UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

VALPARAISO - CHILE

"Gestión de confiabilidad en el ciclo de vida de proyectos a través de la sistematización de las lecciones aprendidas"

MARIO HELAMAN DIAZ ALONSO

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERIO CIVIL MECÁNICO MENCION PRODUCCIÓN

PROFESOR GUIA:	**ING.RENÉ VALDENEGRO OYANDER**
PROFESOR CO-REFERENTE:	**DR.ING. PEDRO SARIEGO PASTÉN**
PROFESOR CO-REFERENTE (Empresa):	**ING. NELSON VILLALOBOS**

JULIO– 2018

“Material de referencia, su uso no involucra responsabilidad del autor o de la institución”

Agradecimientos

Primeramente quiero dar las gracias a la persona más importante de mi vida, a mi adorada esposa Ángela, por apoyarme durante toda esta aventura lejos de casa, por dejar su trabajo y acompañarme a vivir en el norte de chile donde realice la memoria, por esperarme feliz después de unos días sin vernos todos los jueves cuando se acababa el turno, gracias por ser mi motivación y mi alegría. También agradecer a todas las personas que de manera directa o indirecta me apoyar y creyeron que tendría éxito, porque cada palabra de aliento o señal de confianza ayudaba. Dar las gracias a mi familia que desde pequeño me dieron lo mejor que pudieron, educaron y enseñaron para llegar a este punto, a mi mama Marcelina que aunque estricta me amaba más que nada, y a mi papa que con orgullo llevo su mismo nombre, que fue mi ejemplo a seguir y mi principal profesor en la ingeniería mecánica y a mis abuelos que me alojaron dos veranos consecutivos para que pudiera hacer las practicas. A mis profesores que me formaron y compartieron su conocimiento durante estos 6 años de carrera universitaria. Agradecer a mis compañeros que hicieron amena la estadía en la casa de estudios, al Gerardo por enseñarme como agilizar los procesos de la universidad, recibirme en su casa el primer mes de la memoria y siempre estar para ayudar.

Agradecer también a Minera Escondida que me ofreció la oportunidad, donde pude aprender del mundo de los proyectos, a todos los de la gerencia de proyectos, a mi Tutor Don Nelson Villalobos, que siempre se hizo el tiempo, entre tantas cosas para enseñarme y ayudarme en el desarrollo del trabajo y a mi jefe, Patricio Cifuentes que no dejo de apoyarme y motivarme hasta terminar.

Y sin olvidar, agradecer a mi profesor guía Don Rene Valdenegro, por su ayuda, comprensión y tiempo ofrecido a la distancia, por motivarme a titularme luego y avanzar en el desarrollo de mi memoria.

A mi amada esposa Ángela, que estuvo ahí conmigo durante todo este trabajo, porque fue mi motivación y felicidad.

Para mi Papa, porque no hay nadie que se sienta más orgulloso con mis logros que él y a mi Mama, porque todos sus esfuerzos rindieron fruto.

A mi hermanita Catita, porque sé que cuando crezca querrá ser ingeniería y también para la Puly y la Vale porque también las quiero mucho.

Y a mi primo Patricio, a quien le deseo lo mejor y que se titule luego.

Resumen

Este presente trabajo tiene por objetivo diseñar e implementar una herramienta de mejora continua a través de un sistema de gestión que permita aumentar la confiabilidad en el ciclo de vida de los proyectos, basado en la sistematización de lecciones aprendidas obtenidas de proyectos anteriores. El estudio, diseño e implementación se realiza dentro de una organización real, más específicamente dentro de la vicepresidencia de proyectos en BHP Minera Escondida Ltda.

La tendencia moderna es que las organizaciones utilicen un amplio número de tecnologías integradas al área de confiabilidad, donde se destaca la "Confiabilidad Humana" como requisito indispensable para gestionar el conocimiento (KM) y tomar las decisiones más acertadas desde las etapas tempranas de los proyectos. Se selecciona un modelo KM como metodología de trabajo para el diseño e implementación de un proceso de gestión de lecciones aprendidas, el cual consta de 4 fases, estas son: 1) Estudio de infraestructura existente en la organización, 2) Diseño del sistema de gestión del conocimiento, 3) Implementación del sistema de gestión diseñado, y 4) Evaluación de resultados.

Se realiza el estudio de temas como la Confiabilidad, gestión del conocimiento, la gestión de proyectos y lo que son las lecciones aprendidas tanto fuera, como dentro de una organización. Se analizara la gestión de proyectos dentro de Minera Escondida Ltda., la infraestructura existente en gestión de lecciones aprendidas y se analizan las razones causa-efecto del por qué esta no genera el valor que se espera dentro de la organización.

Se diseña la herramienta de mejora continua mediante la gestión de las lecciones aprendidas, considerando actividades, entregables y responsables, capturando lecciones que apliquen al diseño, ejecución, comisionamiento, mantenibilidad y confiabilidad del proyecto, proponiendo un cambio en la manera que se realizan los talleres, y la manera en que las lecciones aprendidas son aplicadas en los proyectos, centrándose en encontrar soluciones y asignar tareas. Se crea una base de datos interactiva de lecciones aprendidas a partir del estudio de documentos, entregables y eventos de proyectos anteriores.

Se documenta la implementación del modelo de gestión en un proyecto real, se analiza su desarrollo y resultados obtenidos. Se realiza una estimación del impacto económico positivo que tendrá para la compañía la implementación del sistema de gestión de lecciones aprendidas propuesto.

Abstract

The objective of this work is to design and to implement a continuous improvement tool, by using a Management System that increases the reliability during the life cycle of projects. This work is based on the systematization of the lessons learned from older projects. The research is designed and implemented out of a real company, the Project Vice-Presidency of BHP Minera Escondida Ltda.

Is a modern trend for the companies to use a big number of technologies integrated with the reliability area. The Human Reliability is a requirement for knowledge management and for taking the best decisions since early project phases. It was made a lesson learned Management System using a methodology consisting of four phases which are applied during the development of this research. The four phases are as follow: : 1) Research of the real infrastructure of the organization; 2) Design of the Knowledge Management System; 3) Implementation of designed Management System; 4) Results and evaluation.

Reliability, Knowledge Management, Project Management, and lessons learned are analysed in this research, inside and outside of the company. It is analysed the Project Management in Minera Escondida Ltda., its infrastructure and the infrastructure in management of lessons learned and the cause-effect reasons why it does not generate the expected value within the organization.

