, Sistema de información geográfica.

⁵ El Protocolo de transferencia de archivos (en inglés File Transfer Protocol o FTP)

6.1.Resultados de Seguridad del Proyecto

El Proyecto OXE en sus inicios fijó el plan de seguridad del proyecto, en base a la institucionalidad que entrega el modelo estratégico de gestión de riesgos de seguridad y salud de Antofagasta Minerals. El proyecto asumió esta práctica como una política obligatoria y una filosofía de compromiso. En este plan forman valores centrales, seguridad y salud de los trabajadores siendo estos un compromiso, lo cual es factor claves de éxito para el proyecto. Para permitir este éxito, el programa del proyecto integra la correspondiente legislación local y nacional, las políticas, estándares y procedimientos corporativos de AMSA.

Dentro de los objetivos específicos planteados en un inicio del proyecto, se encuentra, “Excelencia en resultados de seguridad”. En esta materia, el Proyecto OXE se destacó por poseer variado reconocimiento. En el 2017, el proyecto fue distinguido con el premio de Consejo Nacional de Seguridad, en donde en su ceremonia nacional anual, se destacó por *“Lograr la más Baja Tasa de Frecuencia en la Categoría Servicios a la Minería 2016”*. Este reconocimiento fue recibido por el gerente del proyecto. Además, el proyecto tuvo cero fatalidades.

Los resultados en materia de seguridad se entregan la siguiente tabla:

Tabla 8: Resultado seguridad Proyecto OXE. Elaboración propia.

Ítem	Proyecto
HH (Gastadas)	9.536.603
Índice Frecuencia (CTP+Fatal) (en base a 1.000.00 HH)	0,42
Índice de Gravedad	7,65
Índice Frecuencia Total (CTP + Fatal + STP) (en base a 1.000.00 HH)	11,64
Nº Accidentes CTP	4
Nº Accidentes STP	107
Nº Días Perdidos	73
Nº Cuasi Accidentes AP	376
Nº Accidente AP Real (Fatal + CTP AP + STP AP + Accidentes con Daño Material)	34

6.2. Control de avance o programación

Los lineamientos del control de avance del proyecto OXE fueron extraídos del documento “Mínimo Estándar — Avance de Programa — Estudios y Proyectos” definidos por la vicepresidencia de proyectos de AMSA. En este documento se entregan los requerimientos mínimos para el avance de programa de estudio y proyectos gestionados por la cartera de AMSA. Dentro de los aspectos más relevantes se encuentra:

- Monitoreo semanal del estado del programa del proyecto, avance y dotación (recursos humanos).
- Monitoreo mensual del programa maestro del proyecto.
- Análisis de desempeño (KPI) con respecto a las líneas bases y presupuestadas.

Para cumplir con los aspectos relacionados al control de avance, se definieron los siguientes roles y responsabilidades:

Tabla 9: Roles y responsabilidades Control de Avance.

Roles	Responsabilidades
Gerente de Proyecto	Aprobar las mediciones de avance del proyecto conforme al documento de Mínimo Estándar de AMSA.
Gerente de Control Proyecto	Generar datos de avance del proyecto. Entregar soporte al gerente de proyecto con formatos e información de comparaciones (benchmarking).
Grupo de control de proyectos	Llevar la medición del avance de programa.

Dentro de los fundamentos de monitorear, está la identificación temprana de desviaciones que permitan gestionar proactivamente los problemas. Por esta razón, se determinó que el estado del programa debió ser monitoreado semanalmente para efectos de evitar sorpresas al fin del mes. Además, se generaron reuniones regulares (semanalmente) en las diversas áreas del proyecto, en específico en el área de control de proyecto, se ejecutó una reunión semanal llamada POD, su sigla en inglés “Planning of Day”, donde asistía un representante de cada área, se revisaba los estatus de progreso, así como se actualizaba la etapa en que se encontraban las órdenes de compra y contratos del proyecto.

El progreso o avance semanal se consolidó en el informe mensual de cada mes, emitido por control de proyecto. El contratista principal de cada contrato y el equipo de control de proyecto por parte de Antofagasta Minerals, son los responsables de la actualización de la información de este reporte. El informe se basó en los datos recibidos de los integrantes del equipo de proyecto de las diversas áreas en el formato requerido y en los plazos definidos por Antofagasta Minerals, lo cual no siempre fue respetado o cumplido. Este informe es para conocimiento de todos los miembros del proyecto y para uso de los directivos.

Dentro de la línea de reporte, se generaba de manera mensual una presentación denominada Steering Committe. Esta presentación es de carácter ejecutivo, la cual es realizada por el gerente de

proyecto y preparada por todo el equipo de control de proyecto. El objetivo de esta presentación es mantener al tanto a los ejecutivos de manera general, con especial énfasis en el programa, seguridad, costos y cambios de alcances relevantes.

Para determinar el estado de avance y realizar las proyecciones, se hace una copia del programa de la línea base, la que se conoce en ese momento como programa actual, y se actualiza mensualmente con el avance y las proyecciones, comparándolos con el programa de la línea base, para determinar la desviación y con la actualización del mes precedente para determinar cualquier cambio del período mensual.

Las comparaciones con el programa de la línea base aprobada no fueron realizadas a niveles bajo de detalle, ya que en ese último nivel se producirán los cambios inevitables de la lógica del programa actual o el modo de hacer las cosas, dificultando cada vez más las comparaciones directas con la línea base. Los hitos clave constituyen con las actividades de la ruta crítica los principales elementos de tal comparación, que permite medir:

- Avance real con respecto al programado,
- Dotación real con respecto a la programada.

6.2.1. Metodología de medición

La metodología de medición de avance para la etapa de ejecución del proyecto OXE, se basó en el control de las unidades físicas de obra para cada actividad del proceso constructivo. Como las unidades de medición de obra para cada actividad son diferentes, se utilizó como unidad común las HH (Horas Hombre) necesarias para completar cada actividad.

Para la determinación del avance, sólo se deben considerar las actividades (HH) productivas, excluyendo aquellas destinadas a gestión, administración o apoyo. Las empresas contratistas se encargaron de entregar un itemizado con las unidades físicas desarrolladas, en consecuencia, con las HH utilizadas para desarrollar cada actividad. La sumatoria de las HH de todas las actividades de un contrato específico representará el total de horas necesarias para realizar dicho contrato según un alcance definido. A su vez, la sumatoria de las HH de todos los contratos de obra representa el universo total de horas necesarias para ejecutar el proyecto.

De manera de monitorear la gestión de cada especialidad, se definen las disciplinas en las cuales se ejecutó el proyecto:

- Movimiento de Tierra.
- Civil.
- Estructura.
- Arquitectura.
- Equipos de procesos.
- Eléctrica.
- Instrumentación.
- Pipeline.
- Hormigón.
- Mecánico.
- Minería.
- Mecánico & Piping.
- Comisionamiento.

En general las ponderaciones asignadas, guardan relación con el esfuerzo necesario para completar dicho hito incremental con respecto al esfuerzo total para materializar la tarea. Las Horas ganadas están representadas por el resultado del producto del porcentaje de avance por las HH totales presupuestadas para la actividad.

El avance global del contrato fue representado por el cociente entre la sumatoria de las HH ganadas sobre las HH totales del contrato. El avance global del proyecto fue representado por el cociente entre la sumatoria de las HH ganadas de cada contrato sobre las HH totales del proyecto.

6.2.2. Programa base del Proyecto

El programa base del proyecto fue promulgado con el programa PEP, en cual se desarrolló la planificación y programación del proyecto OXE, con el propósito de establecer un calendario lógico para las actividades que en su totalidad conforman el proyecto. En donde, además se identificó la ruta crítica, la cual permitió estimar una duración máxima teórica para el desarrollo del proyecto y que constituye además una base de control para pronosticar y analizar las desviaciones que ocurrieron durante el transcurso del proyecto.

Durante el estudio de factibilidad se detalló el programa del proyecto incluyendo recursos, Horas Hombre y definiendo un alcance que comprende desde el término de ingeniería de factibilidad hasta la puesta en marcha del proyecto. Este programa constituye la línea de referencia contra la cual se planificó, monitoreó e informó el avance de la ejecución en mayor detalle. El programa del proyecto incluye también la base de planificación de la contratación de contratistas de construcción.

El control del programa se llevó a cabo utilizando el software Primavera, en donde el área de programación de control de proyecto recibe de manera semanal reportes e información para actualizar el programa y generar curvas de medición, indicadores de desempeño y los reportes mensuales.

El programa inicial del proyecto (ver figura 18) para la etapa de ejecución, se basa en el inicio de las obras tempranas en septiembre del año 2014 y el término de la ejecución en Julio del año 2016.

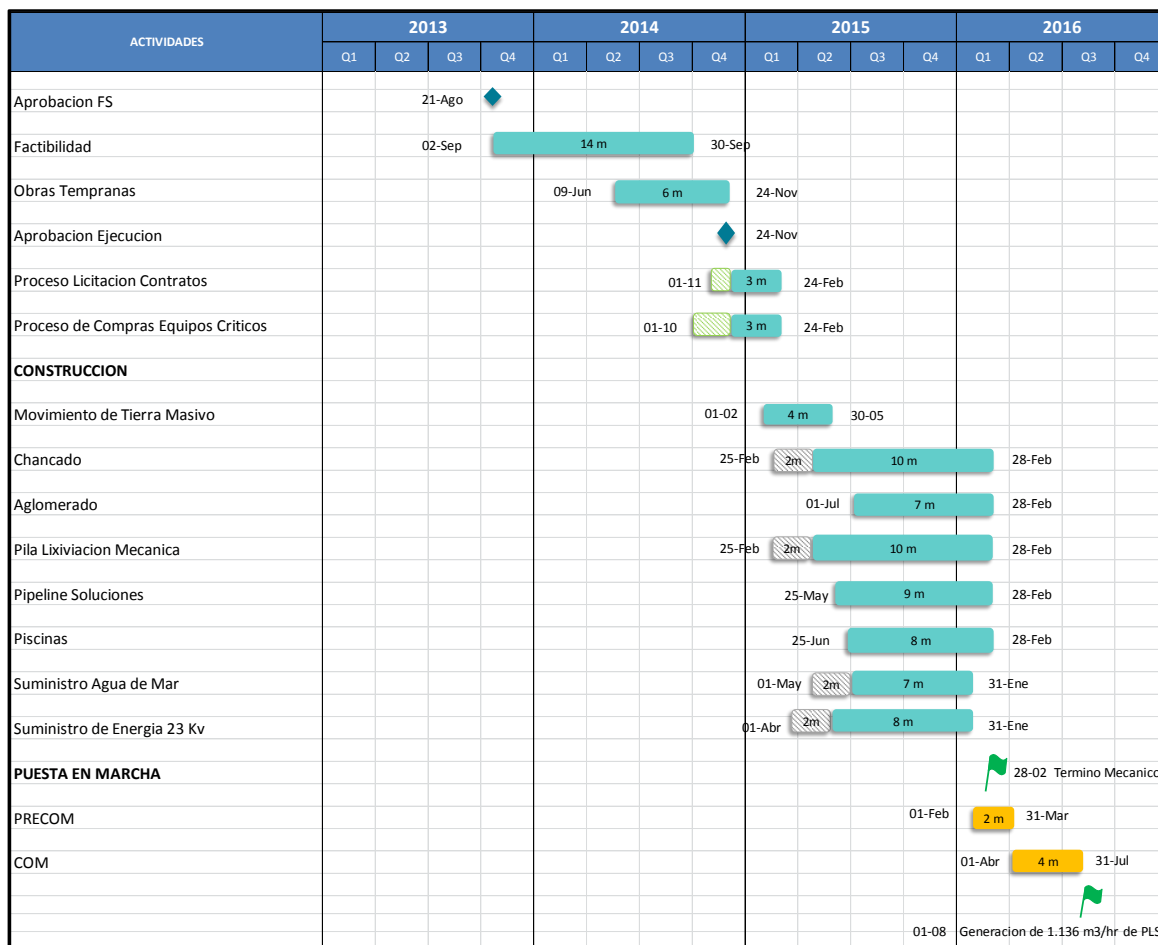


Figura 18: Programa inicial del Proyecto OXE.

Según el programa de proyecto establecido, resultan claves los hitos que a continuación se indican:

Tabla 10:Hitos claves del Programa inicial.

Hitos	Fecha
Aprobación fondos Fase Ejecución	24-nov-14
Inicio de Ingeniería de Detalles	24-nov-14
Inicio Movimientos de Tierra Masivos	01-feb-14
Disponibilidad Suministro Energía definitiva 23 Kv	31-ene-16
Disponibilidad Suministro Agua de Mar	31-ene-16
Termino Montaje Electromecánico	28-feb-16
Termino PRECOM Planta de Chancado	31-mar-16
Termino PRECOM Lixiviación y Aglomeración	31-mar-16
Termino PRECOM Ampliación Centinela óxidos	31-mar-16
Inicio Plan de Extracción Material Procesable	01-abr-16
Termino COM Planta	31-jul-16
Nivel Operacional Generación de 1.136 m3/hr PLS a Tesoro	31-jul-16
Termino Prestripping	31-jul-16
Fin RAMP-UP	01-ago-16

Para el programa se definieron distintos niveles de información, que permitieron emitir informes según se requiera en el proyecto y bajo el procedimiento que corresponda. La definición de niveles de información para el proyecto OXE se indica a continuación:

- **Programa de Nivel de Gerencia (Nivel 1):** Define las actividades e interfaces más importantes entre ingeniería, adquisiciones, construcción, pre-comisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha. Este es un resumen de programa de alto nivel y se emite en el informe de avance mensual.
- **Programa de Nivel de Proyecto (Nivel 2):** Es un programa realizado a partir del nivel 1 pero con un detalle mayor. Es dividido en función de las distintas áreas de la planta.

- **Programa de Nivel de Control (Nivel 3):** Es un programa detallado, generado para el seguimiento y control de las distintas actividades y entregables para todas las fases del proyecto. Este programa fue codificado según el WBS definido del proyecto.

6.2.3. Programa con Ralentización

El 25 de enero del 2016 se da a conocer la decisión tomada por los directivos y altos mando de Antofagasta Minerals, la cual consiste en una ralentización del Proyecto Óxidos Encuentro y el Proyecto Planta de Molibdeno.

Principalmente, esto consiste en disminuir la velocidad de ejecución del proyecto dadas las condiciones del mercado. De esta manera adecuar la puesta en marcha de estos proyectos a mejores condiciones en el precio de los metales de un futuro y poder capturar oportunidades de menores costos de capital.

Iván Arriagada presidente ejecutivo de Antofagasta Plc, explicó en enero del 2017 que "frente a las dificultades en el mercado del cobre, a inicios de 2016 decidimos ralentizar la construcción de estos proyectos para cuidar nuestra caja. Pero lo hicimos sin poner en riesgo su éxito y es lo que hoy podemos comprobar con esta visita". Este hecho trajo consigo la modificación de la estructura organizacional del proyecto, así como grandes cambios en la programación, costos y nuevos objetivos.

Frente a este escenario de un mercado de commodities (Cu, Mo, Au) con niveles de poco margen de utilidad, con costos de operaciones y producción con grandes desafíos crecientes de bajas leyes, Antofagasta Minerals buscó mantener una solidez financiera, de manera de no comprometer su desarrollo futuro. Para esto se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivos Generales

- Mantener foco en seguridad, competitividad y costos.
- Disminuir el flujo de caja del año 2016, según solicitud del directorio.
- Cumplir con el alcance del proyecto, con fecha de término Julio – 2017.
- Minimizar los impactos dentro de la organización del proyecto.
- Captar las mejores oportunidades del mercado (costo y calidad).

Objetivos Específicos

- Gestionar la detención de los contratos relacionados con el Prestripping durante Feb-16 y reiniciar las actividades en Ene-17.
- Gestionar la ralentización del contrato electromecánico.
- Gestionar la detención del contrato de modificación de la planta SX.
- Analizar posible ralentización de contratos de construcción (Línea 23 Kv, Pipeline y otros), con foco en el costo total del proyecto (catering, movilización interna y otros).
- Renegociación de tarifas de contratos de soporte de construcción y otros servicios.
- Todos las compras y contratos se harán mediante procesos competitivos.

A partir de los objetivos, el equipo de control de proyecto prosiguió a negociar, detener y revisar varios contratos del proyecto. En la tabla siguiente, a modo de resumen, se detallan los contratos con sus acciones tomadas en la ralentización.

Tabla 11: Acciones sobre los contratos. Elaboración propia.

Contrato	Acción
Movimiento de Tierra Masivo	Terminado
Prestripping	Operación detenida y reniciada en 2017
Explosivos	Operación detenida y reniciada en 2017
Combustible	Operación detenida y reniciada en 2017
Lixiviación	Mantener programa actual
Electromecanico	Operación detenida, buscar nuevas oprtunidades. Reniciada en 2017
Línea 23 Kv	Mantener programa actual
Pipeline	Operación detenida, buscar nuevas oprtunidades. Reniciada en 2017
Modificación planta Sx	Operación detenida, buscar nuevas oprtunidades. Reniciada en 2017

En el programa principalmente se vio modificado tres grandes contratos. Estos son: el Pipeline, electromecánico y modificaciones en planta Sx. Los cierres de estos, fueron negociados para una posterior licitación, de manera tal de buscar mejores oportunidades. A estos nuevos contratos se les denomino “nombre del contre” + fase II. De esta manera generan un visualización amigable sin perder información del contrato anterior, ver figura 19.

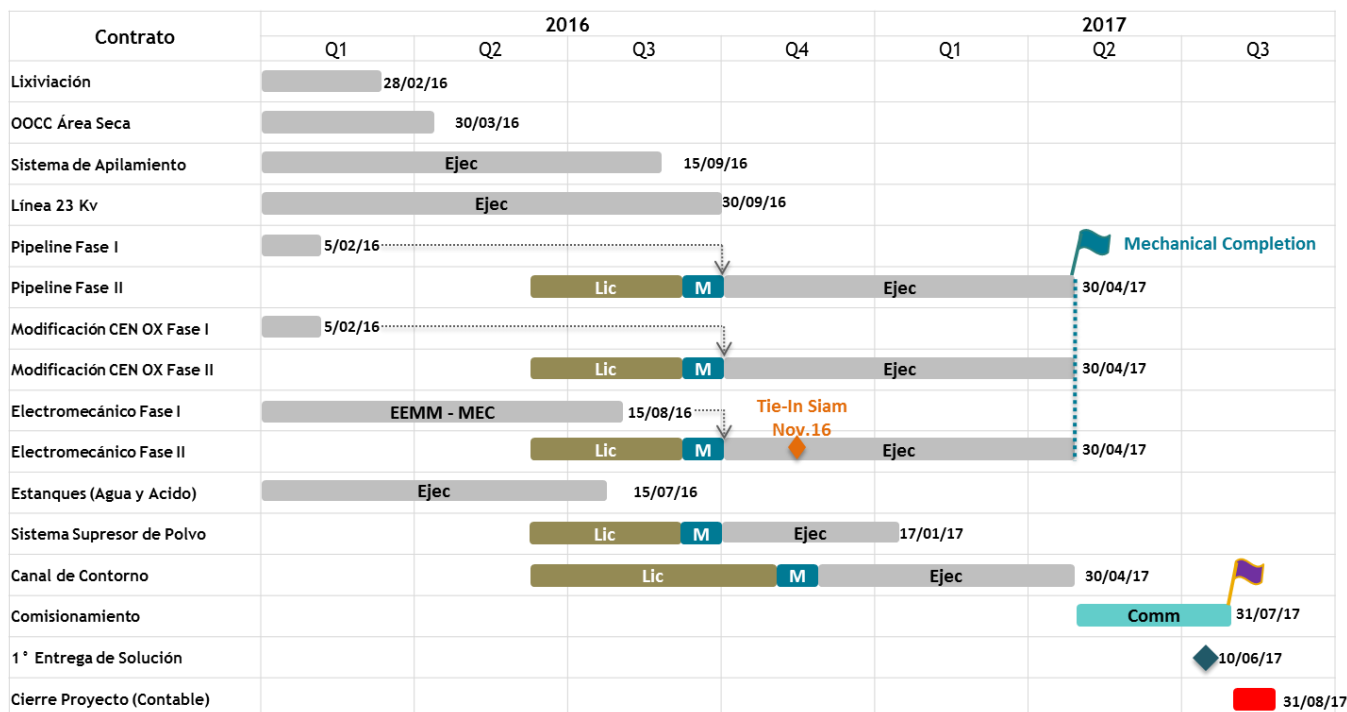


Figura 19: Programa con Ralentización.

El nuevo programa con la ralentización, ubicaba su termino de ejecución para fines de abril, con un comienzo del comisionamiento en mayo del 2017, el cual se extendería por 3 meses para obtener la primera entrega de solución lixiviada el 10 de junio del 2017. Además se programó el cierre contable del proyecto para fines del mes de agosto del 2017.

6.2.4. Programa final

El programa del proyecto OXE durante su ejecución se enfrentó a múltiples modificaciones, principalmente por cambios de alcances, ralentización, cambios de diseño y problemas múltiples que serán analizados en la “Identificación del Problema”.

El proyecto final consideró una ejecución de 36 meses, con fecha de termino el 30 de noviembre del 2017. Es importante agregar que esta fecha incluye los alcances de precomisionamiento y comisionamiento, los cuales trajeron un trabajo de 8 meses extras, ya que en marzo del 2017, el proyecto contaba con un 93% de avance de la construcción. En la siguiente figura se puede apreciar el programa final del proyecto, considerado desde finales del 2016 hasta fines de noviembre del 2017.