It was designed a continuous improvement tool through the lesson learned management, with activities, deliverables, events and responsible, capturing lessons that apply to the design, execution, commissioning, maintenance and reliability of the project, proposing a change in the way of how the lesson learned meetings are made, focusing in finding solutions and assigning tasks. It is created an interactive lesson learned database, from the study of documents, deliverables and activities made in previous projects.

The implementation of the model management in real projects are to be analyzed in it's development and to document it's results. Economically, this will be a positive impact for the company, to implement the lesson learned management system.

Glosario

Asset Project	Proyectos de capital, este término se utiliza para referirse a los proyectos en Estudio o ejecución de Minera Escondida Ltda.
CAPEX	“Capital expenditure”, inversiones y gastos de capital.
CLC	Concentradora los Colorados
Confiabilidad	Es la capacidad o probabilidad de que un producto, proceso o sistema para realizar una función en un ambiente especifico por un determinado periodo de tiempo o eventos.
Data base LL	Base de datos de lecciones aprendidas, Almacenamiento de información histórica y lecciones aprendidas, tanto de los resultados de decisiones de selección de proyectos anteriores como de desempeño de proyectos anteriores
FEL	“Front-End Loading”, metodología la cual mide el nivel de definición de un proyecto.
HH	“Horas Hombre”, cantidad de horas de trabajo que se asignan a una tarea específica
HoP	“Head of Project”, Vicepresidencia de proyectos Minera Escondida, área encargada del estudio y ejecución de los proyectos en la empresa.
KM	Gestión del conocimiento (“Knowledge Management”)
KoM	“Kick of Meeting”, Reunión en conjunto con la empresa de ingeniería adjudicada, da inicio al desarrollo y diseño de entregables.
KPI	“Key performance indicator”, indicadores clave de desempeño
LL	Lecciones Aprendidas (“Lessons Learned”), el conocimiento adquirido durante un proyecto el cual muestra cómo se abordaron o deberían abordarse en el futuro los eventos del proyecto, a fin de mejorar el desempeño futuro.
Mejora Continua	Actividad recurrente para mejorar el desempeño, es parte de la gestión de calidad y está orientada a aumentas la capacidad de cumplir con los requisitos de calidad.
MEL	Minera Escondida limitada
OFW	“Opportunity Framing Workshop”, reunión donde se “enmarca” el proyecto, se determinan los alcances y objetivos a cumplir.

PDN	“Potencional Desviation note”, nota de desviación potencial, este documento se utiliza para informar y evaluar una desviación en CAPEX o Schedule (plazo) del proyecto.
PEP	“Project execution plan”, plan para la ejecución del proyecto.
PIR	“Post Investment Review”
RFI	“Request for Information”, requerimiento de información, documento utilizado por las empresas externas para solicitar información o modificaciones en un proyecto.
RLL	Taller de rescate de lecciones aprendidas (“Rescue Lessons Learned”)
SOW	“Scope of work”, informe de alcances del proyecto
Stakeholder	“Interesado” o “parte interesada”, se refieren a todas aquellas personas u organizaciones que afectan o son afectadas por las actividades y las decisiones de una empresa o proyecto.
SWP	“Study work plan”, plan de trabajo para las fases de estudio del Proyecto
Template	Formato, tabla o plantilla destinada a ordenar información
TI	Tecnologías de información
VIP	“Value improving practice”, mejores prácticas que agregan valor al proyecto

Índice

Agradecimientos ii
Resumen iv
Abstract v
Glosario vi
Índice de Tablas xi
Índice de Ilustraciones xii
1) Introducción 1
2) Objetivos 2
2.1 Objetivos Generales 2
2.2 Objetivos Específicos 2
3) Alcances 3
4) Marco Teórico 3
4.1 La Confiabilidad 3
4.1.1 La Confiabilidad en las etapas tempranas de un proyecto 5
4.1.2 La Ingeniería de Confiabilidad Operacional 8
4.1.3 La Confiabilidad Humana 10
4.2 Gestión de Conocimiento 12
4.2.1 El porqué de la Gestión del conocimiento 12
4.2.2 Modelos para la gestión del conocimiento 14
4.2.3 Factores clave de éxito en la gestión del conocimiento 18
4.2.5 Reutilización del Conocimiento 20
4.3 La Gestión de Proyectos 21
4.3.1 Los Interesados del Proyecto 22
4.3.2 Ciclo de vida de un proyecto 23
4.4 Gestión de Calidad 27
4.4.1 Definición de Gestión de Calidad 27
4.4.2 Los Principios de la Gestión de calidad 28
4.4.3 Enfoque en los procesos: 28
4.4.4 Mejora continua 30

4.5 Lecciones Aprendidas 33
4.5.1 La importancia de las lecciones aprendidas 33
4.5.2 Caracterización y documentación de lecciones aprendidas 34
4.5.3 Barreras y beneficios de las lecciones aprendidas 36
4.5.4 Sistematización y aplicación de las lecciones aprendidas 37
5) Metodología de trabajo 40
5.1 Gestión de proyectos en Minera Escondida 41
5.1.1 Contexto y Descripción de la Organización 41
5.1.3 Proceso de Gestión de proyectos 43
5.1.4 Ciclo de vida de los proyectos en Minera Escondida 45
5.1.5 Las lecciones aprendidas, VIPs en BHP 52
5.2 Identificación del problema 53
5.3 Diseño del sistema de gestión de lecciones aprendidas 56
5.3.1 Benchmarking 57
5.3.2 Gestión de lecciones aprendidas durante estudio de proyectos 63
5.3.2 Gestión de lecciones aprendidas durante Ejecución de proyectos 68
5.3.3 Aplicación y captura de lecciones aprendidas durante la Operación: 72
5.4 Recopilación de lecciones aprendidas 73
5.4.1 Método de captura de lecciones aprendidas 73
5.4.2 Template de lecciones aprendidas 74
5.4.3 Generación de base de datos de lecciones aprendidas 77
6) Implementación del sistema de Gestión 80
6.1 Aseguramiento de Calidad en el modelo a implementar 80
6.2 Responsabilidades 81
6.3 Actualización de documentos: 84
6.3.1 Manual de ingeniería para proyectos Asset Project 84
6.3.2 Manual de procedimientos ingeniería de enlace y terreno 85
6.3.3 Bases técnicas de licitación para nuevos proyectos 86
6.3.4 Nuevos documentos 87
6.4 Implementación de modelo de gestión LL en proyecto piloto 88