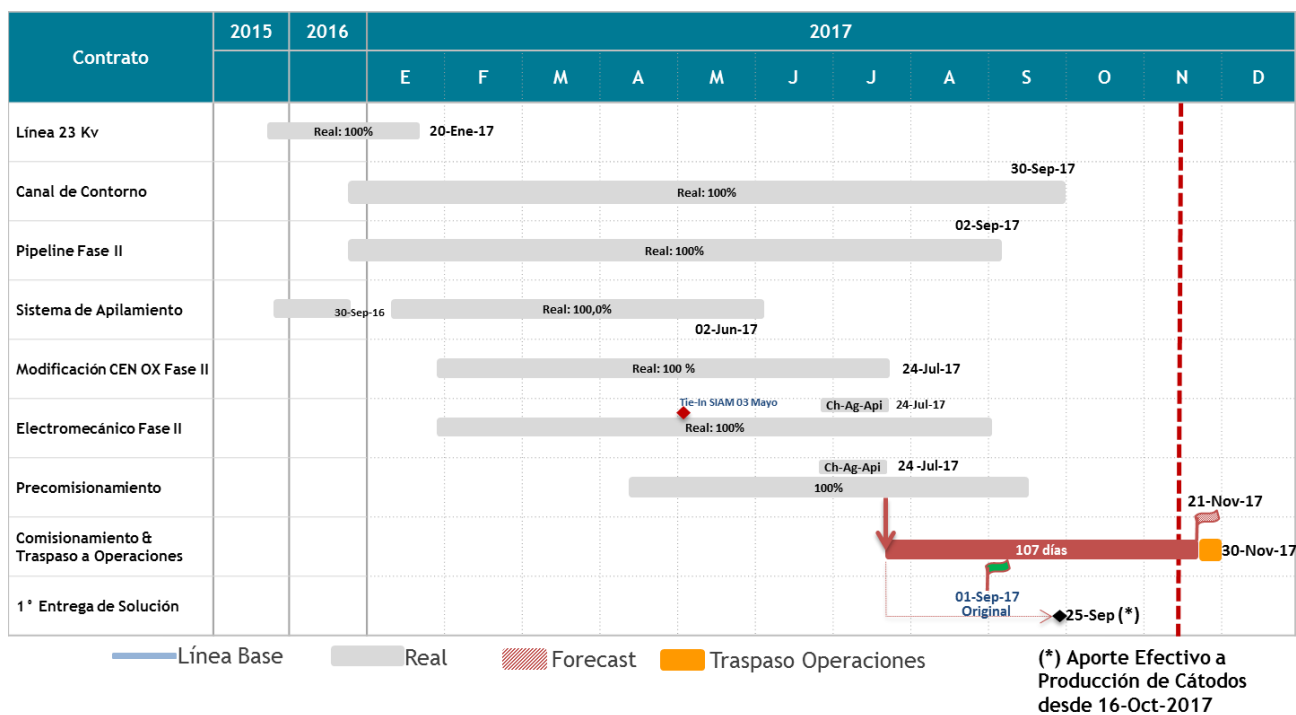


Figura 20: Programa Final del Proyecto OXE.

6.2.5. Ruta crítica

La ruta crítica del proyecto fue determinada principalmente por la ejecución del Prestripping, que tiene una duración de 21 meses y que condiciona la disponibilidad de mineral (ver figura 21). Por

otro lado, la aprobación de fondos para la fase de ejecución permitió dar inicio a la licitación y adjudicación de contratos críticos que afectan principalmente a los movimientos de tierra masivos (plataformas), ejecución obras civiles y montaje electromecánico del área Chancado y el área de Lixiviación.

ACTIVIDADES	2014				2015				2016				
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
Prestripping	09-Jun	22 m						30-Mar					
Extraccion Mineral									01-Abr	4 m		31-Jul	
Aprobacion Ejecucion				◆	24-Nov								
Proceso Licitacion Contratos			01-11	3 m	24-Feb								
CONSTRUCCION													
Movimiento de Tierra Masivo			01-02	4 m	30-05								
Chancado			25-Feb	2m	10 m				28-Feb				
Pila Lixiviacion Mecanica			25-Feb	2m	10 m				28-Feb				
PUESTA EN MARCHA													
PRECOM								01-Feb	2 m	31-Mar			
COM									01-Abr	4 m		31-Jul	

Figura 21: Ruta Crítica del Proyecto OXE.

Es importante señalar que el Prestripping por ser primera actividad crítica del proyecto, fue iniciada tempranamente con presupuesto aprobado para la fase de Obras Tempranas.

6.3.Control de Costos

El control de costos es el proceso de medición de desempeño de los costos respecto a lo presupuestado. Esto permitió tomar las acciones orientadas a cumplir con los objetivos del proyecto. El área de control de proyecto fue la encargada de desarrollar el plan de control de costos y la encargada de velar por el cumplimiento de este procedimiento de acuerdo con los mínimos estándares corporativos de AMSA.

El procedimiento de control de costos tiene como finalidad administrar y controlar el presupuesto aprobado para el proyecto OXE, de manera de registrar, monitorear y reportar todos los costos, desviaciones y contingencias que pudieran afectar el Costo Estimado a Término durante el desarrollo y ejecución del proyecto.

Para controlar los costos se utilizó principalmente el software Prism y SAP, estos permiten llevar un listado de todos los costos del proyecto, separando los costos comprometidos de los costos incurridos. Además, estos softwares permiten la interacción con MS Excel y se encuentran conectado en línea, lo cual era una ventaja para la carga de datos en el transcurso del proyecto.

6.3.1. Presupuesto

El presupuesto consiste en la preparación de una estimación de costos de capital del proyecto, basado en la información desarrollada por distintas empresas consultoras de ingeniería durante el estudio de factibilidad.

Para el desarrollo de la estimación de costos para el proyecto Óxidos Encuentro, durante su etapa de factibilidad avanzada y cumpliendo con los estándares mínimos de Antofagasta Minerals, se

conformó un equipo de trabajo con personal del dueño y otros consultores, logrando así, cumplir con los objetivos y metas de entrega.

La estructura general tanto para los objetivos de estimación como control de costos fue realizada bajo el concepto del WBS a todos sus niveles para cada línea de CAPEX. Además, estas líneas contienen los siguientes elementos de costo:

- Mano de Obra.
- Equipos de Construcción.
- Materiales.
- Equipos de Proceso.
- Indirectos del Contratista.

La base y tipo de cambio para la estimación de costo de capital se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 12: Monedas y tipo de cambio. Elaboración propia.

Información	Descripción
Moneda	US\$
Fecha de Estimación	Julio 2014
Moneda base estimada	US\$ 1 = CL\$ 539,5
	EUR 1 = US\$ 1,26
	UF 1 = US\$ 45,56

El presupuesto estimado de acuerdo con la WBS definido para el proyecto, está alineado con la estructura financiera y contable de AMSA. Incluye contingencia, escalamiento y efectos asociados al tipo de cambio, según las políticas establecidas por la vicepresidencia de finanzas de AMSA en esta materia.

La contingencia corresponde al monto asignado para cubrir costos que se sabe se producirán, pero cuyo alcance no puede determinarse o establecerse todavía a partir de la información que se tiene a la fecha de su estimación. En este caso específico, la contingencia del proyecto está orientada a cubrir omisiones e imprecisiones en los datos utilizados para consolidar la estimación de costos y programa, las que no son factibles de definir o medir pero que con alta probabilidad podrán ser requeridos para finalizar el proyecto.

El presupuesto se muestra en la siguiente tabla y contempla una inversión de 600.284 KUS\$, desglosada en 10.996 KUS\$ de ingeniería, 144.688 KUS\$ de adquisiciones, 309.404 KUS\$ para construcción, 73.529 KUS\$ de costos del dueño, 61.667 KUS\$ para contingencias.

Tabla 13: Monto de presupuestado y final

	Presupuesto	Final
Ingeniería	10.996	16.249
Adquisición	144.688	123.855
Construcción	309.404	387.502
Costos del Dueño	73.529	87.787
Contingencia	61.667	973
Puesta en Marcha	36.000	52.769
Total	636.284	669.134

Mientras que el monto final fue de una inversión de 669.134KUS\$, desglosada en 16.249 KUS\$ de ingeniería, 123.855 KUS\$ de adquisiciones, 387.502 KUS\$ para construcción, 87.787 KUS\$ de costos del dueño, 973 KUS\$ para contingencias.

6.3.2. Control de Presupuestos y Costos

El presupuesto de control corresponde al presupuesto vigente del proyecto, que utiliza el monto del presupuesto aprobado como base e incluye los cambios de alcance y transferencias de presupuesto. Este constituye la base para el monitoreo de tendencias, desviaciones y los reportes de costos de acuerdo con la línea base y programa definido.

El control de presupuesto y costos se realizó con un enfoque de ingeniería de costos, es decir que la suma de los compromisos efectivos más el cálculo estimado de los que faltan hasta el término da el costo final indicado, el que se contrasta con el presupuesto aprobado para obtener las varianzas positivas o negativas de las previsiones.

Se asignaron los contratos, órdenes de compra, contratos de prestación de servicios y paquetes de trabajo al gerente correspondiente, quien, de manera mensual, informo los compromisos y los montos estimados hasta el término por área o paquete.

El control de costos se ejerció en los niveles que se indican a continuación:

El reporte entrega los costos de Ingeniería, Adquisición, Construcción, Costos del dueño, Contingencia y Puesta en Marcha. Estos costos los separa en 4 grupos: Budget (Presupuesto), Commitment (Compromiso), Accrued cost (Costos Acumulados) y Forecast Cost (Proyección de Costos).

La columna de Budget se divide en la línea base, transferencias y cambios de alcance; y presupuesto de control. Mientras que la columna de compromiso se divide en Actual y Estimación a Completar (ETC). Para Accrued cost y Forecast Cost, se dividen en Period y Actual, Estimate at Completion y Variance respectivamente.

6.3.3. Comportamiento del CAPEX

El proyecto Óxidos Encuentro en su etapa de prefactibilidad estimo un CAPEX de 756 MUS\$, este valor obtuvo varias modificaciones a través del proyecto, en la siguiente figura de Waterfall se demuestra la evolución de CAPEX con sus respectivas justificaciones.

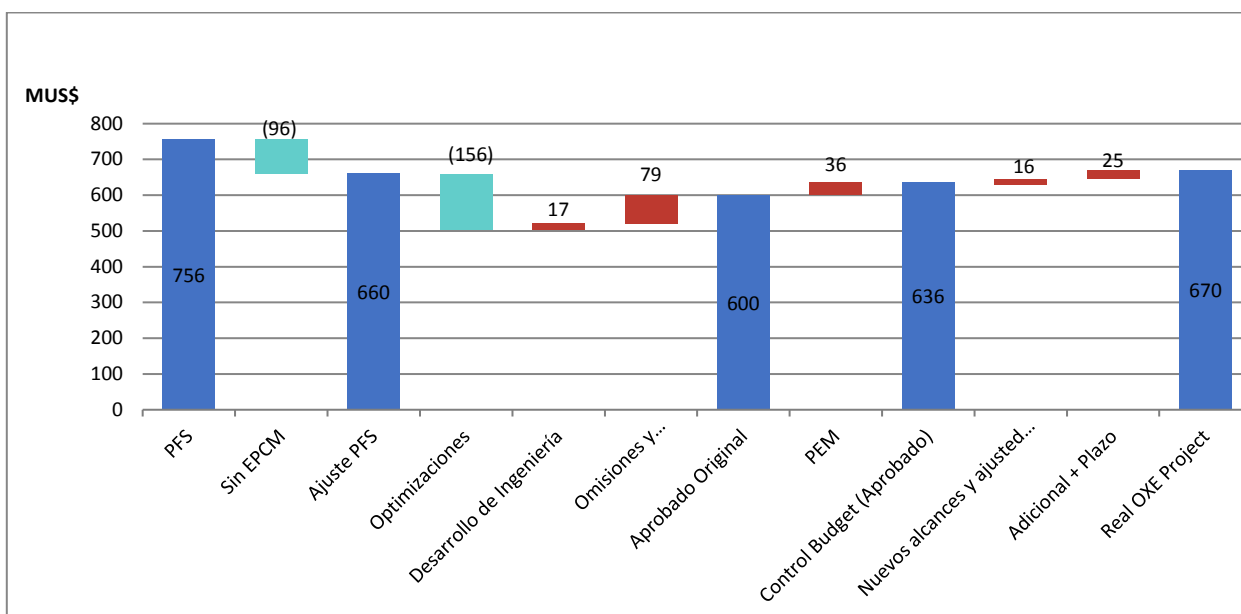


Gráfico 1: Waterfall CAPEX. Elaboración propia.

Se determinó en el estudio de Prefactibilidad un CAPEX de 756 MUS\$, por medio de optimizaciones del plan minero, efecto Forex y eliminación de contrato tipo EPCM fue posible ajustar el CAPEX en 660MUS\$. Posteriormente, se produjeron optimizaciones y cambios de alcances, del tipo de optimización de Pilas Heap y ROM, de plan minero de Prestripping y búsqueda de otros mercados para la compra de equipos mineros se disminuyó en 156 MUS\$, además existió un aumento de 96 MUS\$ abastecimiento por el cumplimiento de norma chilena, optimizaciones de diseño y omisiones de diseño. Luego, hubo un aumento de presupuesto por 36 MUS\$ para el Sistema de Impulsión de Agua de Mar (SIAM) y la Puesta en Marcha. Por último, un aumento de 41 MUS\$

producto de cambios de alcance, plazo adicional y cambios de diseños (Ej.: Planta de Chancado, Ralentización, etc.)

6.4.Control de Cambios

En el Control de Cambios es clave la mitigación de impactos al proyecto, la rápida identificación, notificación y evaluación de los cambios desde la Línea Base. En el Proyecto OXE, se implementó un Procedimiento de Control de Tendencias y Cambios, que identificaba los cambios (desviaciones) para su Seguimiento y Control; cambios que impactaron los costos y plazos de Ejecución del proyecto. La Gerencia de Control de Proyectos, por medio de la Jefatura de Tendencias y Cambios, fueron responsables de identificar y controlar las desviaciones.

El Control de Cambios buscaba mantener informada a la Gerencia del proyecto, respecto a la variación en magnitud y dirección de los costos, de esta manera poder tomar acciones, de forma oportuna para minimizar los impactos en el proyecto.

Los cambios del proyecto fueron notificados mediante un Aviso de Tendencia (ADT), documento en el cual se identifica una potencial desviación del proyecto. Esta ADT puede ser un impacto negativo o positivo, como, por ejemplo: atraso del vendedor, el equipo requerido fue omitido del paquete preliminar del diseño, condiciones atmosféricas inesperadas, que serían impacto negativo; o de impacto positivo como mejoras en el resultado de las actividades de la ingeniería de valor, disminución de cantidades, entre otras. Una ADT puede ser originado por cualquier persona del equipo de proyecto, siendo el líder o gerente del área el responsable final de su emisión. Esta poseía

una breve descripción, identificación y cuantificación de la desviación, además indicaba si su efecto es positivo o negativo.

La ADT puede ser clasificada en tres tipos de cambio: Cambio de Alcance, Transferencia de Presupuesto u Orden de Cambio.

6.4.1. Tipos de Cambio

Cambio de Alcance

Son Cambios de Alcance, los trabajos no considerados en el alcance original, con la cual se realizó la estimación del proyecto, pudiendo o no impactar el presupuesto y programa del proyecto, aumentándolos o disminuyéndolos. Son Cambios de Alcance los siguientes:

- Un cambio significativo del trazado de las instalaciones que exija recomenzar la ingeniería básica una vez terminada y aprobada.
- Una desviación significativa de la estructura y el enfoque de abastecimiento, así como de la formación y administración de contratos, incluyendo cambios entre OPEX y CAPEX producto de cambio de enfoque de abastecimiento o servicio.
- Cualquier cambio que resulte de la suspensión o el término de algún servicio de los contratistas, que conlleve un cambio del programa del proyecto o definitivo y modifique el costo de los servicios en +/- 15% de lo estimado para ellos.

Transferencia de Presupuesto

No tiene impacto en el Presupuesto Base de Control, sólo es una redistribución del Presupuesto, como consecuencia de un cambio en el plan de contratación o adquisiciones.

Orden de Cambio

Desviación que impacta en el valor a término, pero no en Presupuesto Base de Control. Se usa la contingencia y/o la escalación para cubrir los cambios. Las principales razones que generan una Orden de Cambio son:

- Evolución de diseño e ingeniería
- Errores u omisiones en la estimación
- Variación en las cantidades
- Variación en los precios
- Variación en el Staffing Plan de Owner Team o de la Empresa Colaboradora que genere algún impacto en el costo del contrato

6.4.2. Proceso de Cambio

El proceso gestión de tendencias y cambios se ilustra en el anexo C. El proceso comienza con la entrega de la información necesaria para el cambio, complementada por un aviso de una potencial desviación (ADT), el cual puede ser generado por cualquier miembro del equipo de proyecto.

La identificación y comunicación de una ADT fue de responsabilidad de todos los integrantes del Equipo de proyecto, siendo el ingeniero de tendencia el encargado de su emisión, coordinación, formalización y administración. También se incluyeron la posibilidad de que las distintas empresas de ingeniería y/o consultores a través del Equipo de proyecto, comunique una potencial desviación.

La comunicación de una potencial desviación al ingeniero de tendencias se formalizó mediante el formulario Aviso de Tendencia, (anexo D). La ADT puede proceder de cualquier gerencia del proyecto, y una vez revisada y validada por el ingeniero de tendencias, se registra en el Log de Tendencias (anexo E). Posteriormente, esta ADT se analiza y revisa en la Reunión Semanal de Tendencias, donde se valida la información recopilada, la estimación de costos y/o programa y clasificación propuesta por el ingeniero de tendencias, para luego determinar si corresponde a alguno de los tres tipos de cambio (Cambio de Alcance, Transferencia de Presupuesto u Orden de Cambio), formalizándose, para posteriormente actualizar el log de tendencias. El proceso finaliza con la incorporación al Sistema de Control de Tendencias de las tendencias aprobadas.

El ADT se utiliza como primer reconocimiento de un potencial cambio, y fue procesado según lo descrito a continuación:

- El ADT, revisado por el Ingeniero de Tendencias en conjunto con el área originadora y luego presentado en la reunión semanal de revisión de cambios, puede transformarse en un cambio, clasificándose como: En Estimación (E), Aprobada (A) o Cancelada (C). Un ADT cancelado será devuelto con una explicación del motivo del rechazo al autor. El autor posteriormente revisará el ADT rechazado, y sólo si estima necesario revisará la decisión y la pondrá a revisión nuevamente con antecedentes más completos.

- El Ingeniero de Tendencia procederá a recopilar los antecedentes y verificar el alcance de los trabajos para la evaluación del ADT y determinar el tipo de cambio a aplicar.

En el caso que el ADT sea clasificado como tipo “Cambio de Alcance” (CA), el Ingeniero de Tendencias, con ayuda del Equipo de Proyecto, iniciará la preparación de los antecedentes de respaldo para la presentación de una Solicitud de Fondos Adicionales (SFA), para la correspondiente modificación del “Base Budget”, dado que este tipo de cambio impacta el Current Budget del proyecto, aumentándolo o disminuyéndolo.

Cuando se trate de una Orden de Cambio (OC), se deberá preparar un formulario, detallando los ítems a modificar y sus respectivos costos y HH involucradas. En el caso de una Transferencia de Presupuesto (TP), se detallarán los paquetes a modificar, registrándolos en el formulario de registro de cambio.

6.4.3. Estadística de Cambios

En el siguiente gráfico, se presenta el monto total de las ordenes de Cambio efectuadas en el proyecto. Además, el monto de Contingencias utilizado.

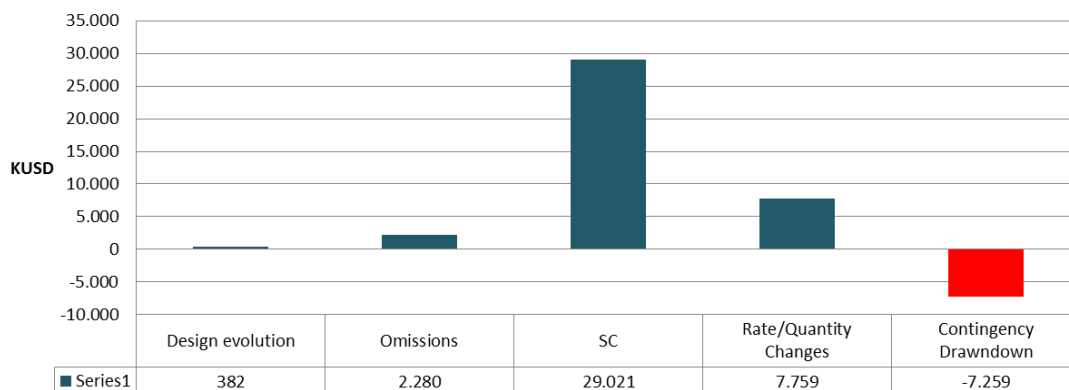


Gráfico 2: Cambios del Proyecto.

Respecto a los Claims presentados durante la ejecución del proyecto, estos representan en total 16 MUS\$, respecto a las tendencias totales.

6.5. Control de Materiales

El Control de Materiales del Proyecto OXE se llevó a cabo por el área de Abastecimiento, Contratos y Servicios, los cuales tenían el objetivo asegurar el aprovisionamiento de bienes y servicios, en tiempo, calidad y costos mediante procesos competitivos y transparente.

Para efectuar este Control de Materiales se debió disponer del personal adecuado para la logística tanto en terreno como en las oficinas, se implementó un sistema de recepción y entrega de materiales que incluyeron archivos de la documentación, sistema de inspección técnica por parte de

Ingeniería en terreno para la recepción física de todos los componentes. Además, se definieron estándares para el sistema de almacenamiento e identificación.