6.4.1 Proyecto "Cambio de variadores de frecuencia CLC" 88
7) Resultados 91
7.1 Resultados en implementación proyectos piloto 91
7.1.1 La importancia de la Cultura dentro de la organización 91
7.1.2 Rescate de lecciones aprendidas 92
7.1.3 Durante la ejecución del taller RLL 92
7.1.4 Entrega de informe aplicación LL 93
7.1.5 Seguimiento de lecciones 94
7.2 Impacto económico de implementar el sistema de gestión 94
7.2.1 Costos asociados 94
7.2.2 Beneficio económico 95
8) Recomendaciones 99
9) Conclusiones 100
10) Bibliografía 102
ANEXO 1 Diagrama de Flujo Gestión de lecciones aprendidas 105
ANEXO 2 Diagrama de Flujo, proceso ingeniería HoP 107
ANEXO 3 Pautas desarrollo del Taller Rescate de Lecciones Aprendidas 109
ANEXO 4 Estandarización Captura de lecciones aprendidas 113
ANEXO 5 Template "Informe de aplicación de lecciones aprendidas" 117
ANEXO 6 Actualización Bases Técnicas de licitación 121
ANEXO 7 Base de datos lecciones aprendidas 125

Índice de Tablas

Tabla 4.1 Elementos que influyen sobre la confiabilidad en cada etapa del ciclo de vida de un proyecto……...5

Tabla 4.2 Principales usos y Razones para las Gestión del Conocimiento……....12

Tabla 4.3 Preguntas para capturar LL de proyectos……...……27

Tabla 5.1 Template de lecciones aprendidas PROMEC……..……..……...51

Tabla 5.2 Template Lessons Learned BHP ……...63

Tabla 5.3 Template TRACKING Lessons Learned BHP ……...……..63

Tabla 5.4 Template base de datos lecciones aprendidas……..…...75

Tabla 5.5 Template seguimiento Lecciones aprendidas.……....76

Tabla 5.6 Template Taller LL - Cierre proyecto……...77

Tabla 7.1 Actividades y entregables del sistema de gestión que generan gastos……..95

Tabla 7.2 Costos asociados a lecciones aprendidas……96

Índice de Ilustraciones

Ilustración 4.1 Costo del proyecto v/s Costo de reparación ……..4

Ilustración 4.2 Frentes de la Confiabilidad Operacional……..8

Ilustración 4.3 Estrategias de Confiabilidad Humana……..10

Ilustración 4.4 Elementos de la Gestión del conocimiento……..……..……..13

Ilustración 4.5 Pasos Modelo KM "10 Step RoadMap”……..……..17

Ilustración 4.6 Modelo del ciclo de vida del conocimiento ……..……..20

Ilustración 4.7 Relación entre los Interesados y el Proyecto……..…23

Ilustración 4.8 Niveles Típicos de costo y dotación de personal en un estructura genérica del ciclo de Vida del Proyecto……24

Ilustración 4.9 Fundamentos de la Gestión de calidad……..…..…..28

Ilustración 4.10 Elementos de un proceso ……..……..……..30

Ilustración 4.11 Ciclo de mejora continua PHVA……..…..……..…31

Ilustración 4.12 Ciclo de Gestión lecciones aprendidas y Ciclo vida proyectos BID….38

Ilustración 5.1 Timing de Gestión de Proyectos……..……..……..44

Ilustración 5.2 Ciclo de vida proyectos minera Escondida ……..……45

Ilustración 5.3 Proceso de gestión del trabajo de mantenimiento MEL……..51

Ilustración 5.4 Problemas de la gestión de lecciones dentro de minera escondida…...54

Ilustración 5.5 Esquema para Ciclo de mejora utilizando lecciones aprendidas……..56

Ilustración 5.6 Base de datos Lecciones aprendidas HATCH……..…..58

Ilustración 5.7 Metodología de gestión de LL en JACOBS……..……..59

Ilustración 5.8 Acta reunión de inicio de proyecto PROMEC……..61

Ilustración 5.9 Ciclo de lecciones aprendidas en BHP ……..……..……62

Ilustración 5.10 Diagrama flujo gestión de LL fase de Selección/Definición……68

Ilustración 5.11 Gestión y captura de lecciones aprendidas durante la Ejecución……71

Ilustración 5.12 Plataforma de búsqueda lecciones aprendidas en base de datos…...78

Ilustración 5.13 Fragmento base datos, nuevo campo: “Se obtuvo información de:"....78

Ilustración 5.14, Ciclo de actualización Base de datos LL, minera Escondida……..…79

Ilustración 6.1 Fragmento diagrama de flujo actualizado, Taller RLL……..85

Ilustración 6.2 Fotografía, Taller RLL, proyecto Cambio VDF……90

Ilustración 7.1 Fragmento documento "RLL tracking" completado durante Taller…...93

Ilustración 7.2 Porcentaje de impacto en costos proyecto a evitar utilizando lecciones aprendidas……..……..……97

1) Introducción

Hoy en día para que un empresa alcance le mejor desempeño posible utilizando los mínimos recursos, es de vital importancias aplicar las mejoras prácticas e implementar aspectos de confiabilidad y mantenibilidad desde las etapas tempranas de un proyecto, Esto dependerá el nivel de información y conocimiento que posea la organización, siendo este un factor crítico en el éxito de un proyecto.

Uno de los desafíos más grandes y que generan más valor dentro de las organizaciones es la gestión del conocimiento, es decir, aplicar la información que se tiene disponible y lograr ordenar la información útil que se posee muchas veces perdida y dispersa. Con el fin de mejorar la gestión de proyectos se utilizará una herramienta de gestión del conocimiento: las lecciones aprendidas.

En este trabajo se aborda el análisis y propuesta de mejoramiento del proceso de gestión de proyectos en BHP Minera Escondida Ltda. mediante la sistematización de las lecciones aprendidas, desde su etapa de identificación hasta la ejecución y entrega del proyecto. Se trabajara en el diseño e implementación de un sistema de gestión de lecciones aprendidas dentro del área de proyectos (HoP) de la empresa, que permita aumentar la confiabilidad de los proyectos desde las etapas tempranas del proyecto.