Principalmente los materiales siguen un proceso llamado “Cadena de Suministros” (ver figura 22), esta cadena comienza con la elaboración del diseño por parte del área de Ingeniería, quienes generan una Requisición de Material o Material Requisition (MR), su sigla en inglés. Esta MR es un formulario de solicitud de material, posterior a este documento, el área de Abastecimiento emite una cotización del tipo abierta o cerrada dependiendo de las características del Material. Para una cotización del tipo cerrada se debe efectuar una Justificación de Fuente Única, esta será revisada y aprobada por el Gerente. En cambio, para una abierta se escogen un mínimo de 3 oferentes, de los cuales Ingeniería recomienda uno y se procede a ejecutar la Orden de Compra del material, la activación, para luego finalizar con la logística necesaria para que dichos materiales lleguen a bodega para ser almacenador y entregados al correspondiente contratista para su montaje.

En la cadena de Suministro son diversos los involucrados, para llevar a cabo las tareas el equipo se basó básicamente en planillas Excel. Estas planillas se guardaron en el Disco Compartido del Proyecto, llamado Disco K.

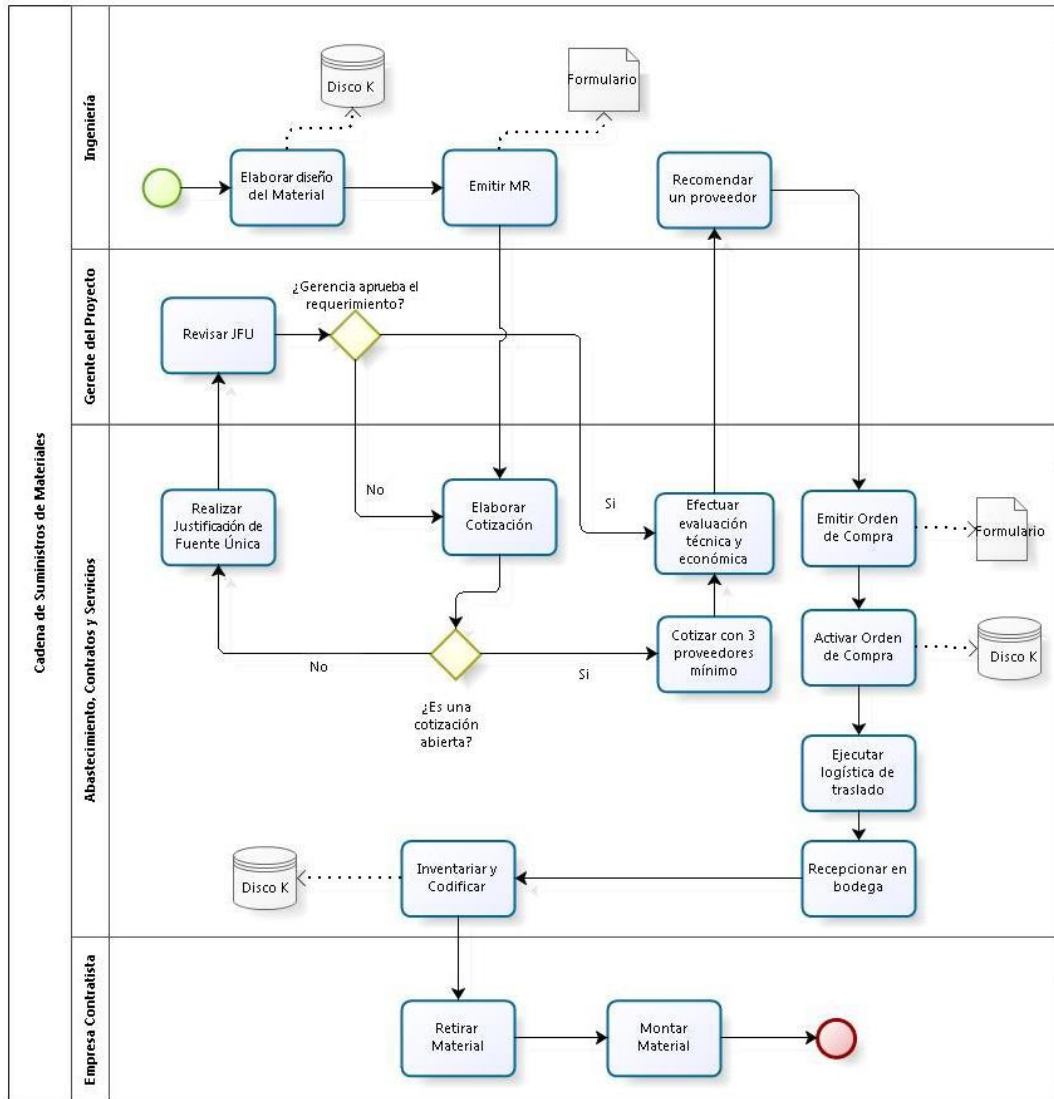


Figura 22: Flujo Cadena de Suministro.

6.6.Cierre del Proyecto

El cierre del proyecto OXE comenzó con el traspaso a la Vicepresidencia de Operaciones, en específico a Operaciones Centinela Óxidos, además con la desmovilización de los contratos y las personas involucradas en la ejecución del proyecto.

Las actividades necesarias para el cierre del proyecto son:

- Desmovilización de contratistas que aún están en la obra
- Saneamiento de las áreas ocupadas
- Cierres de los servicios contratados para el proyecto; catering, aseo campamento, vigilancia, administración de bodega y servicios de combustible, agua y policlínico, transporte de personas, comunicaciones, devolución de bienes arrendados que aún están en la obra.
- Cierre de contratos
- Cierre de archivos
- Desmovilización del equipo del proyecto
- Preparación de informes y entregables

Por lo tanto, el cierre del proyecto vendrá determinado por el cierre de las actividades mencionadas y con la culminación de la Puesta en Marcha, que se resume en el siguiente diagrama:



Figura 23: Flujo Cierre del Proyecto

6.6.1. Puesta en Marcha

Esta etapa es liderada por el Gerente de Puesta en Marcha, quien tiene a su cargo especialistas en cada disciplina. El equipo de Puesta en Marcha debe validar tanto la documentación de la Ingeniería como de los diferentes manuales Vendor, incluyendo los Planes y Procedimientos de Pruebas que realizarán los Contratistas de Construcción en cada Sistema y Subsistema.

La puesta en Marcha posee dos actividades previas a Operación que permiten chequear el funcionamiento del sistema, estas actividades son: Precomisionamiento y Comisionamiento.

Precomisionamiento (Pruebas en vacío)

Son todas aquellas pruebas que permiten chequear el comportamiento de funcionamiento de los diferentes sub-sistemas y sistemas. estas pruebas se realizan, sin aporte de carga (mineral) para las áreas secas y sin soluciones para las áreas húmedas.

Comisionamiento (pruebas con carga)

Son todas aquellas pruebas que permiten chequear el comportamiento de funcionamiento de los diferentes sub-sistemas y sistemas. estas pruebas se realizan, con aporte de carga (mineral) o soluciones, lo que corresponda para cada sistema.

Programa de Ramp Up

Luego de concluido el Comisionamiento se da inicio al Ramp Up, etapa en la cual la operación es llevada paulatinamente a su régimen de operación nominal siguiendo una curva de tratamiento de mineral previamente concordada con Minería. El objetivo de esta etapa es alcanzar las

capacidades de diseño de los equipos de proceso de cada Sistema y dejar llegar con la operación a un tratamiento de alrededor de 27.400 t/d de mineral que corresponde a la capacidad nominal del proyecto.

6.7. Taller de Lecciones Aprendidas

Al cierre del proyecto se desarrolló un Taller de Lecciones Aprendidas, coordinado por Control de Proyectos, en donde participaron representantes de las áreas de Ingeniería, Mina, Control de Proyecto, Construcción; Abastecimiento, Contratos y Servicios, Seguridad y Salud Ocupacional, Precomisionamiento y Comisionamiento. Principalmente el taller se enfocó en compartir y discutir experiencias del proyecto, por medio del Brainstorming; de esta manera lograr identificar las lecciones aprendidas para fortalecer al equipo, personas y establecer antecedentes para la ejecución de próximos proyectos en AMSA. El taller de Lecciones Aprendidas se desarrolló en un proceso de cinco etapas:

1. Detección del Hallazgo: Corresponde al proceso en donde se presenta un acontecimiento positivo o negativo, del cual se genera una descripción de la desviación.
2. Evaluar impacto o consecuencia: El hallazgo es sometido a una evaluación en términos cuantitativos o cualitativos, orientados a Costo/Plazo/Alcance.
3. Análisis Causal de Hallazgo: Corresponde al cuestionamiento de la causal del hallazgo.
4. Descripción de la Lección Aprendida: Entregar una definición y breve análisis breve de la lección aprendida levantada.

5. Resolución y Mitigación: Entregar sugerencias de mejoras y/o planes de acción implementados.

A partir del taller se identificaron 102 Lecciones Aprendidas, estas fueron agrupadas por los participantes en cinco grupos: Factibilidad, Ingeniería de detalle, Licitación, Ejecución y Puesta en Marcha.

A modo de resumen, de los grupos identificados, se procede a exponer las principales Lecciones capturadas. Para obtener mayor detalle de las Lecciones Aprendidas, ver el anexo F.

Dotación Insuficiente: Se detectó un déficit de dotación para cumplir con compromisos con relación la supervisión de construcción en terreno, lentitud en la supervisión de SSO, equipo de Claim inexistente, e insuficiente equipo Owner en el área de Abastecimiento, Contrato y Servicios.

Cohesión de grupo: Se evaluó como positivo la relación del equipo de proyecto, dentro de los aspectos, se destacó el sistema de Turnos utilizado en el proyecto.

Experiencia de empresas de Ingeniería: Se determinó que el rendimiento de las empresas de Ingeniería no fue el suficiente para un proyecto del tamaño de OXE, ya que se detectaron falencias en la estimación de HH y Costos de los contratos, además de presentarse una excesiva cantidad de empresas de ingeniería contratadas para el desarrollo de la misma (7 en total) generó un trabajo de coordinación no proyectado.

Metodologías y Estándares AMSA: Producto de ser pionero en el tipo de administración del Proyecto OXE, en la compañía no existen estándares y metodologías detalladas para los procesos, por lo cual el equipo tuvo que levantar la información y crear protocolos, lo cuales no fueron

suficiente para estandarizar. Al momento del inicio de la ingeniería de factibilidad, no se encontraban definidos los procedimientos ni formatos para procesos de compras y contratos en general, tampoco para la entrega de la información de ingeniería para las distintas áreas del proyecto.

Fast track: La ingeniería de detalle no fue terminada en la Factibilidad. En un sistema Fast track, el diseño del proyecto y su ejecución se realizan de forma solapada, superponiendo actividades, principalmente se busca obtener una considerable reducción del tiempo. Sin embargo, se determinó que este sistema conlleva un riesgo para la ejecución del proyecto, ya que se presentaron ciertos eventos como: Topografía incompleta, impacto en la programación debido a no considerar el tiempo de respuesta de los Vendor. Se concluyó que se debe iniciar la ejecución del proyecto con un mayor grado de avance de la ingeniería, de esta forma obtener un costo de capital más preciso y con menor riesgo para el proyecto.

Cambios de Alcance: Producto de Cambios de Alcance como la Planta de Chancado, se vio modificada la Ingeniería de Detalle, generando un retraso y sobre costos.

Gestión de Materiales: Se identificó la ausencia de un sistema y metodología para la Cadena de Suministros del proyecto, lo cual trajo problemas de stock de materiales, cobros revertidos, duplicidad de compra, entre otros. Principalmente, el proyecto no contó con software que fuera capaz de integrar los procesos de Compra, Activación, Logística y Bodega.

6.8. Benchmarking

El objetivo de realizar este análisis consiste en determinar el grado de competitividad del Proyecto OXE. En general un Benchmarking debe considerar una normalización de datos, ya que el argumento típico utilizado "somos diferentes, cualquier comparación con otros es imposible", sin embargo, para el estudio de la presente memoria, se consideró Proyectos que cumplan con los siguientes aspectos:

- Tamaño de empresa similar
- Contenido de los procesos que se realizan en la empresa similares
- Condiciones del mercado
- Estructura de costos
- Diferencias internacionales, leyes o condiciones especiales

Por lo tanto, se consideró los proyectos realizados por AMSA, Codelco y Bhp Billinton, que son las compañías más grandes en la industria del cobre chileno. Además, se comparó los valores con el estudio realizado por la Corporación de Bienes de Capital (CBC), "Estudio de Rendimiento en la Construcción de Grandes Proyectos Mineros"; estudio que fue financiado por las tres empresas ya mencionadas.

Los Proyectos considerados para el estudio poseen las siguientes características:

- Montos de proyectos superior a los 500 MUS\$
- Cota: entre 0-500 msnm, 500-3.000 msnm y sobre 3.000 msnm
- Proyectos desarrollados bajo un contrato del tipo EPCM

Los proyectos considerados para el Benchmarking son:

Tabla 15: Proyectos incluidos en el Benchmarking

AMSA	CODELCO	Bhp Billinton
Óxidos Encuentro (OXE)	Plan de desarrollo Andina	Organic Growth Project 1 (OGP1)
Esperanza	Gaby	Oxide Leach Area Project (OLAP)
Antucoya	Ministro Hales	Escondida Water Supply (EWS)

6.8.1. Descripción de los Proyectos

Antofagasta Minerals

- **Esperanza:** Explotación minera a rajo abierto, posee etapa de chancado primario, molienda SAG y Bolas, flotación. El concentrado es espesado y enviado a través de un concentra ducto de 145 km hacia el área de Michilla para su embarque. La planta considera uso de agua de mar con 4 estaciones de bombeo.
- **Antucoya:** Comprende una explotación minería a rajo abierto, planta de chancado, aglomeración, pilas dinámicas, SX/EW e infraestructura.

BHP Billinton

- **Organic Growth Project 1 (OGPI):** Construcción de planta concentradora de 152.000 tpd que reemplazara a la planta Los Colorados. La configuración es 1 molino SAG y 4 Molinos de bolas, 3 Molinos Vertical en remolienda, 70 Celdas de flotación, 2 espesadores de concentrado y 3 espesadores de relaves. Sistema de correas y Stockpile.
- **Oxide Leach Área Project (OLAP):** El proyecto OLAP consiste en una nueva pila de lixiviación dinámica y un sistema de correas transportadoras de mineral.
- **Escondida Water Supply (EWS):** Consiste en una planta que proveerá agua desalinada a la planta de minera escondida, ubicada a 3100 metros sobre el nivel del mar, y a 170 km al sureste de la ciudad de Antofagasta.

CODELCO

- **Plan de Desarrollo Andina:** El proyecto es una expansión de capacidad de tratamiento de la mina de 72.000 tpd a 94.000 tpd. Adquisición de palas de cable y 36 equipos mineros y de carguío, construcción y montaje de obras que incluyen excavaciones subterráneas, túneles, repotenciamiento del sistema de transporte de mineral, nueva planta de chancado secundario y terciario, molienda, ampliación del circuito de flotación, entre otros.
- **GABY:** El proyecto incluye una planta de chancado primario, secundario y terciario seguida por acidificación en tambores y lixiviación en una pila dinámica, además incluyo instalaciones de apilamiento de mineral de desecho de mineral, Planta SX y EW.
- **Ministro Hales:** Exploración minera a rajo abierto, la división MH realizo el Prestripping y adquisición de equipos y la VP construyo la infraestructura. Se construyó un sistema de conducción de agua potable desde Pampa Puno (4.200 msnm).

Para determinar la competitividad del Proyecto OXE, se incluyó un análisis de los montos de inversión, plazos y objetivos presupuestados comparados con los reales y finales de los proyectos.

6.8.2. Inversión – Presupuestado vs Real

En la etiqueta superior de las barras, se presenta el porcentaje de desviación de la inversión real respecto de la presupuestada. La inversión presupuestada para los proyectos de BHP Billinton y el Proyecto de Ministro Hales, no estuvo disponible para el estudio.

El nivel promedio de desviación es de 32,82%, el valor del Proyecto OXE se encuentra por debajo de porcentaje.

El Independent Project Analysis (IPA), define que un Mega Proyecto ha fracasado si sus costos han aumentado sobre un 25% de la inversión inicial, dentro de estos márgenes el Proyecto OXE cumple con las expectativas.

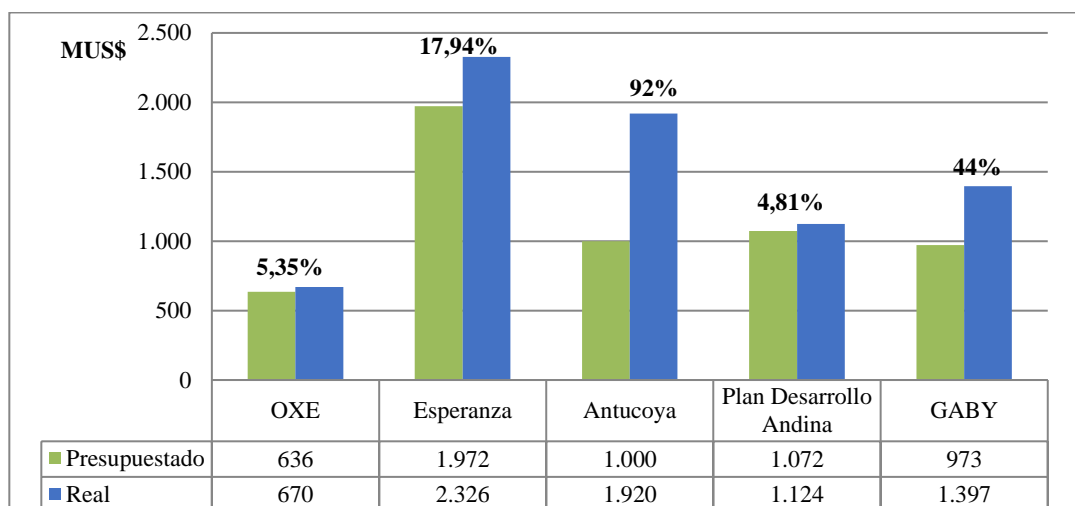


Gráfico 3: Inversión presupuestada vs real. Elaboración propia.

6.8.3. Inversión – Desglose

Los proyectos en los cuales se obtuvo información para la gráfica del desglose de inversión son: Esperanza, Antucoya, GABY y Ministro Hales. El mayor costo de la inversión en los proyectos se lo lleva los Costos directos. Para Esperanza y Antucoya y GABY, sus costos indirectos son de un orden similar.

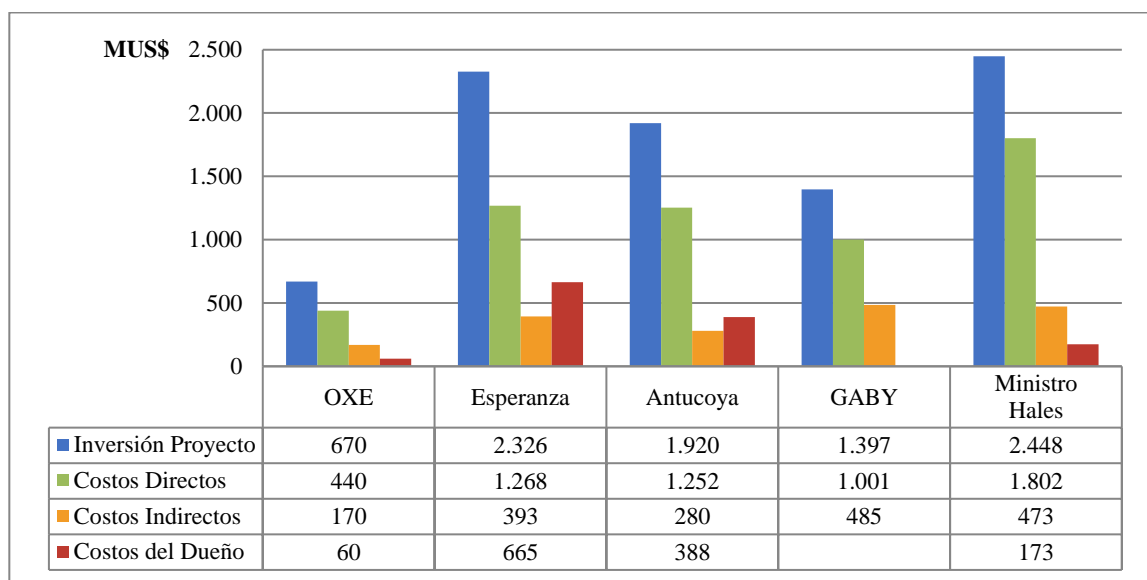


Gráfico 4: Desglose de Costos. Elaboración propia.

6.8.4. HH Construcción

El siguiente gráfico, tiene el objetivo de comparar las HH de construcción. En color azul se muestra las HH totales de proyecto, en color verde las HH directas de construcción y en amarillo las HH indirectas de construcción. El proyecto OLAP resulto ser atípico por poseer HH indirectas superior a las HH directas.

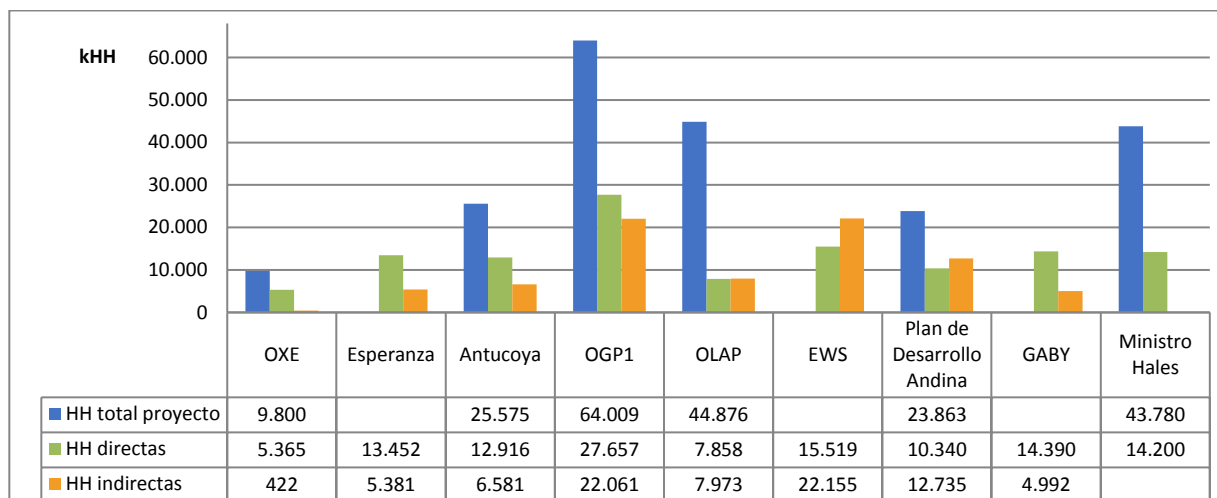


Gráfico 5: Horas Hombres - Construcción.

6.8.5. Plazos de construcción

A partir del gráfico de Plazos de Construcción, es posible determinar incumplimiento de los plazos en todos los proyectos. Como nota, el proyecto Antucoya presento una paralización de 3 meses

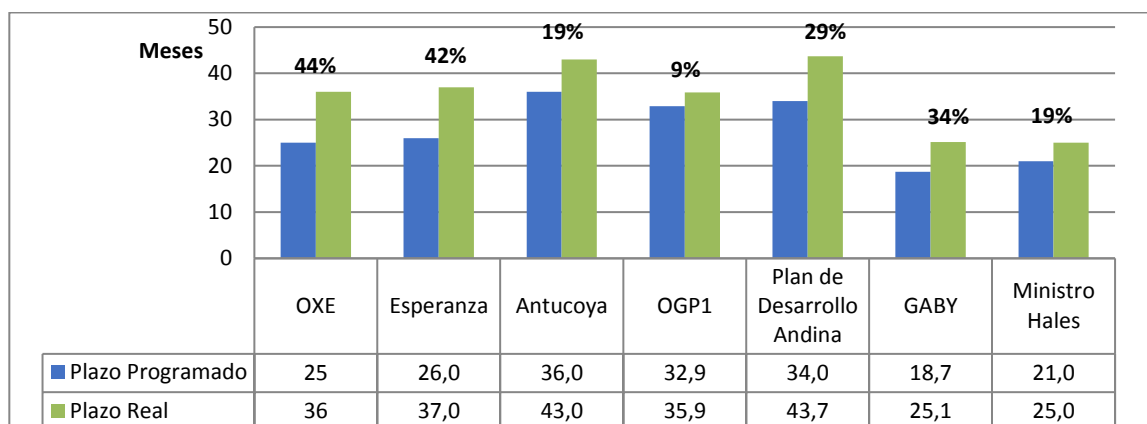


Gráfico 6: Plazo Programado vs Real.

6.8.6. Seguridad

Índice de Frecuencia global: Considera la cantidad de accidentes con tiempo perdido por millón de HH acumuladas en un proyecto.

TRIFT: Considera el número de accidentes totales por cada millón de horas trabajadas.

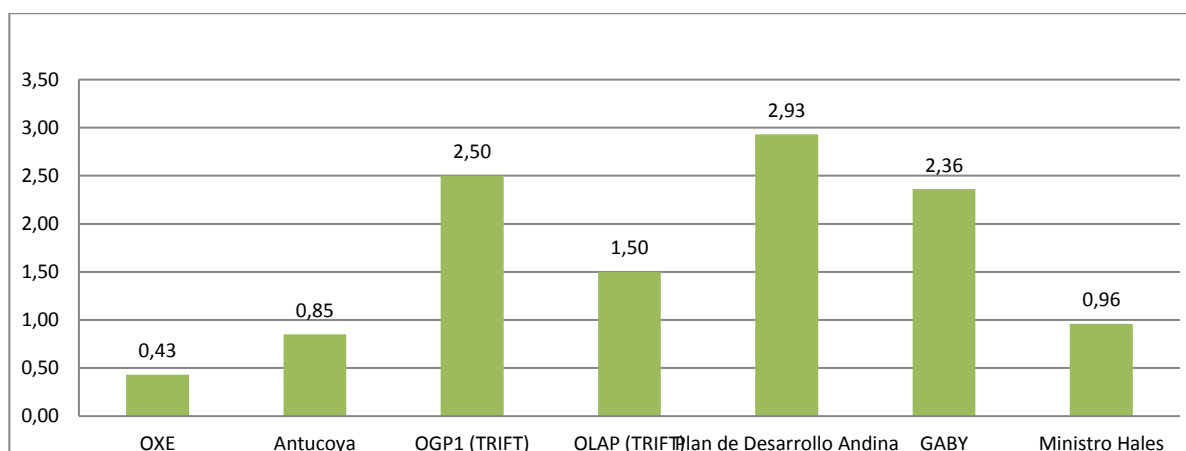


Gráfico 7: Índice de Frecuencia global.

6.8.7. Gráficos de Rendimientos

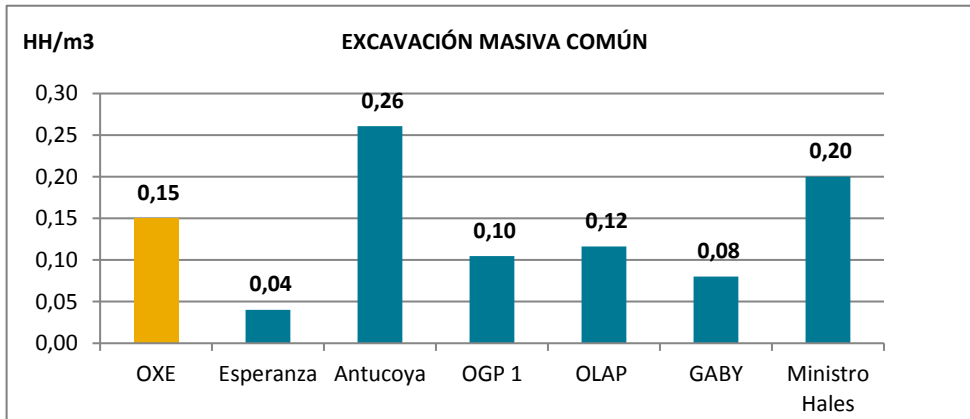


Gráfico 9: Rendimiento Excavación masiva común (HH/m3)

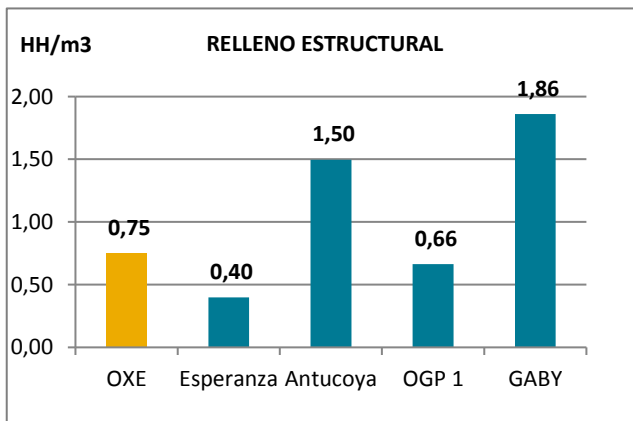


Gráfico 8: Rendimiento Relleno estructural (HH/m3)

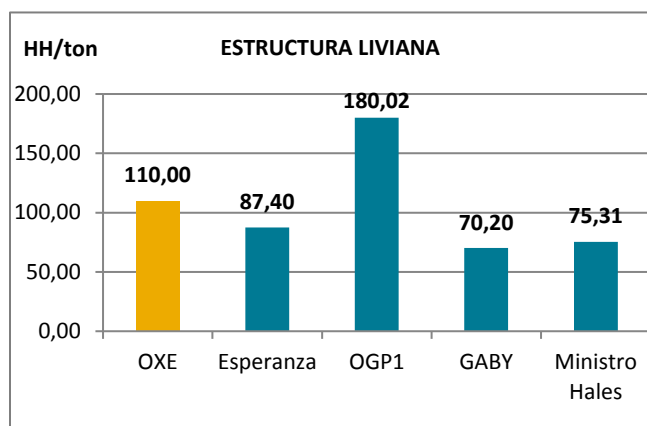


Gráfico 12: Rendimiento Estructura liviana (HH/ton)

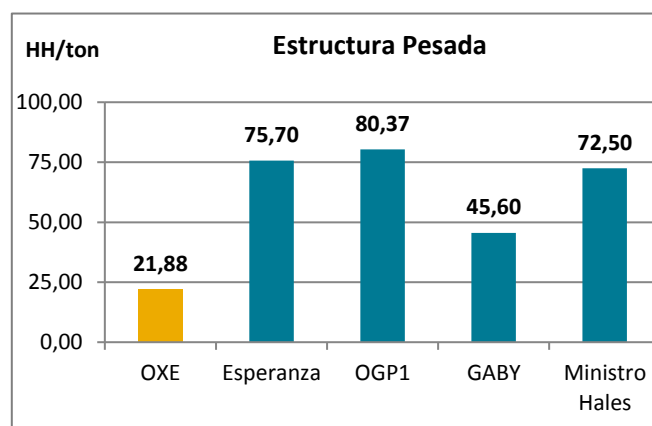


Gráfico 10: Rendimiento Estructura pesada (HH/ton)

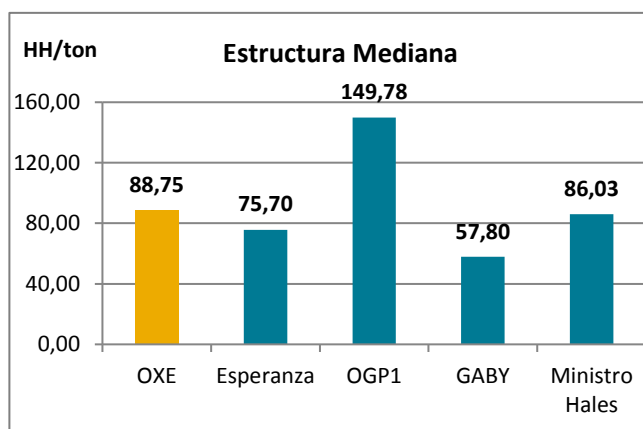


Gráfico 11: Rendimiento Estructura mediana (HH/ton)

6.9. Identificación de los problemas

6.9.1. Descripción de la metodología de identificación

Para poder diagnosticar las problemáticas del Seguimiento y Control, y Cierre del proyecto Óxidos Encuentro, fue necesario realizar un análisis que abordara desde la Ingeniería de Detalle, Ejecución y Cierre del Proyecto. Este análisis consistió en levantar el cómo se efectuó el proceso de Control de Costos, Control de Avance, Control de Materiales; evaluar los resultados finales del proyecto, por medio de indicadores de desempeño y un Benchmarking con otros proyectos internos y de otras compañías, además, se identificaron las Lecciones Aprendidas del Proyecto. En base a los antecedentes anteriores, se procede a realizar un Diagrama Causa- Efecto.

6.9.2. Diagrama Causa- Efecto

Para considerar un Proyecto exitoso las desviaciones del Proyecto deben ser controladas y que estas no se escapen del rango permitido. Por lo cual, el efecto determinado en el proyecto es llamado “Desviaciones de Proyecto”, este efecto hace referencia a desviaciones de Costos, Plazos y Seguridad que superen al promedio de la industria y a los estandartes definidos en la literatura de Gestión de Proyecto.

El diagrama Causa-Efecto (ver figura 24) está conformado por siete Grupos de Causa, de las cuales existe un universo de 20 Causas explicativas.

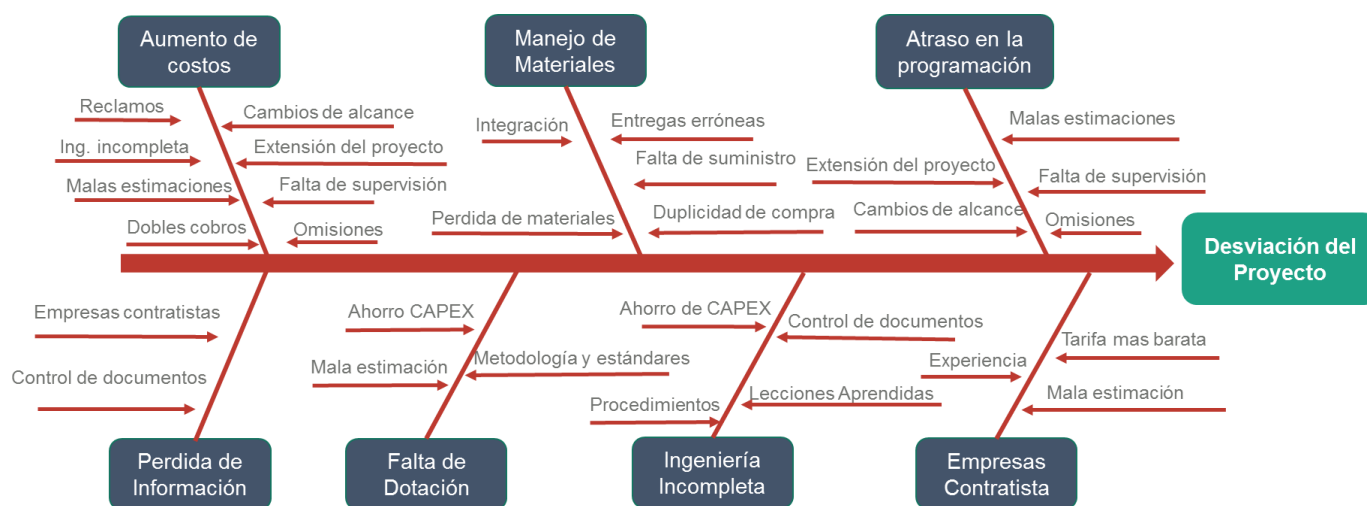


Figura 24: Diagrama Causa - Efecto, problemáticas Proyecto OXE. Elaboración propia.

6.9.3. Descripción de Grupos de Causas

Aumento de Costos

El proyecto Óxidos Encuentro respecto al Costo, se mantuvo dentro de los márgenes para no ser un proyecto fracasado (según los indicadores IPA), además dentro de la media el porcentaje de desviación del CAPEX, presupuestado vs real se mantuvo por debajo de la desviación de los megaproyectos de la minería nacional. Sin embargo, hubo un aumento de costos, lo cual es necesario evidenciar las causas o factores que impactaron en este aumento.

Dentro de los factores que aumentaron los costos, se encuentra los cambios de alcance y estrategia, como la planta de Chancado, que modifiqué el monto a invertir; otro factor clave fue la

extensión del proyecto, al producirse un aumento significativo de las HH del proyecto y una extensión de los contratos para cumplir con los alcances, como por ejemplo contratos de servicios de Catering y Campamento.

La Ingeniería de Detalle incompleta, fue otro factor; producto del Fast-track fallido, ya que tomar la decisión de comenzar la ejecución sin tener la ingeniería completa, resulto en la utilización de recursos extras que perjudicaron a la ejecución, como por ejemplo se entregaron partidas a los contratistas que no fueron adecuadas, lo cual se debió corregir utilizando recursos de la ejecución. Además, producto de las malas estimaciones y la baja supervisión en terreno, se presenciaron diversos reclamos, dobles cobros, omisiones y cambios de diseño.

Atraso en la programación

El proyecto tuvo una gran extensión, un porcentaje de 44% de desviación, lo cual es una postergación mayor al promedio de la industria, sin embargo, se debe considerar que el proyecto atravesó una ralentización en busca de mejores oportunidades del mercado, lo cual se tradujo en una disminución del avance de 8 meses, lo cual en la práctica significa que el proyecto tuvo una desviación de un 12% del plazo original (sin considerar la ralentización).

Dentro de los aspectos del atraso en la programación, se identifican los cambios de alcance y estrategia, como planta de Chancado y ralentización. Otro aspecto, fue la omisión y mala estimación de ciertos contratos, que no fueron considerados en la programación, como por el tiempo de respuesta del Vendor en la consulta de aspectos técnicos o la no integración del área de PRECOM y COM en la programación, esto último se puede definir como una falta de supervisión.

Perdida de Información

El manejo de la información confidencial es clave, producto de la tercerización de áreas claves, y la falta de una metodología y procedimientos confiables del control documentos y la implementación tardía de esto; se puso en riesgo la operación del proyecto, ya que, al momento de ejecutar licitaciones de contratos y compras, se producía un riesgo de la información, ya que se debía compartir actividades y requerimientos claves, los cuales son confidenciales para AMSA.

Manejo de Materiales

La Cadena de Suministro del proyecto es un área crítica, la disponibilidad de materiales y equipo es clave para asegurar una eficiente construcción. Se identificó la ausencia de un sistema para esta Cadena, evidenciando la baja integración de los procesos, la mala coordinación y los bajos niveles de comunicación de la construcción. La ausencia de este sistema impacto los compromisos del proyecto, viéndose reflejado en retrasos en los plazos de entrega o disminución de la calidad en la ejecución.

En la práctica, se detectaron problemas de trazabilidad de materiales, ya que no se contaba registro confiable del trazado de los materiales; se pudo evidenciar problemas de stock de materiales, duplicidad de compras, pérdida de materiales o cobros revertidos. En termino general, el proyecto no conto con software que fuera capaz de integrar los procesos de Compra, Activación, Logística y Bodega.

Producto de la ausencia del sistema, se vio impactada la administración, poniendo en riesgo la toma de decisiones, además por el resultado de las modificaciones no previstas, se obtuvo un aumento significativo en los costos finales del proyecto.

Falta de dotación

Al evaluar las Lecciones Aprendidas, fue posible determinar que la dotación presupuesta del proyecto no fue la adecuada, no fue suficiente para la supervisión en terreno de la construcción; no fue posible llevar un adecuado control de avance, monitoreo de costos y fiscalización de la seguridad. Además, para poder cumplir con los compromisos por parte del equipo de Abastecimiento y Contratos, fue necesario el apoyo de empresas colaboradoras, lo cual es una potencial exposición.

Principalmente se atribuye a un cuestionamiento por la ausencia de un estándar definido por AMSA y al ahorro de CAPEX, al considerar una subestimación de la dotación requerida para el proyecto.

Ingeniería incompleta

El Fast Track o la vía rápida se produce cuando existe un traslape de la Ingeniería de Detalle y la ejecución del proyecto, esto quiere decir que la construcción comienza cuando aún no se ha terminado la ingeniería de detalle.

En el Proyecto Antucoya se presentó una situación similar, esto quedó registrado en las lecciones aprendidas (Ver antecedentes – Lecciones aprendidas). Principalmente comenzar con la construcción sin tener completa la ingeniería de Detalle busca acortar los tiempos de la ejecución, al efectuar las tareas en paralelo; sin embargo, esta práctica conduce a un riesgo, ya que la construcción pudiese verse detenida al no poseer la ingeniería necesaria para su ejecución. Esto último fue lo que sucedió en el Proyecto Óxidos Encuentro, existen claros ejemplos de estos acontecimientos, como: el retraso de la ingeniería de detalles en la topografía actualizada, nula revisión del CAPEX por parte de las distintas disciplinas, con el fin de determinar errores y corregir en forma oportuna.

Estos acontecimientos quedaron registrados en las Lecciones Aprendidas del Proyecto OXE.

Empresas Contratistas

El proyecto OXE conto con 7 grandes empresas contratistas, encargadas de ejecutar las obras de construcción, el problema surgió a partir de la coordinación de los contratistas, se contrataron empresas de diversos tamaños y con estándares de trabajos distintos, esto produjo que se presentaran diferencias de criterios y nivel de información entre los distintos entregables. Esta descoordinación significo un mayor esfuerzo por parte del Owner para cumplir con los compromisos, se generaron mayores consultas por parte de las empresas, retraso en revisiones; todo lo anterior impacto en un aumento de costos producto de la extensión de contratos.

Del taller de Lecciones Aprendidas se deprenden las siguientes causas:

- No se visualizó las consecuencias de la contratación de distintas empresas de ingeniería para la ejecución de los trabajos.
- Insuficientes recursos para integrar y controlar a las múltiples empresas de ingeniería contratadas.

6.9.4. Descripción de Causas

Se detectaron un universo de 21 causas que explicativas de los siete grupos de Causas, estas se agruparon en la siguiente tabla:

Tabla 16: Descripción de Causas. Elaboración propia.

N°	Causas	Descripción
1	Ingeniería Incompleta	La ingeniería tuvo que ser terminada en la ejecución
2	Malas estimaciones	Se produjeron malas estimaciones de la ingeniería, lo cual trajo cambios de diseño, impactando los costos y plazos
3	Dobles cobros	Se generaron dobles cobros al no poseer un sistema para verificar la
4	Reclamos	Se produjeron diversos Claim que no fueron llevados correctamente, al no existir un sistema adecuado
5	Cambios de Alcance	Múltiples Cambios de Alcance que impactaron costos y plazos
6	Extensión de Proyecto	Producto de la extensión del proyecto, se extendieron contratos de servicios, impactando los costos.
7	Falta de supervisión	Supervisión en terreno insuficiente
8	Omisiones	Se generaron omisiones de Ingeniería
9	Perdida de materiales	Se perdieron materiales en la Cadena de Suministro
10	Integración	Falta integración entre las áreas de proyecto
11	Entregas erróneas	Se entregaron de forma errónea materiales al contratista equivocado
12	Falta de Suministro	Sin stock de inventario en los plazos acordado
13	Duplicidad de Compra	Compras múltiples de un determinado material
14	Empresas contratistas	Experiencia de empresas contratistas insuficiente
15	Control de documento	Sistema de Control de Documentos deficiente
16	Metodología y estándares	Falta de metodologías y estándares de la compañía
17	Ahorro de CAPEX	Proyecto con bajo presupuesto
18	Lecciones Aprendidas	No se consideraron las Lecciones Aprendidas
19	Experiencia	Experiencia de empresas en Mega proyectos
20	Tarifa más barata	Empresas escogidas por tarifa
21	Comunicación	Falta de comunicación eficiente en el equipo

6.9.5. Clasificación de Causas

Para clasificar las Causas se utilizó el sistema de Gestión de Riesgo implementado en AMSA, en donde se clasificó según el impacto y probabilidad de ocurrencia de los eventos detectados. Las

Causas fueron clasificadas según su nivel de riesgo para el proyecto. En la siguiente tabla se muestra los distintos niveles de riesgo:

Tabla 17: Matriz Impacto - Probabilidad.