Las lecciones aprendidas pueden definirse como el conocimiento adquirido sobre un proceso o una o varias experiencias, a través de la reflexión y el análisis crítico sobre sus resultados y causas. Se buscara utilizar las lecciones aprendidas como una herramienta que genere valor al proyecto replicando buenas prácticas y previendo de antemano futuros problemas. Para esto se debe tener un sistema que permita aplicar y documentar dichas lecciones.

El proceso de Gestión de los proyectos de inversión de capital en Minera Escondida están dividido en fases o etapas, las cuales son Identificación, Selección, Definición, Ejecución y Operaciones, cada una de estas con alcanzables, entregables y procedimientos diferentes, que pueden verse beneficiados por la correcta aplicación de lecciones aprendidas. Dentro de la implementación del sistema será de vital importancia "Identificar las políticas, procedimientos y pasos necesarios para aplicar esta información, estableciendo un proceso de monitorio para ver que efectivamente las lecciones aprendidas están siendo aplicadas durante el proyecto". (Bennet Lientz, 2002).

2) Objetivos

2.1 Objetivos Generales

Desarrollar una herramienta de Mejora Continua para la Vicepresidencia de proyectos, Minera Escondida, se buscara aumentar la confiabilidad en ciclo de vida de los proyectos mediante el desarrollo de un sistema de gestión y sistematización de las lecciones aprendidas de proyectos anteriores.

2.2 Objetivos Específicos

En virtud de lograr cumplir con el objetivo general se abordaran los siguientes objetivos específicos:

- Identificación y Selección de Lecciones aprendidas de las distintas especialidades (especialidades mecánica-piping, civil-estructurales, eléctrica-instrumentación) en las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto.
- Capturar evidencias e identificar tendencias y relaciones causa-efecto, sugerir recomendaciones prácticas y útiles para la aplicación en el diseño y/o ejecución de proyectos multidisciplinarios.
- Recopilación de la información de Lecciones aprendidas de Proyectos de los últimos 4 años para la generación de una base de datos.
- Crear una herramienta de Gestión de la información mediante sistema interactivo de lecciones aprendidas de proyectos anteriores.
- Insertar un sub-proceso dentro del diagrama de flujo de las fases de Estudio y Ejecución de proyectos que permita garantizar confiabilidad a partir de las lecciones aprendidas de proyectos anteriores.
- Implementación del sistema de gestión del proceso dentro del ciclo de vida de proyectos, en minera Escondida y empresas colaboradoras.
- Validación de la herramienta de Gestión de la información en un proyecto real para garantizar la confiabilidad en el ciclo de vida de los proyecto.

3) Alcances

Se busca incorporar un sistema de Gestión basado en la sistematización de lecciones aprendidas en el proceso y ciclo de vida de proyectos actualmente desarrollados por la "Head of Project" de Minera Escondida Ltda. de manera real y efectiva, por lo tanto se tendrá presente, solicitar actividades realistas y eficaces, no sobrecargar a los Ingenieros ni a los Colaboradores con requerimientos para que el factor de "Cambio" no dificulte la tarea de implementación.

No se considera dentro del trabajo asignar montos a las perdidas resultantes de repetir errores en proyectos que podrían haber sido evitados prestando atención a proyectos pasados ni un estudio estadístico de la cantidad de veces que esto sucede, sin embargo se estimara el impacto económico positivo que tendrá implementar este sistema. Tampoco se espera lograr un cambio en la "Cultura organizacional" de cómo ven las lecciones aprendidas en Minera Escondida Ltda.

4) Marco Teórico

4.1 La Confiabilidad

La confiabilidad como concepto surgió alrededor de los años 1940 y 1950, después de la Segunda Guerra Mundial debido a que los militantes requerían una estimación del número de repuestos necesarios para mantener los equipos tanto electrónicos como mecánicos funcionando de manera correcta por largos periodos de tiempo.

Hoy en día las industrias enfrentan una competencia global intensa, un mercado globalizado y complejo, una presión por ciclos de producción más cortos, restricciones de costo más severas, así como expectativas de mejor calidad y confiabilidad de parte de los consumidores. Este ambiente presenta retos formidables de administración, ingeniería y estadística. (Escobar, 2003)

Una definición de Confiabilidad es: "La probabilidad de que un componente, sistema o producto realice sus funciones bajo condiciones operativas previamente definidas, durante un intervalo de tiempo dado". (Acuña, 2003)

Otra definición dice "la confiabilidad se refiere al funcionamiento adecuado de equipos y sistemas, lo cual incluye factores como software, hardware, humanos y ambientales" (Lawless, 2000). Este es un concepto más amplio y muestra la complejidad de lo que se entiende por confiabilidad, su evaluación, el mantenimiento y su mejora.

Conforme se aumenta el nivel de confiabilidad en un equipo o sistema, se aumenta el nivel de inversión requerido en el proyecto y viceversa. El costo de la confiabilidad debe compararse con los beneficios globales tanto para el usuario como para la organización. El nivel aceptable de confiabilidad depende de lo que los usuarios y la organización en su conjunto estén dispuestos a pagar por esta.

Este nivel aceptable de confiabilidad puede ser diferente del óptimo matemático. Para justificar las inversiones en mejora de la confiabilidad se deben definir los costos asociados a las fallas o interrupciones del servicio (salidas) para los usuarios, las empresas distribuidoras y la sociedad. El costo de interrupción se define como el valor de las pérdidas económicas debidas a la falla o salida. (Mendoza, 2013)

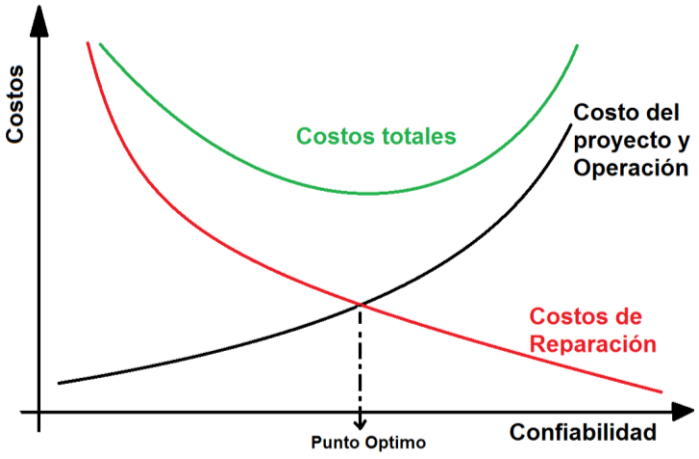


Figure 4.1 Costo del proyecto v/s Costo de reparación

La Ingeniería de Confiabilidad permite determinar, sobre una base cuantitativa y cualitativa, las soluciones a nivel de proyecto a través del enfoque del análisis de todos los Costos, los planes de mantenimiento productivo y las mejoras continuas que optimizan la gestión y el mantenimiento de activos favoreciendo los resultados del negocio.

4.1.1 La Confiabilidad en las etapas tempranas de un proyecto

La confiabilidad para este caso se asocia con cada etapa de todo el ciclo de vida de los proyectos. Se inicia con los requisitos y especificaciones del cliente; la instalación, operación y mantenimiento son cuestiones importantes que afectan a la confiabilidad de los sistemas. Por ejemplo, si el sistema fue diseñado con una escasa confiabilidad inherente, entonces no importa lo bien que esté instalado, mantenido y operado, seguirá siendo poco confiable hasta que la acción re-diseño se lleve a cabo. La Tabla 4.1 muestra algunos elementos y actividades de un proyecto que influyen sobre la confiabilidad en cada etapa del ciclo de vida de una planta, sistema o equipo.

Etapa de Ciclo de vida	Elementos que influyen en la confiabilidad
Especificaciones y requerimientos del cliente	Definición de requerimientos
	Analisis de requerimientos
	Estrategia de soporte
	Integración de sistemas
Diseño	Trade
	Selección de materiales
	Control de calidad
	Configuración y manejo de cambios
	Politicas de reparación
	Estrategias de prueba
	Reparación y decisions de desincorporación
	Analisis soporte de desiciones
Construccion, instalaciones y comisinamiento	Analisis del costo del ciclo de vida
	Formación
	Documentación
	Empaque y transporte
	Gestión de instalaciones
	Pruebas
	Informacion Tecnica
Operación y Mantenimento	Mantenimiento Eficiente
	Recolección de datos
	Uso y formación
Desincorporación/reutilización o reciclaje	Desincorporación
	Seguridad
	Reemplazo/renovación
	Esquelas de reutización/ reciclaje

Tabla 4.1 Elementos que influyen sobre la confiabilidad en cada etapa del ciclo de vida de un proyecto. (Larez, 2016)

Cuando se habla de confiabilidad desde la etapa del diseño, las especificaciones de los requisitos del cliente en relación a especificaciones de confiabilidad y riesgo deben ser considerados dentro del sistema de estrategia de apoyo. Por lo general, los requisitos de confiabilidad pueden determinarse teniendo en cuenta los elementos críticos que se necesitan para cumplir con las siguientes condiciones: las necesidades del negocio, la relación óptima de costos-riesgo-beneficio, necesidades de suministro, normativa legal, y una robusta gestión.

Un aspecto a considerar a lo largo del ciclo de vida de un proyecto es lograr un balance adecuado entre productividad y seguridad a un coste óptimo. Esto tiene un efecto directo en la confiabilidad, y por lo tanto debe considerarse como parte de los aspectos de confiabilidad a ser aplicados en el ciclo de vida del proyecto. Se consigue a través de la gestión del riesgo definiendo las estrategias para cada uno de los siguientes aspectos, algunos de los cuáles están estrechamente relacionados: Diseño robusto vesus Diseño bajo coste, estrategia de mantenimiento y operación, gestión de eventos anormales, desincorporación del activo, responsabilidad en seguridad, gestión de escasez de recursos, entre otros.

Según Schuman, C y Brent, A. (2013) afirman que uno de los elementos clave para llevar a cabo el desarrollo de proyectos de instalaciones y plantas industriales dentro de un óptimo equilibrio costo riesgo y activos confiables, se puede lograr a través de la implementación de los conceptos de confiabilidad desde la etapa más temprana del proyecto o en la etapa de diseño (particularmente en la etapa de definición y Selección). Es en esta etapa donde la aplicación de herramientas de confiabilidad tiene la mayor oportunidad de impactar de forma positiva el desempeño de los activos durante su ciclo de vida, puesto que el proyecto es lo suficientemente flexible para ser modificado o rediseñado sin un impacto elevado en los costos y programación.

En la práctica existen grandes oportunidades de reducir los costos asociados a la etapa del ciclo de vida, operación y mantenimiento de los activos. Según Schuman, C y Brent, A. (2013) en esta etapa se podría optimizar el 15% de los costos asociados a fallas en la etapa de operación y mantenimiento con una adecuada aplicación de estrategias de confiabilidad desde la etapa del diseño.

La confiabilidad puede ser considerada como una característica, de la cual depende la calidad, eficacia y eficiencia, con la cual un activo desempeña una función o presta un servicio, en particular puede ser medible durante todo el ciclo de la vida útil un activo. “Sin embargo, la confiabilidad está fuertemente influenciada por el enfoque o las estrategias adoptadas durante la etapa de diseño y desarrollo. Dicho de otra manera, una pobre confiabilidad desde la fase del diseño no sólo traerá consigo un incremento, en cuanto al uso de piezas y partes, altos costos laborales por generación de HH para

resolver las fallas, adicionalmente los impactos de la falta de estrategias asociadas a la confiabilidad de los activos desde las etapa temprana, resultaran en impactos negativos en cascada a las áreas de apoyo, como repuestos inventario tanto en términos de ítem como monetarios, modificaciones a los procesos, re-trabajos durante el uso, la fabricación y desarrollo, altos costo tanto por re-trabajos como por partes y repuesto de stock de almacén" (Larez, 2016).

Las acciones a tomar dependerá de la etapa del ciclo de vida que se encuentre el proyecto, pero en general se pretende definir estrategias que permitan controlar los riesgos asociados con la iniciativa teniendo en cuenta todos los componentes y áreas de conocimiento de un proyecto. Algunas de estas actividades a realizar son generar documentos como:

- Diseño conceptual del sistema.
- Lista de funciones primarias y activos asociados (relacionar la funcionalidad de los equipos)
- Estudio de disposición de equipos
- Estrategia de mantenimiento y operación
- Especificación de equipos
- Definición funcional de los sistemas de control
- Filosofía de control
- Descripción de proceso
- Desincorporación del activo, entre otros.