		Probabilidad				
		1	2	3	4	5
Impacto	5	Moderado (5)	Alto (10)	Alto (15)	Alto (20)	Alto (25)
	4	Moderado (4)	Alto (8)	Alto (12)	Alto (16)	Alto (20)
	3	Bajo (3)	Moderado (6)	Moderado (9)	Moderado (12)	Alto (15)
	2	Bajo (3)	Bajo (4)	Bajo (6)	Moderado (8)	Moderado (10)
	1	Bajo (1)	Bajo (2)	Bajo (3)	Bajo (4)	Bajo (5)

- **Riesgo Alto:** Se requieren acciones para hacerlo aceptable, es decir, incorporar controles que ayuden a evitar o reducir el riesgo actual tanto como sea factible.
- **Riesgo Moderado:** Los esfuerzos deben estar orientados a reducir o transferir los riesgos, sin que el aumento de costos sea desproporcionado con relación a los beneficios que se lograrán.
- **Riesgo Bajo:** Estos niveles de riesgos deben ser monitoreados de forma sistemática, no se requiere de medidas adicionales a las ya establecidas para mitigar el riesgo.

Por lo tanto, en respuesta a los riesgos están pueden ser clasificadas en: Evitar, Reducir o Mitigar, Transferir y Aceptar.

A partir de los estándares definidos en el ANEXO G, en la siguiente tabla se determina el nivel de riesgo para las causas, además en la tabla 19 se procede a asignar los valores en la matriz impacto/probabilidad.

Tabla 18: Nivel de Riesgos de Causas. Elaboración propia.

N°	Causas	Impacto	Probabilidad	Nivel
1	Ingeniería Incompleta	4	5	20
2	Malas estimaciones	3	3	9
3	Dobles cobros	4	3	12
4	Reclamos	3	3	9
5	Cambios de Alcance	4	3	12
6	Extensión de Proyecto	4	5	20
7	Falta de supervisión	3	3	9
8	Omisiones	3	3	9
9	Perdida de materiales	4	3	12
10	Integración	3	3	9
11	Entregas erróneas	3	3	9
12	Falta de Suministro	3	3	9
13	Duplicidad de Compra	4	3	12
14	Empresas contratistas	4	2	8
15	Control de documento	2	3	6
16	Metodología y estándares	4	2	8
17	Ahorro de CAPEX	2	2	4
18	Lecciones Aprendidas	4	4	16
19	Experiencia	4	2	8
20	Tarifa más barata	3	4	12
21	Comunicación	3	2	6

Tabla 19: Evaluación Nivel de Riesgos de Causas. Elaboración propia.

		Probabilidad				
		1	2	3	4	5
Impacto	5					
	4		14;16;19	3;5;9;13	18	1;6
	3		21	2;4;7;8;10;11;12	20	
	2		17	15		
	1					

Una vez efectuada la clasificación en los niveles de riesgo de las Causas, se procede a generar una acción para estas Causas, las cuales son clasificadas en las respuestas ya mencionadas:

Tabla 20: Respuestas a las Causas. Elaboración propia.

Nº	Causas	Respuesta
1	Ingeniería Incompleta	evitar
2	Malas estimaciones	mitigar
3	Dobles cobros	evitar
4	Reclamos	mitigar
5	Cambios de Alcance	evitar
6	Extensión de Proyecto	evitar
7	Falta de supervisión	mitigar
8	Omisiones	mitigar
9	Perdida de materiales	evitar
10	Integración	mitigar
11	Entregas erróneas	mitigar
12	Falta de Suministro	mitigar
13	Duplicidad de Compra	evitar
14	Empresas contratistas	evitar
15	Control de documento	transferir
16	Metodología y estándares	evitar
17	Ahorro de CAPEX	aceptar
18	Lecciones Aprendidas	evitar
19	Experiencia	evitar
20	Tarifa más barata	mitigar
21	Comunicación	mitigar

6.10. Comentarios del Diagnostico

El Proyecto Óxidos Encuentro es pionero en la compañía, su administración propia dio lugar a la creación de un equipo nuevo y estándares de Mega proyecto. En términos generales la evaluación del proyecto es satisfactoria, al poseer una desviación que no significo un fracaso de proyecto, al contrario, se debe destacar la gestión para poder cumplir con los Alcances y Objetivos del Proyecto; a pesar de enfrentar escenarios de alto riesgo, como el estancamiento del Committes de Cobre y la Ralentización. Sin embargo, hay problemáticas que se presentaron que dificultaron la ejecución correcta del proyecto, muchas de estas ya se habían presentado en proyectos anteriores, y las cuales quedaron registrada en las Lecciones Aprendidas del Proyecto Antucoya (ejecutado por un EPCM).

Las principales deficiencias del proyecto estuvieron orientadas a un Seguimiento y Control que no fue exhaustivo, del cual, si se hubiera contado con la capacitación, herramientas y metodologías adecuada, los resultados hubieran presentado una desviación poco significativa.

7. PROPUESTAS DE MEJORAS

A partir del diagnóstico, en donde se detectaron 21 causas de que producen la desviación de los resultados presupuestados del proyecto, se procede en el presente capítulo a recomendar resoluciones para estas causas, así como los responsables de ejecutar dicha resolución.

A modo de resumen, la siguiente tabla posee las cinco medidas recomendadas para resolver las causas detectadas en capítulo anterior:

Tabla 21: Propuestas de mejora a las Causas. Elaboración propia.

Nº	Causas	Propuesta	Responsable
1	Ingeniería Incompleta	Considerar Lecciones Aprendidas	Gerente de Proyecto
2	Malas estimaciones	Considerar Lecciones Aprendidas	Ingeniería
3	Dobles cobros	Supervisión del Owner	Abastecimientos
4	Reclamos	Supervisión del Owner	Abastecimientos
5	Cambios de Alcance	Supervisión del Owner	Control de Proyecto
6	Extensión de Proyecto	Supervisión del Owner	Gerente de Proyecto
7	Falta de supervisión	Supervisión del Owner	Abastecimientos
8	Omisiones	Considerar Lecciones Aprendidas	Ingeniería
9	Perdida de materiales	Sistema de Suministro	Abastecimientos
10	Integración	Capacitación en Gestión de Proyectos y Compromisos	Gerente de Proyecto
11	Entregas erróneas	Sistema de Suministro	Abastecimientos
12	Falta de Suministro	Sistema de Suministro	Abastecimientos
13	Duplicidad de Compra	Sistema de Suministro	Abastecimientos
14	Empresas contratistas	Considerar Lecciones Aprendidas	Abastecimientos
15	Control de documento	Considerar Lecciones Aprendidas	Control de Proyecto
16	Metodología y estándares	Desarrollo de Metodologías	Vicepresidencia de Proyecto
17	Ahorro de CAPEX	Considerar Lecciones Aprendidas	Vicepresidencia de Proyecto
18	Lecciones Aprendidas	Considerar Lecciones Aprendidas	Gerente de Proyecto
19	Experiencia	Considerar Lecciones Aprendidas	Abastecimientos
20	Tarifa más barata	Considerar Lecciones Aprendidas	Abastecimientos
21	Comunicación	Capacitación en Gestión de Proyectos y Compromisos	Control de Proyecto

Las resoluciones presentadas son un total de seis propuestas, estas son: Desarrollo de Metodologías, Sistema de Lecciones Aprendidas, Capacitación en Gestión de Proyectos, Capacitación en Compromiso por equipo, Sistema de Suministro y Supervisión del Owner.

Para el caso de metodologías y estándares, estos tienen que ser evaluados por la Vicepresidencia de Proyectos, al tratarse de estándares enfocados en metodología de Ingeniería, lo cual queda fuera del alcance de esta memoria.

7.1. Software de Gestión de Materiales

7.1.1. Aspectos generales de la propuesta

La gestión de la cadena de suministro es primordial que se desarrolle en base a una buena planificación y control de materiales, de modo que la construcción se ejecute empleando métodos modernos y altamente eficientes. Por lo cual, adquirir un software de gestión de materiales es fundamental para integrar los procesos. Bajo este desafío, se planteó en conjunto con la Subgerencia de Abastecimiento, Contratos y Servicios, el objetivo de generar una etapa exploratoria de diversas alternativas para las problemáticas ya descritas, por la no existencia de un sistema de gestión de materiales.

Esta etapa consistió básicamente en explorar alternativas en el mercado que fueran capaces de entregar solución para los requerimientos. Se generaron varias reuniones de trabajos con las diversas empresas que ofrecen alternativas de solución. En estas reuniones se invitaron a las diversas empresas, en donde en primera instancia se les explicó las problemáticas acontecidas en el proyecto,

para que las empresas pudiesen entregar su oferta de solución. Una vez recibidas estas ofertas, se procedió a ejecutar una evaluación técnica, en donde se determinó bajo ciertos criterios cual es la oferta recomendada que debería ser probada. Posteriormente, se entregó un informe de Recomendación de Adquisición de Software de Gestión de Materiales al Subgerente de Abastecimiento del Corporativo.

7.1.2. Alternativas de softwares

Dentro del mercado, se hizo un levantamiento de información, del cual se pudo concluir que existen dos tipos de formato de software posibles de implementar: software diseñado a la medida, software en el mercado.

Considerando que las soluciones propuestas por las empresas deben consistir en un software de gestión de materiales, se seleccionaron cinco para participar en este proceso exploratorio. Las empresas participantes en el proceso son:

- Magna
- Opencode
- Austral 3d
- Hexagon
- Backspace

Siendo Magna y Opencode empresas especializadas en el desarrollo de software a medida, mientras que las demás ofrecen una cartera de productos.

Alternativa 1 - Magna

La propuesta efectuada por Magna consiste en el desarrollo de un software a medida, capaz de cumplir con las necesidades requeridas por AMSA. Este software tiene la cualidad de llevar un control de la adquisición y gestión de materiales en los proyectos de construcción. En términos generales esta propuesta considera lo siguiente:

- Aplicación web responsiva.
- Acceso por medio de usuario y contraseña.

Para el desarrollo de este software se utilizará algunos de los siguientes ítems o la combinación de estos:

- Lenguajes: HTML, CSS, Javascript, Python y C.
- Frameworks y Librerías: JQuery, Bootstrap, Flask y Frameworks propios.
- Base de datos SQL: MySQL y SQLite3.
- Servidor Linux Debian 8.5 con las configuraciones necesarias.

Se considera para el desarrollo del software: 50 días hábiles, con un valor de 360 UF + IVA, con una mantención y soporte mínimo de un año de 80 UF + IVA.

El software es de tipo responsivo, que puede ser visualizado en dispositivos móviles o en un computador. Se ingresará por medio de usuario y contraseña, en el cual se consideran 2 niveles de usuarios: usuario administrador y usuarios normales. Usuario Administrador será quién controlará todas las secciones del software y a su vez podrá crear y modificar usuarios normales. Los usuarios

normales recibirán permisos para operar de acuerdo con los módulos y proyectos. Los módulos preliminares serían los siguientes:

- **Ingreso de Materiales:** En esta sección, por medio de un archivo pre definido en Excel se podrá importar todos los materiales asociados a una estructura o elemento. Todos los materiales quedarán clasificados o asociados bajo esta estructura o elemento. Se podrán realizar modificaciones a los materiales, ingresando nuevamente a esta sección.
- **Compra de Materiales:** Se podrán realizar órdenes de compra de acuerdo con las necesidades de cada proyecto.
- **Inventario de Materiales:** Se podrá revisar cantidades, información y ubicaciones de los materiales.
- **Entrega de Materiales:** Gestión de la entrega de materiales a proveedores.
- **Facturación:** Sección que agrupa los materiales entregados junto con su valorización, generando un Excel que agrupa todos los materiales para que posteriormente se pueda emitir la factura.

Alternativa 2 - Opencode

Al igual que Magna, Opencode ofrece el desarrollo de un software a medida capaz de cumplir con las necesidades requeridas por AMSA. En términos generales, contempla atributos similares con la propuesta anterior.

- Aplicación web responsiva.

- Acceso por medio de usuario y contraseña.
- Prototipo antes iniciar la programación.
- Periodo de pruebas.
- Software responsivo con dos niveles de usuario, administrador y normales.

El valor para el desarrollo del software fue estimado en \$40.000.000 + IVA, con una opción de pago de un 20% adicional para optar a ser propietario del software. Adicionalmente, el servicio de soporte es de \$450.000 + IVA mensual.

Alternativa 3 - Austral 3D

Austral 3D ofrece el software FourDplan, una multiplataforma de control para los proyectos Greenfield y Brownfield. Tiene la cualidad de abarcar desde la etapa de ingeniería hasta el PEM.

En términos generales Austral 3D propone utilizar su software que posee una integración total de la cadena de abastecimiento y un modelado en 3D. Resaltan, que este es un software colaborativo, en donde se permite conocer la trazabilidad completa de los materiales. Este software fue utilizado con anterioridad en ciertos procesos de construcción en Antofagasta Minerals, en el Distrito Minera Centinela.

FourDplan tiene una relación “de tiempo real” con el cronograma, adquisición de materiales, modelos 3d, tiempos de ejecución e ingeniería, siendo enteramente 4D BIM. Además, promueve la planificación y dirección, incorporando entradas dinámicas de información en las áreas de programación, adquisición, fabricación y dirección de abastecimiento, otorgando una solución expresamente desarrollada para la construcción de proyectos. Este programa apunta a ser un actor importante en la revolución y la transformación del 4D BIM.

Alternativa 4 - Hexagon

Hexagon, ofrece su software SmartPlant Materials, software diseñado para la administración total de materiales y subcontratos para plantas y proyectos. SmartPlant se publicita como la solución para la administración integrada de ciclo de vida de materiales y cadena de suministro, y de subcontratos. Proveen una plataforma común de colaboración y mesa de trabajo de proyectos para todos los socios de negocios de la cadena de suministro de un proyecto EPC. El software tiene la característica de separarse en 4 módulos:

- SPRD: módulo de Ingeniería.
- E&PI: módulo de Bill of Materials y Requisiciones.
- MSCM: módulo de Orden de compra y contratos y Activación e Inspección.
- SITE: Warehousing.

Existen dos principales modalidades de compra del software y se puede adquirir mediante una compra, licencia o arriendo. Las modalidades existentes son: por módulo o por software completo, y su uso depende de las necesidades del cliente en la etapa correspondiente del ciclo de vida del proyecto en que se encuentre. La forma de pago puede ser mensual o anual.

Alternativa 5 - Backspace

Backspace es el representante oficial en Chile del software BizAgi BPMS, por lo cual la compañía ofrece implementar BizAgi, que es un software de automatización de procesos. BizAgi automatiza sin programar los procesos. Esto se lleva a cabo definiendo la información, en donde el proceso es la aplicación, es decir cuando se modifica cualquier elemento del proceso la aplicación se adapta de forma automática. BizAgi permite visualizar de forma intuitiva el modelo de negocio. En

términos generales es un software bastante potente, que permite incrementar el control y la visibilidad de los procesos. Antofagasta Minerals posee la licencia de este software, por lo cual es un plus que debe ser evaluado con posterioridad.

7.1.3. Evaluación técnica

Previo al periodo de exploración de apertura de las ofertas, se definió en conjunto con la Subgerencia de Abastecimiento del Proyecto, los criterios de evaluación técnica de las ofertas. La evaluación técnica de las ofertas se realizó considerando principalmente los siguientes aspectos:

- Experiencia en desarrollo y/o implementación de software de gestión en la industria minera.
- Experiencia en desarrollo y/o implementación de software en el área de manejo de materiales.
- Cumplimiento de alcance.
- Tiempo de trabajo.
- Servicios postventa y asistencia técnica.
- Conexión con SAP.
- Flexibilidad de módulos para realizar cambios o incluir nuevas columnas de información.

En base a estos requisitos, las opciones serán clasificadas según un porcentaje de cumplimiento.

Ponderación	%			
Excelente	▲	100%	▲	100%
Muy Bueno	▲	90%	▲	99%
Bueno	▲	80%	▲	89%
Satisfactorio	▬	70%	▲	79%
Regular	▬	50%	▬	69%
Insuficiente	▼	0%	▼	49%

Figura 25: Ponderación para criterios.

Como criterio relevante de la evaluación técnica, las alternativas deben igualar o superar el mínimo de 70% para ser considerado en la etapa siguiente del proceso. A continuación, se detalla el cumplimiento de los criterios de las ofertas presentadas por los participantes:

Experiencia en desarrollo y/o implementación de software de gestión en la industria minera

Se considera una experiencia satisfactoria (75%) que los participantes hayan desarrollado y/o implementado algún software de gestión en la industria, y que además posean una cantidad considerable de clientes dentro de esta.

Respecto a Magna y Opencode, su experiencia en la industria es baja, solo han participado de manera indirecta, por lo cual se les asigna un 50% del criterio (Regular). Mientras que Austral 3D y Hexagon, desarrollaron sus softwares para ser utilizados específicamente en la industria, con 90% y 100% respectivamente, esto justificado por la cantidad de clientes que poseen. En el caso de Hexagon, su software SmartPlant Materials se encuentra disponible en BHP Billiton.

Por último, Backspace con BizAgi un software multidisciplinario que se ha utilizado en la industria de forma indirecta, se le asigna una ponderación de bueno 80%.

Experiencia en desarrollo y/o implementación de software en el área de manejo de materiales

Una experiencia satisfactoria se considera si los participantes tienen experiencia en el área de manejo de materiales, ya sea en inventarios, suministros, trazabilidad o despacho.

Magna y Opencode han desarrollado software en el área de manejo de materiales, específicamente en inventarios, suministro, bodegas y despachos. Principalmente estos desarrollos están enfocados en Pymes o en la industria del Retail. En base a los antecedentes se les asigna un 80% de cumplimiento.

Austral 3D durante los últimos años se ha dedicado al desarrollo del software FourDplan que está orientado al manejo de materiales. Se considera muy bueno el cumplimiento del criterio, encontrándose deficiente solo por el hecho de poseer pocos años de marcha. Se le asigna un 95% de cumplimiento.

Hexagon posee basta trayecto internacional en el desarrollo de software de manejo de materiales, por lo cual se le asigna un 100% de cumplimiento.

Por último, Backspace posee experiencia en el manejo de inventarios, con alta participación en Retail. Se le asigna un 90% de cumplimiento.

Cumplimiento de alcance

Se considera un alcance completo, si el participante es capaz de cumplir con este. Por lo cual, en base a las reuniones efectuadas con cada representante de los participantes, se les asigna un cumplimiento total de los alcances.

Tiempo de implementación

Se considera un tiempo satisfactorio para comenzar una implementación de dos meses, extendiéndose a una operación completa en 6 meses.

Magna considera un tiempo del desarrollo de software de 50 días hábiles, con una posterior implementación. Esta implementación tiene una extensión de 4 meses. Se le asigna un tiempo de implementación muy bueno, de un 90%.

Opencode considera un periodo máximo de desarrollo e implementación de 6 meses. Se le asigna un 80% de cumplimiento.

Austral 3D y Hexagon estiman una implementación de 2 a 3 meses, se les asigna un 90% de cumplimiento, muy bueno.

Respecto a Backspace se le asigna un 95% de cumplimiento por el hecho de que AMSA posee la licencia del software.

Servicios postventa y asistencia técnica

El servicio de postventa se considera satisfactorio si el participante es capaz de proveer el servicio de mantención y soporte del software.

Al tratarse de una evaluación técnica solo se considera que proveen los servicios de postventa y asistencia técnica. Se califican con 100%.

Conexión con SAP

SAP al tratarse de uno de los ERP más utilizados en el mundo y en AMSA, es primordial que el software sea capaz de trabajar en forma conjunta con esta herramienta. Se considera satisfactorio el hecho que el software posea certificación o convenio con SAP.

Magna posee una experiencia buena, del 85% en conexión con SAP. Mientras que a Opencode un 80%.

Austral 3D y Hexagon poseen experiencia de conexión con SAP de un 95%. Respecto a Backspace se le asigna un 85%, al no tratarse de un software similar a un ERP.

Flexibilidad de módulos para realizar cambios o incluir nuevas columnas de información

La flexibilidad de módulos se considera satisfactoria si no existe un costo asociado a la modificación o esté bajo.

Magna y Opencode al tratarse de software a medida, poseen plena capacidad para realizar cambios en el periodo de desarrollo. Esto cambia en el periodo de implementación, si se producen cambios en este punto y tendrán un costo asociado, pero al tratarse de una evaluación técnica solo se mide si esta es posible. Por lo cual se les asigna una ponderación de bueno con un 80% de cumplimiento.

Austral 3D y Hexagon en su software correspondiente poseen ciertas modificaciones o ajustes que se puede realizar, siendo menor que el software a medida. Se les asigna un 75% de cumplimiento.

Respecto a Backspace se le asigna un 85% de cumplimiento. Esto es, debido a que se trata de definir procesos, pudiéndose modificar de manera más eficiente.

A modo de resumen, se expone los resultados de la evaluación técnica en la siguiente tabla:

Tabla 22: Evaluación de Criterios. Elaboración propia.