Además se recomienda realizar un estudio de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en conjunto al análisis HAZOP ("Hazards and Operability Studies"). El resultado de este estudio llevará a una recopilación de los modos de falla que podrán esperarse cuando la instalación esté operando. Estas recomendaciones y tareas evitarán que al final de la ingeniería de detalle, el diseño final sea total o parcialmente sometido a revisión por razones de mantenibilidad, el cuál puede llevar a realizar rediseño antes de la fase de construcción, lo que podría significar aumento en plazos de ejecución y costos de operación.

4.1.2 La Ingeniería de Confiabilidad Operacional

Definiremos la ingeniería de la confiabilidad como la función de la ingeniería la cual provee las herramientas teóricas y prácticas para predecir, diseñar, probar y demostrar la confiabilidad de partes, componentes y sistemas, asegurar sus requerimientos y optimizar su seguridad, disponibilidad y niveles de calidad.

"La ingeniería de confiabilidad surge bajo la necesidad de anticipar fallas y la probabilidad de ocurrencias de las mismas en los procesos o productos. Razón por la cual la ingeniería de confiabilidad brinda la oportunidad de diseñar procesos robustos capaces de fabricar productos de alta calidad; previniendo cualquier problema de producción que se presente en la organización, cuyo objetivo es satisfacer la necesidades del cliente como: durabilidad, calidad, precio, tiempo de entrega, confiabilidad y sobre todo que la organización sea capaz de producirlo según la tecnología operativa de manufactura y el presupuesto que posea" (Mendoza, 2013).

"La Ingeniería de Confiabilidad Operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, análisis y nuevas tecnologías, en busca de optimizar la planificación, programación y control, de la producción industrial" (Amendola, 2002).

La Confiabilidad Operacional lleva implícito la capacidad de una instalación, proceso, equipo o personal, de cumplir su función o propósito, dentro de los límites de diseño y contexto especifico.

Es importante puntualizar que en un sistema de confiabilidad Operacional es necesario el análisis de sus 4 frentes operativos: Confiabilidad Humana, Confiabilidad de los Procesos, Mantenibilidad y Confiabilidad de los equipos.

1. *Mantenibilidad de Equipos:* El conjunto de acciones destinadas a mantener o reacondicionar un componente, equipo o sistema, en un estado en el cual sus funciones pueden ser cumplidas, se debe tener presente desde la etapa de diseño, generar planes internos y capacitar personal.

2. *Confiabilidad de proceso*: Es la técnica que permite conocer y determinar los parámetros de las operaciones de una organización, de esta forma tener un entendimiento preciso de los mismos.

3. *Confiabilidad de equipo*: Conjunto de herramientas aplicadas para conducir al mejoramiento y lograr la efectividad global dentro de las organizaciones y de esta forma extender el tiempo entre fallas de un sistema o componente.

4. *Confiabilidad humana*: Conjunto de conocimientos y técnicas que se aplican en la predicción, análisis y reducción del error humano, enfocándose sobre el papel de las personas en las áreas de diseño, operación, procesos, mantenimiento y gestión de un activo de producción.

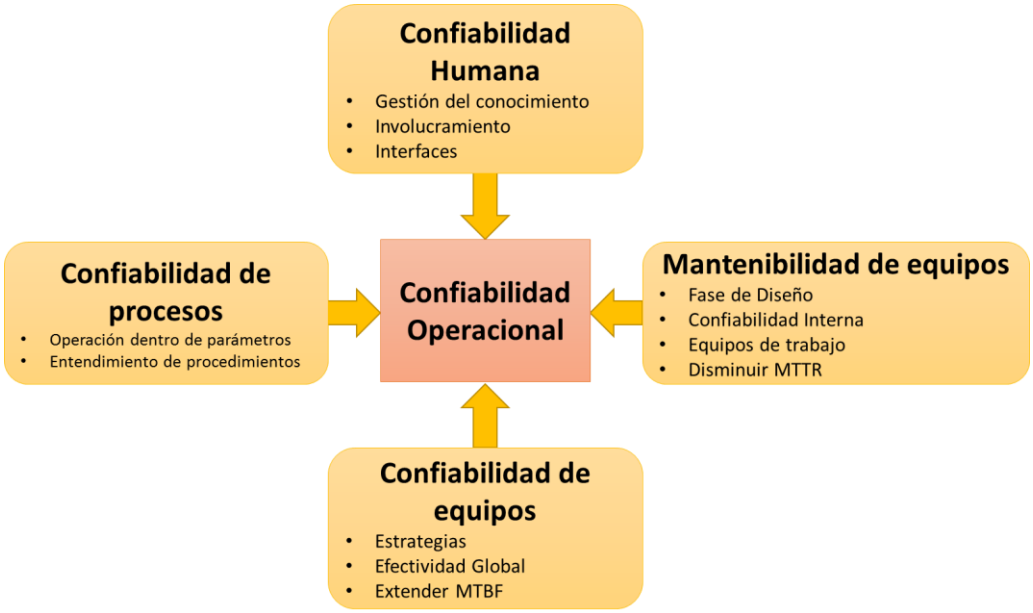


Figure 4.2 Frentes de la Confiabilidad Operacional

Aunque por tradición se ha enfocado la confiabilidad desde la perspectiva del mantenimiento. La tendencia moderna lleva a las organizaciones a utilizar un amplio número de tecnologías integradas al área de confiabilidad, donde se destaca la "Confiabilidad Humana" como requisito indispensable para gestionar la información y tomar las decisiones más acertadas.

4.1.3 La Confiabilidad Humana

"La Confiabilidad Humana, o del talento humano, se define como la posibilidad de desempeño eficiente y eficaz, de las personas, en todos los procesos, sin cometer errores o fallas derivados del conocimiento, dentro de un contexto organizacional específico durante su competencia laboral" (Garcia O. , 2006). El sistema de confiabilidad humana incluye varios elementos de proyección personal, que permiten optimizar los conocimientos, habilidades y destrezas de los miembros de una organización con la finalidad de generar "Capital Humano". Una de las técnicas para lograr esto se conoce como "Análisis de Confiabilidad Humana" o por sus siglas en ingles HRA.

El HRA (Análisis de Confiabilidad Humana) se establece como una metodología formal para identificar, analizar, evaluar, sistematizar y documentar, los posibles errores humanos, y los efectos de las fallas ocasionadas, en la confiabilidad global de los activos.

Uno de los objetivos fundamentales de esta técnica es proporcionar el medio para evaluar los riesgos atribuibles a los errores humanos y para definir los modos de reducir la vulnerabilidad del sistema al impacto del error; esto puede lograrse por medio de los siguientes tres procesos:

- Identificación del Error Humano.
- Cuantificación del Error Humano.
- Reducción del Error Humano.

El mejoramiento de la Confiabilidad Humana se puede lograr mediante la integración de estrategias que incluyan una adecuada gestión del conocimiento, la consolidación de los equipos naturales de trabajo, aplicación de modelos de competencias y la creación de comunidades del conocimiento para desarrollo del mantenimiento, gestionando su desempeño, con el fin de asegurar la competitividad y poder preservar el conocimiento organizacional. (Garcia O. , 2006)

La "gestión de activos", es hoy la estrategia con la cual muchas compañías a escala mundial están maximizando su productividad y su rentabilidad para seguir siendo competitivas y permanecer dentro del mercado internacional. A su vez, los proceso soportados en la confiabilidad operacional, son la base de todas las estrategias que se generan para alcanzar la excelencia en las actividades de mantenimiento (Garcia O. , 2006). Entonces, como se mencionó previamente, las estrategias vitales en la orientación y el mejoramiento de la confiabilidad humana se presentan en la Ilustración 4.3.

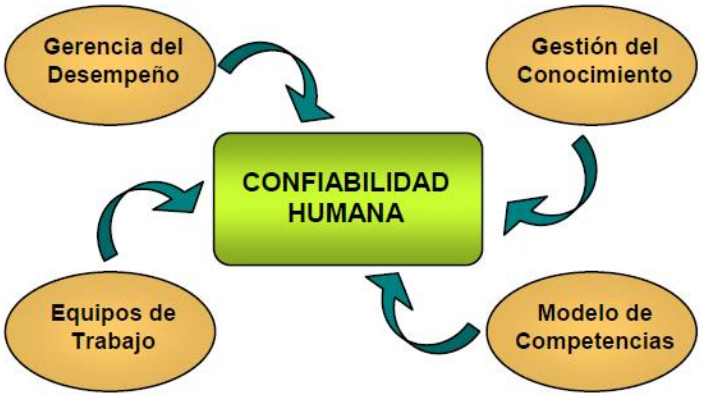


Figure 4.3 Estrategias de Confiabilidad Humana (Garcia O. , 2006)

La gestión eficaz del conocimiento es el proceso sistémico que suministra el recurso humano capacitado para ejercer las labores industriales y preservar el "Capital intelectual" de la organización. Aportando valor a la organización en la toma eficiente de decisiones, mejorando el mantenimiento desde la etapa de diseño y capacitando al personal nuevo en tareas de instalación, mantención, entre otros.

Un punto importante a considerar es el hecho que la empresa por sí sola no puede generar conocimiento, sino que son las personas que la componen quienes establecen las nuevas percepciones, pensamientos y experiencias, que constituyen el "Know How" de la organización. Quienes aprenden son las personas, por ellos junto con una evaluación de los conocimientos adquiridos y experiencias realizadas debe valorarse su capacidad de aprendizaje. Bajo estos principios, gestionar estrategias para generar nuevo conocimiento, es de vital importancia para la organización.

Se trabajará la gestión de conocimiento como una herramienta de confiabilidad operacional y de confiabilidad humana, capturando buenas prácticas y lecciones aprendidas, para agregar valor a la gestión de proyectos en todo su ciclo de vida, desde la etapa de diseño hasta su operación y mantenibilidad.

4.2 Gestión de Conocimiento

4.2.1 El porqué de la Gestión del conocimiento

En simples palabras la Gestión del Conocimiento (abreviado por sus siglas en ingles "KM", Knowledge Management), es exactamente eso, Gestionar el conocimiento, aunque en nuestro contexto esa definición se podría extender a "La Gestión del conocimiento organizacional para crear valor al negocio y generar una ventaja competitiva". La KM permite la creación, comunicación y aplicación de conocimiento de todo tipo para lograr las metas de los negocios.

"La gestión del conocimiento (KM) consiste en optimizar la utilización de este recurso mediante la creación de las condiciones necesarias para que los flujos de conocimiento circulen mejor. Lo que gestionamos en realidad, pues, no es el conocimiento en sí mismo, sino las condiciones, el entorno y todo lo que hace posible, fomentando dos procesos fundamentales: la creación y la transmisión de conocimiento. Son diversos los instrumentos que permiten fomentar y mejorar estos dos procesos, pero para que un proyecto de gestión del conocimiento tenga éxito es fundamental observar, interpretar y entender el funcionamiento de las organizaciones" (Canals, 2003)

"Una de las razones de la importancia actual de la gestión del conocimiento es la nueva economía del conocimiento o economía de la información. El conocimiento y la información están siendo hoy en día progresivamente más importantes, como recurso y también como producto. Ello hace que las empresas estén cada vez más preocupadas por cómo utilizan estos recursos, y también por lo que sucede cuando hay gente que abandona la organización, por ejemplo como resultado de programas de reingeniería o de reducción de personal. Es entonces cuando, de repente, las empresas se dan cuenta de que personas que ellos creían que eran prescindibles en realidad tienen un conocimiento que es vital para la organización. La preocupación por este aspecto hace que se plantee la necesidad de que todo el capital en forma de conocimiento que posee la organización se quede dentro de dicha organización". (Canals, 2003)

Podríamos decir que la aparición y el desarrollo de los sistemas para la creación y la gestión del conocimiento han sido debidos, entre otras razones, a los siguientes motivos:

- El sistema socioeconómico actual, "La economía del conocimiento".
- La aparición y el desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación, que facilitan enormemente el almacenamiento y la difusión de datos e información, así como la comunicación entre las personas.

- La creciente importancia del conocimiento como base para la efectividad organizacional.
- El "fracaso" de los modelos financieros tradicionales para valorar el conocimiento.
- El desarrollo de sistemas, modelos e indicadores para la medición del conocimiento en las organizaciones.
- Los cambios acelerados y el aumento de la competitividad entre las organizaciones, que conlleva la necesidad de desarrollar estrategias de formación continua.