Criterios	Pond.	Magna	Opencode	Austral 3D	Hexagon	Backspace
Experiencia en desarrollo y/o implementación de software de gestión en la industria minera	10%	50%	50%	90%	100%	80%
Experiencia en desarrollo y/o implementación de software en el área de manejo de materiales	20%	80%	80%	95%	100%	90%
Cumplimiento de alcance	15%	100%	90%	100%	100%	100%
Tiempo de implementación	15%	90%	80%	90%	90%	95%
Servicios postventa y asistencia técnica	10%	100%	100%	100%	100%	100%
Flexibilidad de módulos para realizar cambios o incluir nuevas columnas de información	20%	80%	80%	75%	75%	85%
Conexión con SAP	10%	85%	80%	95%	95%	85%
TOTAL	100%	84,00%	80,50%	91,00%	93,00%	90,75%

7.1.4. Validación y Comentarios de la Propuesta

Un software de Gestión de Materiales es primordial para los proyectos futuros que Antofagasta Minerals quiere desarrollar. Este debe ser un software de multiplataforma, que genere un control total de la cadena de Suministros en los Proyectos, durante su completo ciclo de vida. Es necesario generar un monitoreo dinámico que permita tener el control del abastecimiento, a la vez, controlar tiempos y todos los procesos involucrados para ejecutar obras de ingeniería de la manera más eficiente y eficaz, de forma tal, de obtener una productividad en el desarrollo del proyecto.

En base a las alternativas consideradas, software a medida o implementar software disponible en el mercado, se considera que ambas opciones tienen sus beneficios y desventajas. El software a medida será adaptado al negocio, se podrá desarrollar por módulos y personalizar a los requerimientos particulares de las diversas áreas en AMSA. Los problemas surgen cuando este no se desarrolla a través de programas profesionales, estos pueden poseer errores generando que sean inestables o poco fiables, por el simple hecho de no haber sido probados. En cambio, un software disponible en el mercado posee las referencias de la implementación, lo cual puede determinar en cierta medida el grado de confiabilidad del sistema.

Con la evaluación técnica realizada se puede tener una perspectiva más profunda del significado de implementar un software de gestión, para estos los criterios definidos intentan entregar desde un punto de vista más objetivo una escala para evaluar la opción más conveniente, dando énfasis en la experiencia de las propuestas. Los resultados obtenidos de la evaluación técnica son los siguientes:

- Magna: 84%
- Opencode: 80,5%
- Austral 3D: 91%
- Hexagon: 93%
- Backspace: 90,75%

En base a los resultados obtenidos, la solución que mejor se ajusta a los criterios propuestos se basa en la adquisición de un software disponible en el mercado. Dentro de los explorados en el

presente informe, el que mejor se ajusta es el provisto con Hexagon, esto principalmente por la experiencia y tamaño de la compañía versus Austral 3D, que en términos generales ofrece un software con características y enfoques muy similares, siendo una diferencia mínima de un 2%.

Respecto a Backspace con una puntuación de 90,75% se recomienda realizar un estudio más acabado de su potencial, ya que su función principal tiene un enfoque de gestión de procesos, más que de trazabilidad para materiales. Este software, con una buena implementación, puede ser utilizado para cumplir tareas que son transversales en Abastecimiento, las cual tiene un enfoque más administrativo que operacional, como por ejemplo la asignación de permisos para proseguir con determinados procesos.

Para obtener una correcta implementación de un software de Gestión de Materiales se debe considerar la puesta en marcha del software, en conjunto a una capacitación eficiente del personal que hará uso de este software, que términos prácticos determinaran si el software cumple con los requerimientos para ejecutar los procesos.

En términos generales, se recomienda adquirir un software disponible en el mercado. Este software debe haber sido implementado y poseer experiencia en la industria de la minería y sobre todo en Proyectos ejecutados en Chile, ya que la realidad de los proyectos en Chile es distinta a otros países. Por lo cual, dentro de las opciones exploradas se recomienda la adquisición del software de Austral 3D o de Hexagon, dependiendo de una futura evaluación técnica más profunda y sobre todo una evaluación económica.

7.2.Sistema de Reporte de Control de Costos

7.2.1. Aspectos generales de la propuesta

En un proyecto exitoso, la utilización de los recursos de manera eficiente es primordial. Este éxito puede verse comprometido por falta de un correcto Control de Costos de la inversión. El proyecto OXE principalmente basó el control de Costos en el Manager Report (MR), en donde se puede visualizar los costos presupuestados, comprometidos, incurridos y proyecciones a términos; sin embargo, esta visualización distingue el costo en términos de las disciplinas establecidas (Ingeniería, Adquisiciones, Construcción, Costos del dueño, Contingencia y Puesta en Marcha). De manera que, para tener detalle de cada contrato se debe realizar la búsqueda manual. Con estos antecedentes, la propuesta consiste en generar un reporte a partir de los datos importados desde Prism. Este reporte fue realizado en MS Excel, utilizando fórmulas y herramientas de Macros (ver anexo H). Principalmente este reporte tiene el objetivo de ser de carácter gerencial, de esta forma utilizarlo para reportar para la Gerencia del Proyecto y ser utilizado en los Steering Committe para la toma de decisiones.

El reporte fue desarrollado de forma amigable para el usuario, para que este sea de fácil actualización, ya que es de carácter mensual, este informe será administrado por el área de Control de Costos. Este reporte tiene la cualidad de mostrar en forma desglosada el costo de los contratos, por medio de costo directo e indirecto, esto a su vez separados por montaje y suministro para el caso de los Directos, y gastos generales, movilización y desmovilización, y utilidad para los indirectos. De esta forma el reporte tiene la característica que se puede comparar con la MR en una sola planilla que es de formato para ser impreso o utilizado para presentaciones. Además, el reporte contempla la

adhesión de ciertos ratios que son de utilidad para el monitoreo de los contratos. Los ratios se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 23: Ratios sistema de Reporte de Costos. Elaboración propia.

Ratios	Unidad	Valor
Costo Directo / Costo Total	%	
Indirectos/Total	%	
Utilidades/Total	%	
Utilidades/Directos	%	
GG/Indirectos	%	
Mov y Demov / Indirectos	%	
Montaje / HH Directa	USD / HH	

7.2.2. Costos de la propuesta

La propuesta no tiene costo ya que solo requiere que un integrante del proyecto ejecute las funciones del reporte, lo cual está dentro de los alcances de las funciones de Control de Costos.

7.2.3. Validación de la propuesta

Esta propuesta fue trabajada en conjunto con el Gerente de Control de Proyecto, la cual fue realizada para cumplir los requerimientos exigidos por el Gerente. Para validar esta propuesta, se presentó este sistema de reporte al Gerente de Proyecto, la cual fue bien recibida y se espera que este formato sea utilizado en próximos proyectos.

7.3.Estrategia de Administración de Contrato

7.3.1. Aspectos generales de la propuesta

La organización del Proyecto OXE, fue planteada de forma tradicional dentro de los proyectos de minería, en donde se centra llevar a cabo la ejecución bajo la subdivisión de los procesos en diversas gerencias. El proyecto OXE presentó varios problemas relacionados a la dotación y supervisión del proyecto, estos acontecimientos son registrados como Lección Aprendida.

De manera de prevenir los problemas ya mencionados, en la presente memoria se expone ciertas variaciones a la estructura tradicional. Principalmente la propuesta consiste en generar subdivisiones, esta principalmente se trata de entregar más recursos para la Administración de los Contratos, entregando al administrador un equipo que trabaje en conjunto con él. La siguiente figura se puede visualizar el grado de jerarquización de la propuesta:



Figura 26: Estructura Organizacional Administración de Contratos.

Los Administradores de Contrato en el Proyecto tuvieron una implementación tardía, además por temas de la ralentización, estos fueron removidos desde la Gerencia de Construcción, pasando a depender de la Gerencia de Abastecimientos. Para prevenir estas problemáticas y a la vez entregar un mayor apoyo para la supervisión de la construcción, se propone que el equipo de Administración de Contrato posea la siguiente estructura:

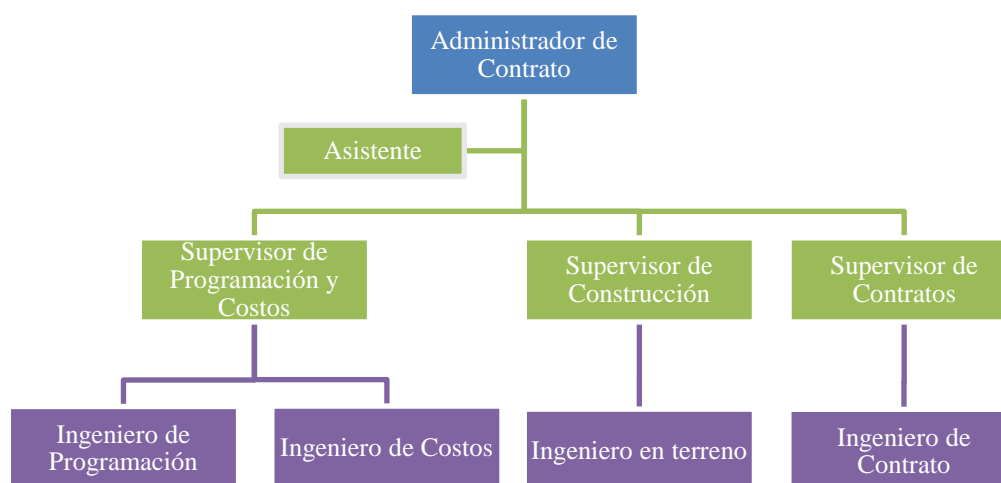


Figura 27: Estructura Organizacional equipo Administrador de Contrato.

El Administrador de Contrato es quien supervisa la empresa contratista. Este velará por la correcta ejecución del contrato, el cumplimiento de los objetivos finales del mismo, así como que los recursos sean empleados de manera eficiente. La propuesta considerara un equipo de Administración de Contrato, conformado por nuevos cargos, divididas en tres áreas: Programación y Costos, Construcción y Contratos.

El área de Programación y Costos se conforma por un supervisor, un ingeniero de costos y un ingeniero de programación. El área se encarga de informar el avance físico y estado de costos de la construcción. De esta forma ejecutan el control de costos, presupuestos, revisar programar y generar proyecciones.

El área de Construcción se conforma por un supervisor y un ingeniero en terreno, principalmente tienen la tarea de presenciar en terreno la ejecución de las obras, monitorear, generar reportes, reportar riesgos y accidentes.

Por último, el área de Contratos se conforma del supervisor y del ingeniero de contrato quienes entregan el apoyo técnico y legal para garantizar el cumplimiento del contrato, de esta forma obtener un correcto uso de la información.

Las tres áreas involucradas en el equipo reportaran al Administrador de contrato. Además, se considera que cada contrato recibirá apoyo desde Control de Proyecto, Abastecimiento y Contratos, Medio ambiente, Relaciones Laborales, Calidad, y Seguridad y Saludo Ocupacional.

7.3.2. Costos de la propuesta

El equipo de Administración de Contrato estará conformado por nueve cargos, los cuales de manera sinérgica darán supervisión y control al contrato específico. A modo de estimación de costos, se evaluará las remuneraciones, con los montos utilizadas en el Proyecto OXE. En el proyecto se categorizó los sueldos de una escala de 1 a 15, en donde el 1 representa los niveles técnicos, mientras que el 15 representa la categoría de Gerencia.

Para el cargo de Administrador de Contrato y Supervisores se considera una categoría de 12, mientras que para los Ingenieros una categoría de 11. Por último, para la asistente una categoría de 9.

En la siguiente tabla se resume las remuneraciones según la categoría:

Tabla 24: Costos de remuneración, equipo A. de Contrato.

Cargo	Remuneración
Administrador y Supervisores	9.600
Ingenieros	7.600
Asistente	4.000

El costo total del equipo de nueve personas esta evaluado en US 65.200.

7.3.3. Validación de la propuesta

El equipo de Administración de Contrato con apoyo de las diversas áreas del proyecto deberá abordar la tarea de ser la figura de representación del dueño hacia la empresa contratista. Para que esta implementación de estrategia sea exitosa, se definen las siguientes funciones que deben efectuar:

- Llevar la Programación y ejecución del contrato.
- Elaborar un Plan Contractual, en el cual se desarrollen las bases de licitación, presupuesto, estrategia de gestión del cambio, análisis de riesgo, análisis técnico y economía.
- Elaborar indicadores claves de desempeño, indicadores de resultados y definición de las metas.

De manera de generar una mejora continua, se recomienda que el equipo de Administración de Contrato ejecute de manera periódica una evaluación integral del desempeño de las empresas contratistas, de esta forma poder anticiparse a los riesgos.

La propuesta de estrategia de administración fue presentada y discutida con el Gerente de Proyecto, la cual en conjunto con las lecciones aprendidas se archivará para ser utilizada y evaluada en próximos proyectos AMSA.

7.4. Talleres de Lecciones Aprendidas

7.4.1. Aspectos generales de la propuesta

Una vez levantadas las lecciones aprendidas, se procede a proponer acciones para resolver las problemáticas. De esta forma entregar los antecedentes a la Vicepresidencia de Proyecto, y que estos queden registrados en el Sistema ADS de la compañía. Las lecciones aprendidas y la documentación permiten ampliar y actualizar la base de datos de la empresa de cara a la planificación de nuevos proyectos, y suponen la base sobre la que trabajar los procesos de mejora continua.

El proyecto Óxidos Encuentro ejecutó un Taller de Lecciones Aprendidas al finalizar la ejecución del proyecto. Al efectuarse este, se pudo detectar que varias de las problemáticas acontecidas fueron las mismas de otros proyectos anteriores de AMSA, que fueron ejecutados por un contrato EPCM. Además, al consultar a las áreas de Ingeniería y Control de Proyecto, fue posible determinar que, por parte de la Vicepresidencia de Proyectos, no existió al comienzo del Proyecto OXE capacitaciones suficientes para dar a conocer las lecciones aprendidas de proyectos anteriores.

De esta forma, la propuesta consiste en clarificar los pasos correctos del proceso de Lecciones Aprendidas y fomentar talleres de capacitación de estas lecciones aprendidas. Además, que estas Lecciones Aprendidas sean de fácil acceso para todo el equipo que estén presentes en el Intranet de AMSA y sean accesibles.

Se recomienda ejecutar los Talleres de Lecciones Aprendidas en por lo menos tres ocasiones: Al comienzo de Prefactibilidad, al comenzar la ejecución y al terminar esta.

7.4.2. Costo de la Propuesta

La propuesta no posee costo asociado ya que solo es un tema administrativo. Se debe poseer un encargado de estas funciones, lo cual estaría dentro de sus funciones.

7.4.3. Validación de la propuesta

Con la propuesta se espera que sean incorporadas y levantadas las nuevas lecciones aprendidas durante todo el ciclo de vida del proyecto. Para que en el futuro se consideren estos factores que condicionan la ejecución y aprender de estos.

7.5.Capacitación en Gestión de Proyecto

7.5.1. Descripción de la propuesta

Se busca capacitar al equipo de proyecto en los fundamentos de Gestión de Proyecto, de esta manera introducir al equipo en los principales procesos, herramientas y técnicas que son necesarias para cumplir con los objetivos y metas planteadas.

Idealmente estos cursos deben estar orientados no solo a los Gerentes de los proyectos, si no a las áreas que dan el apoyo a las Gerencias, que son el pilar fundamental para cumplir con los objetivos. Para esto, es posible encontrar en el mercado diversas compañías que ofrecen cursos.

Para el caso de Gestión de Proyectos, estos cursos principalmente se enfocan en la metodología del PMI.

7.5.2. Costos de la propuesta

A modo de recomendación, se cotizo con la consultoría Atentos, que ha tenido clientes de la industria minera como Angloamerican y AMSA. Los valores de los cursos se estimaron en \$990.000 por persona, valor que corresponden para grupos reducidos.

7.5.3. Resultados esperados

Con la incorporación de las capacitaciones se espera que el equipo de proyecto refuerce los conceptos fundamentales de dirección de proyecto y cuenten con las herramientas básicas para definir, documentar y gestionar los proyectos venideros.

7.6. Capacitación en Compromiso

7.6.1. Aspecto generales de la propuesta

Se busca capacitar al equipo de proyecto en los fundamentos de Compromiso por el proyecto, de esta manera introducir al equipo en los principales procesos de trabajo en equipo, liderazgo efectivo, abordaje y resolución de conflictos, motivación de equipos de trabajo, comunicación efectiva, comunicaciones internas y mejora del clima laboral.

7.6.2. Costos de la propuesta

A modo de recomendación, se cotizó con la consultoría LinkCap, capacitados en el área y con importantes clientes en la industria. Los valores de los cursos se estimaron en \$95.000 por persona. Programa llamado Team Building, el cual ha tenido grandes resultados en los últimos años.

7.6.3. Resultados esperados

Con la incorporación de las capacitaciones se espera que el equipo de proyecto refuerce los conceptos de desarrollo personal, por medio de técnicas y estrategias de habilidades blandas, que permitan mejorar el desempeño y compromiso laboral.

8. CONCLUSIÓN

Una implementación adecuada de la Gestión de Proyectos es primordial para las compañías de hoy en día, especialmente en la industria del cobre, que ha atravesado diversos escenarios, en donde los commodities ha alcanzado mínimos históricos. Por lo tanto, las estrategias de las compañías deben orientarse hacia el funcionamiento competitivo y sustentable a largo plazo.

Antofagasta Minerals busca ser reconocida como una compañía que destaque por su eficiencia operacional, creación de valor, alta rentabilidad; por lo cual, la correcta gestión de los proyectos de inversión de capital debe presentar un gran interés.

El Proyecto Óxidos Encuentro administrado por el dueño, sin un contrato tradicional de EPCM, intentó capturar mejores condiciones de mercado; de esta manera enfrentar la ejecución del proyecto de una forma eficiente.

En la presente memoria se utilizaron herramientas de la Gestión de Proyectos para diagnosticar y analizar las problemáticas, y aciertos del Proyecto OXE; con el fin de generar patrones y enseñanzas para próximos proyectos a ejecutar en AMSA bajo esta modalidad de administración. Se entregaron Propuestas de Mejoras para ciertas problemáticas, así como recomendaciones basadas en las buenas prácticas.

A partir del diagnóstico se puede determinar que el principal riesgo del proyecto era no cumplir con los objetivos y alcances del proyecto, así como no cumplir en los plazos y costos presupuestados, y cero fatalidades. Esto fue resumido en el término “Desviaciones del Proyecto”. Se determinaron 21 causas que explican las Desviaciones del Proyecto, las cuales se agruparon en siete

grupos: Aumento de Costos, Manejo de Materiales, Atraso en la programación, Pérdida de información, Falta de Dotación, Ingeniería Incompleta y Empresas Contratistas.

Las problemáticas del proyecto tuvieron relación con deficiencias en el Seguimiento y Control del Proyecto, se presentaron situación en que el equipo de proyecto no fue capaz de supervisar o no tuvo las herramientas adecuadas y las metodologías correctas para saber cómo y de qué forma actuar. Esto último impacto en los plazos y costos del proyecto, afectando su eficiencia y generando desviaciones.

En términos generales, el proyecto no tuvo desviaciones grandes, como se pudo apreciar en el Benchmarking, sus resultados estuvieron dentro de los niveles aceptables de las industrias. Se debe considerar que el Proyecto OXE atravesó una ralentización de ocho meses, lo cual bajo un contrato EPCM hubiera tenido impactos mayores en el costo, ya que la negociación de las nuevas tarifas y licitaciones hubiera salido del control de AMSA, lo cual hubiera obstaculizado la correcta gestión sobre estas acciones.

Los resultados del proyecto demostraron ser aceptables, se cumplió con el objetivo de disminuir el CAPEX de Prefactibilidad, se logró ejecutar el proyecto con un equipo propio, cero fatalidades y una tasa de accidentes bajas respecto a las HH del proyecto, y poder enfrentar el estiramiento del proyecto en busca de mejores condiciones de mercado.

Para las problemáticas detectadas, se determinaron cinco propuestas de mejora recomendadas para, de esta forma entregar mayor confiabilidad para el Seguimiento y Control, y Cierre de próximos Proyectos AMSA. Estas propuestas fueron:

- **Software de Gestión de Materiales:** Buscó integrar los procesos de la cadena de suministros en un solo software potente, que sea capaz de generar una trazabilidad completa de los materiales, lo cual sea una base y refuerzo los esfuerzos por evitar y mitigar aumentos de costos asociados a la inexistencia de este sistema.
- **El sistema de reporte de Control de Costos:** Tiene un carácter gerencial, orientado para ser utilizado para el Seguimiento y Control de los principales contratos del proyecto, de esta forma obtener indicadores que antes no se conocían, además de poder comparar con los valores del Management Report. Este sistema de reporte además está pensado para ser utilizado por el Gerente de Control de proyecto y el Gerente de Proyectos para presentar ante el Steering Committe. A partir de este se espera que sea un aporte para el control de costos y la toma de decisiones, así como también para la negociación de próximos contratos que tengan un alcance de similar magnitud.
- **Estrategia de Administración de Contrato:** Consiste en que la administración de contrato pase a ser cargo de un equipo, en donde se generen nuevos roles y mayores responsabilidades, de forma tal, que estas sean únicas para un determinado contrato, de esta manera focalizar los esfuerzos y generar una mayor supervisión del respectivo contrato. Se espera que esta propuesta mejore los niveles de supervisión, de modo que esto no impacte en aumentos de costos y atrasos no programados.
- **Talleres de Lecciones Aprendida:** Se busca clarificar los pasos correctos del proceso de Lecciones Aprendidas y fomentar talleres de capacitación de estas lecciones aprendidas, además que estas Lecciones Aprendidas sean de fácil acceso para todo el equipo, que estén presenten en el Intranet de AMSA y sean accesibles. Además de intensificar el número de

talleres durante el ciclo del proyecto. Se espera que en próximos proyectos no se repitan situaciones con un gran impacto.

- **Capacitación en Gestión de Proyecto:** busca capacitar al equipo de proyecto en los fundamentos de Gestión de Proyecto, de esta manera introducir al equipo en los principales procesos, herramientas y técnicas que son necesarias para cumplir con los objetivos y metas planteadas.
- **Capacitación en Compromiso:** Se espera con estas capacitaciones introducir al equipo en los principales procesos de trabajo en equipo, liderazgo efectivo, abordaje y resolución de conflictos, motivación de equipos de trabajo, comunicación efectiva, comunicaciones internas y mejora del clima laboral.

El Proyecto Óxidos Encuentro ha servido como estudio para generar bases de desarrollo para próximos Proyectos en Antofagasta Minerals, de esta manera buscar mejora el desempeño de estos, en post del Plan de Competitividad y Costos de AMSA.

El precio del cobre actual no es posible compararlo con los años de abundancia de la década del 2000, en donde producto de un precio alto del commodity, el ahorro de costos, competitividad y sustentabilidad de los proyectos no era un rol predominante. Con la presente memoria se espera que se consideren estas propuestas de mejora para evitar ciertas problemáticas que pudieron ser previstas o corregidas con una correcta Gestión de Proyecto. De esta forma brindar a Antofagasta Minerals, la oportunidad de poder generar proyectos bajo una Administración propia, gracias al potenciamiento de la Vicepresidencia de Proyectos.

9. REFERENCIAS

21500, I. (s.f.). *Norma ISO 21500*.

Antofagasta Minerals. (2016). *Memoria 2016*.

Bhp Billinton. (2009). *Planificación y Controles de Proyectos, Materiales del Participante*. Santiago.

Clements, M. G. (2012). *Administración exitosa de Proyectos*. México.

CNID. (2014). *Una Plataforma de Futuro para Chile. Informe a la Presidenta de la República, Michelle Bachelet*. . Santiago.

Cochilco. (2017). *Cartera de Proyectos 2018 - 2025* .

Código Civil Chile artículo 143. (1998).

Código Civil Chile artículo 143. (2012). Santiago, Chile: Editorial Jurídica de Chile.

Código Civil de Bolivia. (1975). Los arts. 732 y ss. del capítulo V del Código Civil de Bolivia. La Paz.

Código Civil de Bolivia, a. 7. (1975). Los arts. 732 y ss. del capítulo V del Código Civil de Bolivia. La Paz.

Contratos de costes reembolsables. (2014). En J. C. Guzman.

Dyvinez, J. M. (2008). *Seminario de Ingeniería Industrial: Gestión de Proyectos*. Santiago, Chile.

Gil, G. (1995).

Guzmán, J. G. (2014). Contratos de Costes Reembolsables. *Observatorio Contratación Pública*.

IASC. (1973). *Normas Internacionales de Contabilidad*.

International Accounting Standards Board. (2001). *Normas Internacionales de Contabilidad*.

Investigacion de Operaciones. (s.f.). *Investigacion de peraciones*. Obtenido de <http://www.investigaciondeoperaciones.net/cpm.html>

IPA. (2014).

Janitzio, D. D. (2010). Presentación. Seguimiento y Control de Proyectos. s.f.

Junta de Andalucía . (2010). <http://www.juntadeandalucia.es>.

Leido, P. (2009). *Director profesional de proyectos: como aprobar el PMP sin morir en el intento*.
Mendoza.

LLedo, P. Director de MASConsulting. (2012). Entorno Económico.

López, M. C. (2017). *Método para la elaboración de Lecciones Aprendidas*. Obtenido de <https://pmi-mad.org/index.php/socios/articulos-direccion-proyectos/1482-metodo-para-la-elaboracion-de-lecciones-aprendidas>

MDAP Project Management. (2016). <http://www.uv-mdap.com>. Obtenido de <http://www.uv-mdap.com/blog/estandarizacion-de-las-lecciones-aprendidas-parte-1/>

Mejía. (2008). *Propuestas de mejoras en la Gestión de Contratos en Codelco. Memoria para poder optar al título de Ingeniero Civil Industrial*. Santiago.

Mejia, C. Z. (2010). *Ensayo de Gestión de Proyectos (Management of Projects)*. HONOLULU, HAWAI.

OBS Business School. (2014). *www.obs-edu.com*. Obtenido de <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/conceptos-fundamentales-direccion-de-proyectos/lecciones-aprendidas-de-un-proyecto>

ODEPA. (Marzo de 2011). *¿Qué, cuánto y dónde se produce orgánicamente en Chile?* Obtenido de http://www.olivasorganicasvalledezapa.uta.cl/plataforma_datos/Que_cuando_donde_produce_organicamente_Chile.pdf

Office of the Chief Information Officer Washington State (OCIO). (s.f.).

P, M. (2008). *Propuesta de mejoras en la gestión de contratos de Codelco. Memoria para poder optar al título de Ingeniero Civil Industrial*. Santiago, Chile.

PMBOK. (2013). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Newtown Square, Pa.

Prat. (1940).

Project management Institute. (2013). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Newtown Square, Pa.

Puga, A. P. (2014). *The General Construction contract and specially the EPC rules and regulations and main characteristics*.

Puga, A. P. (XXXX). *The General Construction contract and specially the EPC rules and regulations and main characteristics.*

Rivera, F. (2010). *Administración de Proyectos. Guía para el aprendizaje.* Mexico: Pearson.

Salgado, L. E. (2011). *Lecciones aprendidas en un proyecto. Centro de Conocimiento del PMI.*

San Martín Bendek, F. J. (2008). *Evaluación y Propuestas al Sistema de Gestión de Proyectos Aplicado a la Cartera de Proyectos en Ejecución de la División de Metales Base de BHP Billiton.*

Serpell, A. (2010). *Planificación y Control de Proyectos.* Santiago.

Thompson, J. (2009). Obtenido de todosobreproyectos:
<http://todosobreproyectos.blogspot.cl/2009/04/estudio-de-prefactibilidad.html>

10.ANEXOS

ENTREVISTAS

10.1. Anexo A - Entrevistas

Entrevistado 1

Empresa 1

1. ¿Cuál sería su opinión del Proyecto Óxidos Encuentro?

Bueno con respecto al proyecto, puedo desde mi punto de vista personal, que son bastante exigentes que se cumplan los estándares de seguridad, calidad y medio ambiente, destacando la preocupación hacia todos sus trabajadores

2. ¿Qué opinión podría indicar del servicio de alimentación?

Con respecto al servicio de alimentación, la calidad es bastante buena, no se discrimina al trabajador por su cargo al momento de entregar el servicio y además el servicio es parejo para todos. No se le da una mejor atención otros y a otros no. En cuanto a la atención hacia el público siempre bastante respetuosa.

3. ¿Qué podría indicar sobre el servicio de Habitaciones?

Con respecto a las habitaciones puede decir que son bastantes cómodas, cumplen acabilidad con las comodidades que requiere una persona. Cada vez que ingreso a mi habitación a descansar, está siempre están ordenas, bien aseadas y servicio higiénico sanitadas con su logo tipo y sello.

Entrevistado 2

Empresa 2

Cargo: Electricista, montaje y mantención

Experiencia: 9 años

- Agradecido de la empresa y de la faena grandes frutos
- Agradecido del turno 10x10 y los pasajes en avión

1. ¿Cómo ha sido tu experiencia acá en campamento OXE?

La experiencia acá en el campamento, si buena, buena a otros campamentos que he estado, sin dar nombres, buena. Buena alimentación, tenemos variados alimentos.

2. ¿La comodidad en la habitación?

La comodidad en la habitación excelente, tenemos televisión, baño en la pieza. Yo he estado en campamento en otros lados, que tienes que compartir baño con 10 o 15 personas. Estamos súper bien acá.

3. ¿Cuánto tiempo llevas en el campamento OXE?

Estoy de aniversario, acabo de cumplir ayer 2 años en proyecto Óxidos Encuentro.

Entrevistado 3

Cargo: Soldador de HDP y misceláneo

1- ¿Qué le ha parecido el campamento Óxidos Encuentro?

El campamento ha sido bueno comparado a otras mineras, pero es relativamente bueno. Las piezas son cómodas, tiene su tele que en otros proyectos no hay. En ese sentido bueno. Cómodas las habitaciones, hay salas de juegos que es importante tener en el proyecto.

2- ¿Qué le ha parecido la Alimentación del Proyecto OXE?

Comparado con otros proyectos, no están buena, ni tampoco tan mala en comparación con otros proyectos. No soy regodeón...Bien.

¿Qué nota le da?

Califica con una nota media. El servicio es bueno, es excelente. Buena comunicación. Las porciones disminuyeron con el paso del tiempo

3- ¿Qué le ha parecido el Proyecto Óxidos Encuentro?

El proyecto lo he encontrado bueno, por seguridad por instalaciones, planta chancada súper moderna y pilas de lixiviación. En seguridad bueno, porque salió el proyecto evaluado bien en seguridad. Para nosotros como trabajadores es bueno, porque OXE nos entrega las herramientas y nosotros debemos ejecutarlas

Entrevistado 4**Cargo:** Supervisor Civil de terreno**Empresa 4****1. ¿Qué te pareció a ti participar en la construcción del Proyecto OXE?**

De todos los proyectos que he estado, la dinámica de este ha sido diferente, ya que hemos tenido trabajo de misceláneo. El trabajo de misceláneo lo positivo es que tú tienes la oportunidad en distintos rubros, tanto civil, mecánico y eléctrico. Esa es la experiencia que he tomado en este proyecto, de conocer distintas áreas y poder realizarlas. Poder compartir un poco la experiencia con los demás trabajadores.

2. ¿Qué te ha parecido el proyecto en el área de Campamento?

No hay mucha diferencia, pero si es bueno, en el concepto que el hotelería es bueno, el mantenimiento de los equipos; digamos, como piezas y servicios, y lo importante también es que la mantención de las canchas que tienen, la parte gimnasio está la posibilidad de recrearse, salas de juegos. Estoy bastante conforme con esa atención

3. ¿Qué te ha parecido la alimentación?

La alimentación no es por ser regodeón, ni nada, pero si faltaría ponerle más cariño, no es que sea desagradable, pero si en comparación con otros proyectos podría ser un poco mejor el tema de la alimentación.

Entrevistado 5

Cargo: Eléctrico misceláneo

1. ¿Qué te parece el área de Campamento del proyecto?

El área de campamento la he encontrado excelente, no he tenido ningún problema, habitaciones son cómodos.

2. ¿Qué te ha parecido la alimentación del Proyecto OXE?

La Alimentación la he encontrado súper mala, porque he tenido problemas gástricos al ingerir el alimento de aquí. Además, al darte la alimentación en porciones, igual es poca.

3. ¿Qué te ha parecido en general el Proyecto?

El proyecto me ha parecido súper bueno, igual he tenido experiencia. Lo he encontrado bueno, todo lo que es seguridad y prevención de riesgo, no tengo ningún problema en ello.

Entrevistado 6**1. ¿Cuál es tu opinión respecto al servicio de Alimentación?**

El servicio de alimentación, yo al menos lo encuentro bueno, que es rápido y las comidas son ricas.

2. ¿Has tenido la oportunidad de probar el área de hipocalóricas?

Sí.

3. La variedad de la comida de la línea, ¿Cómo la catalogas?

Sí, es buena, pero faltarían un poco más de variedad. Le agregaría más legumbres.

4. El servicio de hotelería a través COMPASS ¿Qué te parece?

Las habitaciones son buenas, las camas son buenas, la ventaja es el baño, no es un baño común como en otros campamentos.

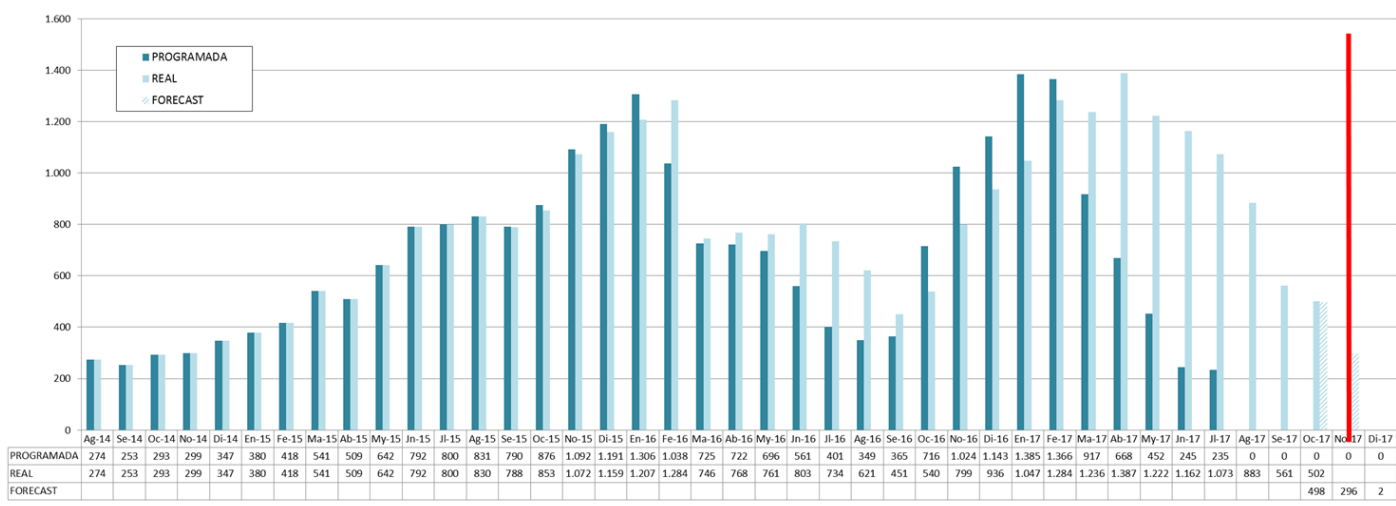
5. La implementación del pabellón, ¿Te encuentras con bidones de agua?

Eso es lo bueno, que tiene 2 a 3 dispensadores de agua.

6. ¿Qué te parece el Proyecto OXE?

Proyecto ordenado, cero accidentes. Bien seguro.

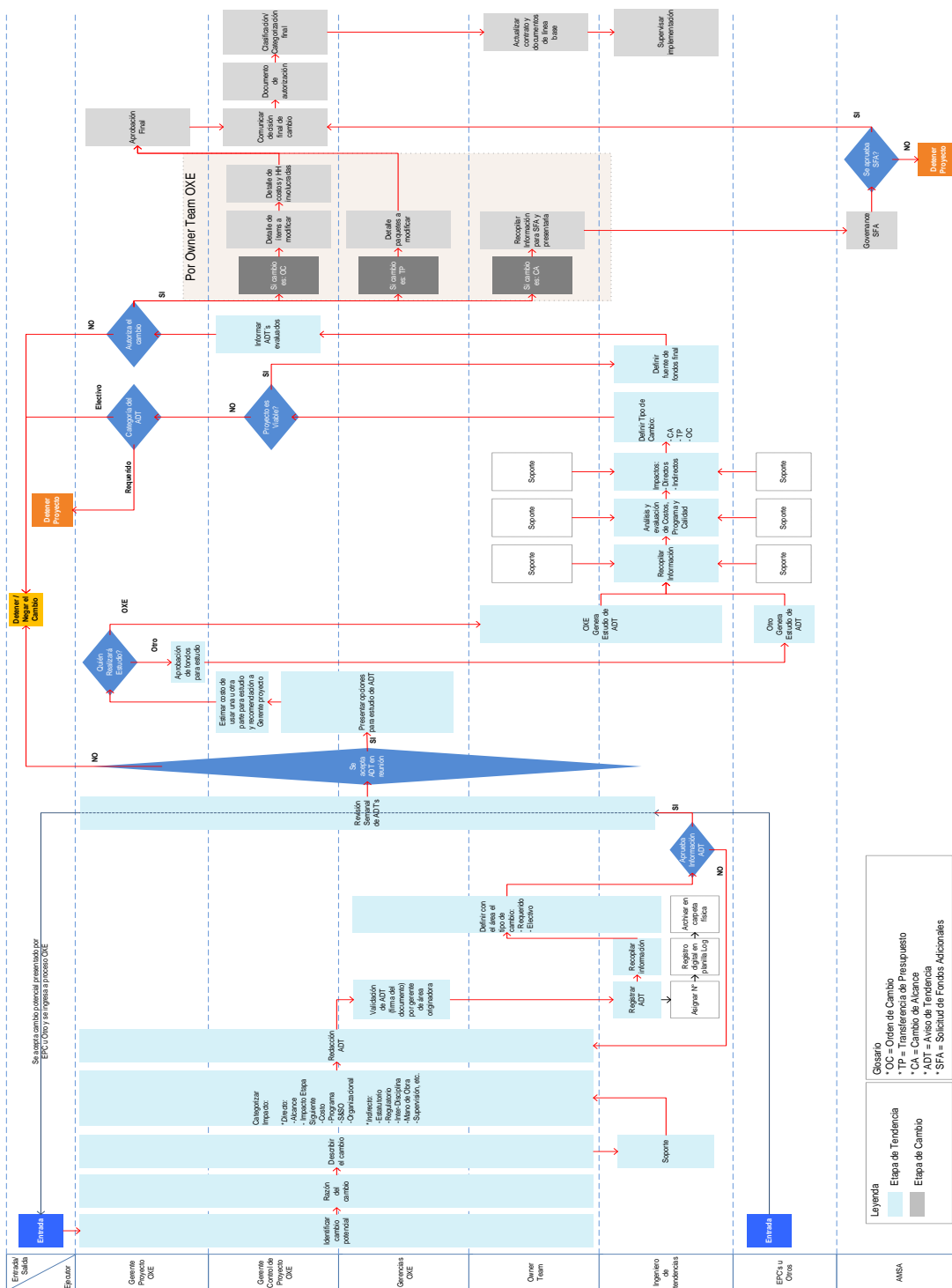
7. ¿Te sientes seguro?



Me siento seguro.

10.2. Anexo B

10.3. Anexo C – Diagrama de Flujo Gestión de Tendencias




Legenda

- Etapa de Tendencia
- Etapa de Cambio

Glosario

- OC = Orden de Cambio
- TP = Transferencia de Presupuesto
- CA = Cambio de Alcance
- ADT = Aviso de Tendencia
- SFA = Solicitud de Fondos Adicionales

10.4. Anexo D – Formulario Aviso de Tendencia

		Aviso de Tendencia (ADT)	
ADT Number:	<input type="text"/>	Fecha:	<input type="text"/>
Título del Cambio: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Originador: <input type="checkbox"/> Owner Team <input type="checkbox"/> Externo Especificar: _____			
Razón	<input type="checkbox"/> Solicitud del Owner Team <input type="checkbox"/> Cambio en Diseño Ingeniería <input type="checkbox"/> Re-Trabajo <input type="checkbox"/> Ommisión en la Estimación <input type="checkbox"/> Información del Vendor <input type="checkbox"/> Otro	Descripción de la Tendencia <div style="border: 1px solid black; height: 80px;"></div>	
<u>Impacto Directo</u>			
	Descripción	Horas Estimadas	
Alcance	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Costo	<input style="width: 80%;" type="text"/>	<input style="width: 20%;" type="text"/>	
Programa	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
S & SO	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Impacto Organizacional	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
<u>Impactos Indirectos</u>			
Ejemplo: - Regulatorios & Estatutos - Campamento - Interdisciplina - Labour - Supervisión - Reclutamiento - Entrenamiento - Moral - Interferencia con Contratistas - Calidad			
<u>Firmas de Solicitud</u>			
	Nombre	Firma	Fecha
Originador	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Gerente de Área Involucrada	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>
<u>Categorización del Cambio</u>			
Tipo de Cambio	<input type="checkbox"/> Requerido <input type="checkbox"/> Electivo	Calificación del Cambio	<input type="checkbox"/> Orden de Cambio <input type="checkbox"/> Transferencia de Presupuesto <input type="checkbox"/> Cambio de Alcance
<u>Autorización de Firmas</u>			
Se Procede con el Cambio?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	Justificación: <input style="width: 100%;" type="text"/>	
	Nombre	Firma	Fecha
Gerente de Proyecto	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>

10.6. Anexo F - Lecciones Aprendidas Ejecución

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Dotación de equipo de supervisión de construcción en terreno fue insuficiente.	Equipo debe ser suficiente para validar la información entregada por las empresas de Ingeniería y Contratistas de Construcción.	Impacto en comunicación y desarrollo de los procesos. Falta integración y homologación de estándares. Contratista tiene mayor implicancia en las decisiones.	Ahorro inicial de CAPEX Ausencia de un estándar definido por AMSA	Negativa
Implementar sólo equipo Owner en el área de Abastecimiento y Contratos	Por restricción presupuestaria se consideró un equipo de Abastecimiento y Contratos que no fue suficiente para cumplir con los compromisos. Fue necesario el apoyo de empresas colaboradoras.	Potencial exposición de información privilegiada.	CAPEX. Restricción de presupuesto Owner.	Negativa
Área de Calidad debe ser acorde a la envergadura del Proyecto.		Demora en la finalización del proceso de revisión y aprobación de la documentación para cumplir con el cierre programado. Procesos internos sin la participación ni validación del área.	CAPEX. Dependencia debe ser directa del GP.	Negativa
La dotación de SSO que realiza la fiscalización debe ser Owner		Responsabilidad legal sobre las materias de seguridad. Mayor cuestionamiento por parte de la fiscalización.	Restricción de presupuesto Owner.	Negativa
Sistema de turnos 10x10		Ayudo en temas de RRLL, y ahorro costos al proyecto		Positiva
Cohesión del grupo del proyecto		Buena integración del equipo OXE		Positiva
Sistema de control de acceso		Entrega de registro de conteo de acceso		Negativa

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Calidad de los programas de los proveedores.	Deficiente control de avance de las fases de fabricación de los proveedores. (Aprobación de Ing., Presupuestos, etc.)	Atrasos en los programas de construcción, lo que se traduce en incremento de costos.	Falta de metodología de control.	Negativa
Acreditaciones	Se requiere que los plazos reales de acreditación sean incorporados en el proceso de licitación.	Impacto el programa.	Falta de dotación para el control del proceso de acreditaciones.	Negativa
Experiencia en CAPEX empresas Ing.	Se requiere que las empresas de ingeniería tengan experiencia en CAPEX.	Mala estimación de HH y Costos.	Falta de experiencia de las empresas de ingeniería en la generación de CAPEX.	Negativa
Metodología de Back Charges	BACK CHARGES.	Doble costo de algunos ítems donde no se pudo cobrar Back Charges.	Implementación tardía de la metodología de Back Charges.	Negativa
Estimación del CAPEX.	Cumplimiento con el % de exactitud de la clase de estimación.	Dentro del rango de estimación para un CAPEX clase 3. (+- 10%)	Trabajo en equipo en las negociaciones. Control y revisión de los presupuestos adicionales, forecast. Aprovechamiento de Mercado.	Positiva
Gestión de presupuesto, licitaciones y cubicaciones.	Buena gestión de licitaciones, presupuestos adicionales.	Contención de costos.	Equipo formado para la revisión de licitaciones. Equipo de estimaciones y cubicaciones para la revisión de adicionales.	Positiva
Proceso de inducción hombre nuevo continuo durante todo el Proyecto.	Primera etapa del Proyecto con personal dedicado de manera exclusiva al proceso de inducción	Disponibilidad inmediata del personal para iniciar los servicios en tiempo.	Gestión administrativa.	Positiva
Incorporación de credenciales de acceso como evidencia de ODI.	Accesos controlados e identificados del personal. Consistentes con la obligación de informar.	Control efectivo.	Gestión administrativa.	Positiva
Programas generales (master con incorporación de precom y com)	Los programas deben ser construidos por las áreas de	El programa no se utiliza y se pierde control.	Áreas de ejecución no se involucran en la confección de programas	Negativa

	ejecución, con el soporte de P&C y no al revés.			
--	---	--	--	--

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Rápida implementación del Modelo de Gestión Operativa de Riesgos.	Puesta en marcha del cambio del modelo de Seguridad AMSA al interior del Proyecto en tiempo y Calidad.	Alineamiento rápido en las directrices corporativas		Positiva
Problemas de acceso a la información del Proyecto por capacidad de redes (TICA).	Capacidad de red insuficiente.	Excesivo tiempo a la información y retrasos en los tiempos de respuesta.		Negativa
Contrato integrado de soporte técnico administrativo.	Los servicios de apoyo administrativo y técnicos estaban divididos en varios contratos con distintas tarifas y sin supervisión.	Altos costos por tarifas con lastos, incumplimiento de ley de subcontratación, atomización de los servicios.	Mala definición de estrategia de contratación.	Positiva
Abastecimiento en etapas críticas.	No existe un proceso especial de abastecimiento para etapas críticas como paradas de planta, comisionamiento y fallas en procesos.	Plazo y riesgo de producción.	De acuerdo con los procedimientos de abastecimientos se debe seguir el proceso normal de compra, con todas sus etapas.	Negativa
Equipo de Claim desde el inicio de los contratos.	Falta de planificación en la inclusión del equipo de Claim.	Costos.	Falta de recursos.	Negativa
Topografía actualizada y levantamiento de interferencias.	No se contó con la topografía necesaria para el inicio de la ingeniería de detalles, lo cual retrasó el inicio de la misma.	Retraso en término de la ingeniería. Mayores costos.	Descoordinación por parte del grupo de ingeniería. Información errónea por parte de Centinela de la calidad de información entregada y dificultad para acceder a ejecutar trabajos complementarios de topografía.	Negativa
Información Vendor a tiempo.	No se consideró en la programación de la ingeniería de detalle la llegada de información Vendor	No fue posible hacer el cierre de las ingenierías correctamente no la fecha programada. Luego, quedó un total aprox	No se consideró el tiempo necesario de desfase entre compras e ingeniería para contar con la información necesaria.	Negativa

	certificada, para el cierre completo de la ingeniería.	de 600 documentos de ingeniería con pendientes	Además, la revisión de ingeniería fue lenta y lo mismo con la devolución de los Vendor.	
Falta de coordinación entre contratistas de ingeniería.	Se contrató 7 empresas de ingeniería de distintos estándares y tamaños. Esto produjo que existieran diferencias de criterios de información entre los distintos productos entregables.	- Mayor esfuerzo en coordinación por parte de AMSA - Mayores consultas de parte de empresas contratistas de construcción al recibir esta información	No visualización de las consecuencias de la contratación de distintas empresas de ingeniería para la ejecución de los trabajos.	Negativa

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Incorporación de personal responsable de ejecución en etapas de tempranas	Se requiere incorporar las personas calificadas por disciplina para lograr un control de acuerdo con el programa (elaboración y ejecución)	Retrasos en el programa del proyecto, o adecuaciones tardías del programa una vez incorporados los responsables de cada área.	El programa no incluye los enlaces interdisciplinas, esto permite tomar decisiones importantes de acuerdo con los hitos del programa	Negativa
Soporte de ingeniería (6 empresas).	No se logró la coordinación necesaria de las empresas de ingeniería de soporte para la coordinación de las revisiones. Además los servicios no fueron licitados, pudiendo obtenerse tarifas más bajas.	- Retraso en revisiones y devolución a contratistas. - Sobre costo por extensión de contratos de soporte.	- Subestimación del staff y del trabajo a realizar. - Falta de licitación de servicios oportunamente. - Falta de dirección y alineamiento de las empresas de soporte.	Negativa
Generación de las caminatas del Equipo Cero Accidente.	Incorporar la mirada de distintas áreas a materias de SSO, potenciando el liderazgo visible y manejo de controles críticos aplicados por la compañía.	Conocimientos transversales de las materias de SSO aplicadas por la Cía.	Gestión administrativa.	Positiva

Factibilidad

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Calidad del programa de los contratistas	Se requiere un itemizado bien definido para tener un real programa de control.	Mala estimación inicial de los plazos y costos requeridos. Gran cantidad de cambios en los contratos.	Baja dotación del equipo de ingeniería para la revisión de MTO y generación de Itemizados.	Negativa
Herramientas de gestión en el manejo de materiales	Falta de sistema/software que permita controlar los procesos de compra/activación/logística/bodega /despacho de forma integrada	Falta de suministro, entregas erróneas, duplicidades de compra, pérdida de materiales	Falta de software de administración del proceso	Negativa
Estrategia de contratos y compras	El Plan original de contratos y compras no consideró la totalidad del alcance el proyecto	Cambios en contratos para complementar alcances. Aumento excesivo de número de contratos y OST. Falta de recursos del dueño para administrar.	No existió una visualización temprana de los requerimientos del proyecto.	Negativa
Alcances de Contratos y OC incompletos	Alcances no consideraron todo el alcance esperado, con distintos criterios dados las distintas empresas de ingeniería	Cambios en contratos para complementar alcances. Aumento excesivo de número de contratos y OST. Falta de recursos del dueño para administrar.	Ingeniería atomizada en distintos contratos con diferentes criterios, falta de estandarización	Negativa
Estimación de staffing AMSA necesario	Insuficiente staff AMSA de ingeniería proyectado para el desarrollo de las tareas, para soportar la estrategia definida por el proyecto	- Atraso general del cierre de la ingeniería - Mayores costos a los proyectados, por contratación de empresas de soporte para la revisión	- Excesiva cantidad de empresas de ingeniería contratadas para el desarrollo de la misma (7 en total) generó un trabajo de coordinación no proyectado - Falta de definición del límite de batería de las revisiones	Negativa
Nivel de ingeniería "Avanzada apta para construcción"	Se creyó y solicitó que la ingeniería de factibilidad tuviese un nivel de detalle mayor a lo estándar, lo cual fue comprometido así por algunas empresas, pero en la realidad no se ejecutó	- Generó expectativas no cumplidas - Impactó en la subestimación de la ingeniería de detalles	No definición clara del alcance de las ingenierías contratadas y mal entendimiento de lo ofertado por ellas	Negativa

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Definición de procesos y estándares AMSA	Al momento del inicio de la ingeniería de factibilidad, no se encontraban definidos los procedimientos ni formatos para procesos de compras y contratos. Tampoco la entrega de la información de ingeniería para las distintas áreas del proyecto	- La información final entregada por ingeniería para CAPEX y otras estimaciones no en todos los casos cumplió con el requerimiento de las distintas áreas - Retraso en la implementación de los procesos	Este proyecto es el primero que AMSA ejecuta directamente como EPCM, por lo cual no había una estructura de soporte clara y ordenada al momento del inicio de los trabajos.	Negativa
Revisión detallada de CAPEX	No se realizó una revisión detallada del CAPEX por parte de las distintas disciplinas, con el fin de determinar errores y corregir en forma oportuna	Problemas posteriores en la etapa de ejecución respecto a las asignaciones de CAPEX a contratos.	No se priorizó por la gerencia de ingeniería dentro de las tareas del grupo	Negativa
Definición de niveles de control WBS para contratistas	Existieron distintos criterios para la entrega de información por parte de los contratistas de ingeniería en relación con los niveles (WBS) de entrega de información, lo cual dificultó el seguimiento de planos, cubicaciones, CAPEX, etc.	Dificultó al área de construcción la identificación de planos por cada una de las áreas, además de la vinculación de la información de planos y cubicaciones con contratos, OC y CAPEX en general	No hubo una definición clara desde un comienzo, y se adoptó un criterio que no fue el más óptimo para el desarrollo del proyecto	Negativa
Sistemas de apoyo al desarrollo de ingeniería	Sistema de control de documentos fue implementado tardíamente (Meridian), luego de la implementación fallida de sistema anterior (Aconex)	- El proceso de revisión de entregables fue lento y nunca pudo regularizarse por completo. - La información Vendor no fue subida el sistema para revisión, complicando su revisión.	El sistema inicial, fue seleccionado por área no usuaria, luego tuvo que ser reemplazado El sistema definitivo fue implementado al inicio de la etapa de ejecución, lo cual fue tardío.	Negativa
Cambios de alcance del proyecto (planta de chancado, sistema potabilización de agua, etc.)	La modificación de la planta de chancado afectó el plan de ingeniería de detalle, generando un retraso y sobre costo de la misma	Retraso en la ingeniería Costos adicionales no considerados	No realizar una evaluación detallada del impacto del cambio en términos de tiempo y costo	Negativa

Nivel de ingeniería "Avanzada apta para construcción"	Se creyó y solicitó que la ingeniería de factibilidad tuviese un nivel de detalle mayor a lo estándar, lo cual fue comprometido así por algunas empresas, pero en la realidad no se ejecutó	Generó expectativas no cumplidas Impactó en la subestimación de la ingeniería de detalles.	No definición clara del alcance de las ingenierías contratadas y mal entendimiento de lo ofertado por ellas	Negativa
---	---	--	---	----------

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Control detallado de cubicaciones	Se requiere que las cubicaciones tengan un nivel de detalle acorde al nivel de avance de la ingeniería. (Red Incendio / Supresión de Polvo / R.O).	Mayor cantidad de revisiones del dueño para lograr una buena estimación en los costos directos. Impacto en el nivel de contingencia. Impacto en cantidad de compras.	Falta de experiencia de las empresas de ingeniería en la generación de CAPEX. Falta de dotación del Owner para revisión temprana del CAPEX.	Negativa
Comunicación con Centinela	Temprana definición de alcance (SIAM, Impulsión de Refino a Pila MCO)	Compras de suministros innecesarios, Compras tardías, impacto en el plazo y en los costos.	Cambio de actores por parte del cliente (MET, ESP, CEN) y cambio de criterios.	Negativa
Elección contratistas	El sistema de evaluación de la licitación no permitió prever que contratistas no fueron capaces de realizar la tarea	Impacto en programa, mayor uso de recursos del dueño, cambios al alcance, mayores costos, etc.	Sistema de evaluación no detecta fallas fatales.	Negativa
Rol del AC antes de Ralentización	El AC era el gerente de construcción o gerentes de área	Menor capacidad para responder cartas y cumplir con obligaciones administrativas	Mala estrategia de definición de roles	Positiva
Rol del Administrador del Contrato	Las responsabilidades establecidas en los distintos procedimientos son muchas para el AC, pero sin la autoridad ni los recursos para cumplirlas	definición de roles y responsabilidades para esa función	Falta de definición de roles	Negativa
Entrega de información Vendor	Falta de entrega oportuna de información por parte de los Vendor,	Inconvenientes para cerrar ingeniería de detalle	Mala definición del alcance en las órdenes de compra. Falta de condiciones comerciales que obligue la entrega	Negativa
Servicios de asistencia técnica	No se negoció en conjunto con las Ordenes Contrato el servicio de asistencia técnica	Menor capacidad de negociación de tarifas	Mala definición de estrategia de contratación	Negativa

Ingeniería de Detalle

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Tiempos necesarios para el desarrollo de cada etapa de ingeniería.	Se inicio las siguientes etapas del proyecto sin tener completa la ingeniería de detalle.	En compras y programa. Que finalmente impactan en costos	La no completitud impactó en tener que rehacer compras, gastos adicionales y tiempos de espera mayores a los estimados.	Negativa
Partidas de construcción.	Los listados de partidas entregados a los contratistas (ECO) no fueron adecuados para el control de todas las áreas.	Aumentos de costo y plazo.	Ingeniería incompleta.	Negativa
Alcances de compras de los contratistas.	No quedó bien definido qué compraba el contratista y qué el dueño.	Costos y plazo.	Se tuvo que hacer compras no consideradas en el programa ni en el CAPEX.	Negativa
Sistema de gestión de cambios.	Los cambios no fueron correctamente analizados ni informados en todos los casos.	Aumento de costo y plazo	Al no existir un sistema de gestión de cambios más rígidos, existieron muchos cambios que impactaron.	Negativa
modelo 3D	no se contó con modelo 3D ni un sistema que integrará las distintas disciplinas para detectar interferencias	se generaron interferencias, y no estaban todas las cubricaciones en detalle. Información a destiempo	no se consideró por ahorro de costos del proyecto	Negativa
modelo 3D	modelo realizado en SX para las paradas de planta.	ayudo a que los tie-in se realizaran en los tiempos estipulados		Positiva
ingeniería de Vendor especialistas	se encontraron errores en la ingeniería Vendor, que han implicado problemas en el funcionamiento de la planta	retrasos en la puesta en marcha	restricción presupuestaria	Negativa

Licitación

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Cambios de estándares de contratistas post ralentización	cambios en la selección de contratistas	plazo	restricción presupuestaria	Negativa
Elección de contratistas especializados, como EMIN	Experiencia comprobada en colocación de impermeabilización y sistema de drenaje colección pila y piscinas	Calidad en la ejecución y tiempo de respuesta	Contratista idóneo	Positiva
Elección de contratistas más baratos, no expertos	como OGM	el contratista no cumplió con alcance	Falta de capaz y experiencia.	Negativa
proceso de evaluación y selección de contratistas	el proceso de evaluación no fue efectivo en todos los casos.	calidad de trabajo, tiempo y costo	restricción presupuestaria	Negativa

Puesta en Marcha

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Estrategia de equipo de precomisionamiento	La adecuada elección de especialistas con experiencia comprobada en precomisionamiento y PEM ha cubierto deficiencias del contratista.	Costo y programa	Estrategia de contratos sin EPCM Obliga al dueño a contar con un equipo de especialistas de precomisionamiento que integren los diferentes sistemas para las pruebas funcionales	Positiva
Incorporación temprana de personal operación (buena elección de Personal CEN)	Como estrategia de PEM y con el objetivo de realizar las capacitaciones e involucramiento del usuario final, se incorporó el staffing de operaciones y mantención en turno y contra turno.	Asegura una buena puesta en marcha (alcance)	Apoyada por capacitación del personal	Positiva
Entrada tardía de Líderes de Operación en la etapa de Ingeniería	La experiencia de especialistas de operaciones durante la fase de ingeniería asegura anticipar contingencias propias de esta fase con la oportunidad de optimizar los diseños	Operación y PEM	Mantenibilidad y operaciones	Negativa
Involucramiento desde Operaciones durante el termino de montaje.	La participación de representantes del dueño asegura la captación de puntos que puedan afectar la operación y mantención mientras se encuentra vigente la etapa de montaje			Positiva
Exigir junto con el plan de inspección y ensayos, todos los protocolos de pruebas de construcción necesarios para inicio del PRECOM	Atrasos en la recepción y entregas de sistemas por falta de evidencias objetivas de pruebas, ensayos y mejoras			Negativa

Lección Aprendida	Descripción	Impacto	Causa	Tipo de lección
Asegurar difusión y entendimientos de procedimientos, (ADS) a representantes de construcción, precomisionamiento, comisionamiento y usuario final.	El desconocimiento de la fase de construcción o prueba en que se encuentra cada subsistema genera riesgos de seguridad para las personas e instalaciones			Negativa
Asegurar la entrega de planos red-line en cada termino de obra de construcción o asesoría Vendor, facilita la información base para planos as-built	problemas detectados al momento de transferir activos al dueño por no contar con los registros red line necesarios para emisión de planos as-built			Negativa
No hay control de medición de agentes de riesgos del personal de centinela (SALUD)	Durante la etapa de PEM se debería considerar la evaluación de los agentes de riesgos para el control y gestión de salud ocupacional del personal expuesto.		falta de levantamiento de riesgos en el mapa de la planta.	Negativa
Establecer una matriz de roles y responsabilidades durante proceso de pruebas, facilita el proceso de handover	Identificación clara de roles y responsabilidades en cada fase de pruebas del proyecto.			Positiva
Funciones de rol del dueño en manos de terceros (JEJ HS)	Roles de supervisión de pruebas a cargo de terceros	Riesgo de responsabilidad subsidiaria de contratistas y contratistas falta al accountability	Problemas legales de subordinación	Negativa
Incertidumbre del cumplimiento de las fechas del plan del proyecto	Reiteradas reprogramaciones del plan de pruebas en base a atrasos y programa del contratista de montaje	Costo, Plazo	Demora o atraso de las fases previas	Negativa
Talleres de transferencias (Proceso Handover) de sistemas y subsistemas en etapas tempranas al usuario	Se realizaron talleres que han aportado valor en la gestión de transferencias de sistemas, subsistemas y facilities al usuario final.		Realización continua de talleres	Positiva

10.7. Anexo G - Estándares de Riesgo AMSA

Nivel	Factor de Impacto Económico			Tiempo de retraso proyecto	Seguridad	Salud Ocupacional	Medio Ambiente	Políticas y Cumplimiento Legal	Reputación y Entorno Socio-Económico
	CAPEX	OPEX	Promesa del Proyecto						
1	3% - 5% Insignificante	< 1%	< 3%	2 semanas por año	Accidente menor que no requiere tratamiento médico	Enfermedad ocupacional que no requiere tratamiento médico	Daño limitado a un área reducida con poca significancia y fácil de reparar.	Transgresiones o incumplimientos que, se estimen, no darán lugar a sanciones monetarias.	Impacto menor o sin inconveniencia para la comunidad en el área afectada. Sin cambio socio-económico.
2	3% - 5% Menor	1% - 3%	3% - 5%	3 semanas por año	Accidente menor que requiere tratamiento médico (STP)	Enfermedad ocupacional que requiere tratamiento médico o asistencia de un especialista (STP)	Daño ambiental menor, localizado y reversible.	Transgresiones o incumplimientos que se espera tengan una sanción o resultado adverso inferior a un 0,15% del EBITDA.	Molestia pública en la comunidad afectada. Cambio socio-económico menor.
3	5% - 8% Moderado	3% - 5%	5% - 7%	1 mes por año	Accidente que requiere tratamiento médico (CTP) Accidente que cause incapacidad temporal Accidente que cause incapacidad permanente menor a un 40%.	Enfermedad ocupacional que requiere tratamiento médico o asistencia de un especialista (CTP) Enfermedad ocupacional que cause incapacidad temporal Enfermedad ocupacional que cause incapacidad permanente menor a un 40%	Daño moderado, de efecto de corto plazo y reversible.	Transgresiones o incumplimientos que razonablemente puedan llevar a una formalización penal o se espera tengan una sanción o resultado adverso entre un 0,15%-3% del EBITDA.	Atención médica local limitada y/o molestia pública en la comunidad afectada. Cambio socio-económico limitado.
4	8% - 20% Mayor	5% - 10%	7% - 10%	20% del tiempo estimado por año	Accidente que causa una incapacidad permanente mayor a 40% o una fatality	Enfermedad ocupacional que cause una incapacidad permanente mayor a 40% o una fatality	Daños ambientales con efectos en el mediano plazo, extenso y reversible.	Transgresiones o incumplimientos a normas de la ley 20,383, Antiribbery Act o similar, que razonablemente puedan llevar a una condena penal o se espera tengan una sanción o resultado adverso superior a un 3% del EBITDA.	Titulares de alcance nacional, impacto serio a la relación con las comunidades. Atención de ONG's de alto nivel. Cambio socio-económico significativo.
5	20% - 40% Catastrófico	> 10%	10% - 25%	25% del tiempo estimado por año	Accidente que cause fatalityes múltiples.	Enfermedad ocupacional que cause una incapacidad permanente mayor a un 40% o una fatality	Daño ambiental grave al ecosistema con impacto a largo plazo, extenso e irreversible.	Transgresiones o incumplimientos que razonablemente puedan llevar a una suspensión, revocación o pérdida de los permisos para operar.	Titulares de alcance internacional, relación con las comunidades internungadas. Atención de ONG's de nivel significativo. Cambio socio-económico masivo.

Tabla de Evaluación de Probabilidad de Ocurrencia de un Riesgo		
Nivel Criticidad	Cualitativo	Cuantitativo
1	Sólo en circunstancias extremas	Una o dos veces cada 50 años
2	No ha sucedido todavía pero podría suceder	Una o dos veces cada 10 años
3	Podría suceder y ha sucedido aquí o en otra Compañía	Una o dos veces al año
4	Podría suceder fácilmente	Una vez al mes o más
5	Pasa a menudo	Una vez a la semana

10.8. Anexo H – Sistema de Reporte de Control de Costos