Es importante entender el conocimiento no tan sólo como algo que te permite interpretar o que te permite saber, sino como algo que tiene que dar la posibilidad de poder actuar. Algunas de las principales razones que justifican por qué y para que de la gestión del conocimiento en el sector empresarial son:

Tabla 4.2 Principales usos y Razones para las Gestión del Conocimiento (MILAM, 2001)

Principales usos de la KM (¿Para qué?)	**Principales Razones para adoptar la KM (¿Por qué?)**
Capturar y compartir buenas prácticas	Retener los conocimientos del personal
Proporcionar formación y aprendizaje organizacional.	Mejorar las satisfacción de los usuarios y/o clientes
Gestionar las relaciones con los usuarios y/o clientes	Incrementar los beneficios
Desarrollar inteligencia competitiva.	Soportar iniciativas de *e-business*
Proporcionar un espacio de trabajo.	Acortar los ciclos de desarrollo de productos.
Gestionar la propiedad intelectual.	Proporcionar espacios de trabajo.
Realzar las publicaciones web.	
Reforzar la cadena de mando.	

4.2.2 Modelos para la gestión del conocimiento

Podemos identificar 4 elementos básicos a tener en cuenta de los modelos de gestión del conocimiento:

- **Las Personas**: Son las que poseen el conocimiento y las que tienen la capacidad aprender.
- **Los procesos**: captura, obtención, trasferencia, uso, desarrollo, creación, difusión, entre otros, son procesos característicos de KM
- **La Tecnología**: Proveen herramientas que facilitan el almacenamiento, acceso, intercambio y diseminación de la información.
- **La cultura organizacional**: vincula las 3 anteriores, es un conjunto dinámico de ideas, valores, creencias y conocimientos que son compartidos por los miembros de la organización. El éxito o el fracaso de la herramienta de gestión dependerá de los valores, costumbres y motivación de la organización

Ilustración 4.4 Elementos de la Gestión del conocimiento

Existen gran cantidad de modelos establecidos para lograr el éxito en la Gestión del conocimiento. Es importante mencionar que la mayoría de estos coinciden, con mayor o menor dispersión y claridad, se pueden establecer tres fases básicas en la implantación de cualquier sistema de KM:

a) Diagnóstico organizacional.
b) Diseño y desarrollo del sistema para la creación y gestión del conocimiento.
c) Evaluación y seguimiento de los resultados.

Se presentara en más detalle el modelo propuesto por A. Tiwana, llamado "10 Step RoadMap" para la implementación de un sistema de gestión del conocimiento, debido las herramientas que aporta y su aplicación directa con el objetivo del documento.

Modelo de KM "10 Step RoadMap" (Tiwana, 2002)***:***

Este modelo se fundamenta entre otros aspectos, en la diferenciación entre el conocimiento tácito y el conocimiento explicito. También considera otras clasificaciones del conocimiento en función de su tipología, focalización, complejidad y caducidad. Uno de los principales objetivos de la KM en las organizaciones debe ser la integración y la utilización del conocimiento fragmentado existente. Para poder llevar a cabo la integración y la utilización del conocimiento en la organización, se hace en base a la creación de grupos de trabajo, utilizando las redes de comunicación y colaboración.

Para llevar a cabo un proyecto de KM deben existir en la organización un grupo de promotores de la gestión del conocimiento, estos constituirán lo que debe llegar a conocerse como equipo de KM, que está formado por personas internas y/o externas decisivas para la organización, personas expertas en diversos campos, personas que pueden ser fuente de conocimiento y experiencia.

Como lo dice su nombre, este da una lista de 10 pasos (ver ilustración 4.2) para implementar el modelo de gestión del conocimiento en una organización, estos se pueden dividir en 4 fases:

Fase 1 Evaluación de las Infraestructuras:

Se debe analizar la infraestructura de la organización existente e identifica medidas concretas que se pueden aprovechar para construir su sistema de gestión de conocimiento. Para analizar las brechas de conocimiento se recomienda la creación de mapas de conocimiento para su empresa. En esta fase es importante trabajar con los directivos de la organización y poder alinear la estrategia de negocios con la KM.

Fase 2 Gestión del Conocimiento Sistema de Análisis, Diseño y Desarrollo:

Esta fase implica el análisis a la estructura de KM existente de la organización, y el diseño de un nuevo sistema de gestión del conocimiento. A través de cinco componentes:

- El diseño de una infraestructura de gestión del conocimiento y selección de componentes necesarios para la implementación.
- Conocimiento de auditorías y análisis
- La gestión del conocimiento del equipo de diseño
- Creación de un plan de gestión del conocimiento a medida para su organización
- Desarrollo de sistemas de KM real

Fase 3 Implementación:

En esta etapa se pone en práctica los planes y diseños establecidos en la fase anterior. Se define una metodología con la cual el sistema trabajará, teniendo en cuenta el impacto culturar que el cambio puede suponer. Esta fase consta de dos pasos:

- Implementar el sistema con el apoyo de una metodología incremental impulsada por los resultados
- El cambio cultural, las estructuras revisadas de recompensa, y la opción de utilizar (o no utilizar) un oficial jefe del conocimiento para hacer que el conocimiento produzca resultados en la gestión.

Fase 4 Indicadores para la Evaluación del Desempeño:

Se mide el rendimiento de la inversión del conocimiento el cual debe tener en cuenta tanto los impactos económicos y competitivos de la gestión del conocimiento en su negocio. Se deben determinar elementos que midan como se está desempeñando en sistema (KPIs) y en caso de que no esté dando resultados positivos, se debe repetir el proceso (Mejora continua).

Además que estas 4 fases de implementación, el modelo propone la utilización de Tecnologías de información (TI) para facilitar la KM, algunos de estos son:

- Base de datos inteligente.
- Herramientas para la captura de datos.
- Redes de comunicación.
- Herramientas de colaboración, etc.

Según Tiwana (2002), los términos conocimiento, datos y aprendizaje organizacional están sujetos a variadas interpretaciones y usos. Los datos no deben almacenarse en un sistema solo para manejar el conocimiento; en cambio, debe ser almacenado como información que agrega valor al contexto histórico de la organización.

Cuando hablamos de administrar datos, nuestro juicio es principalmente cuantitativo. Los datos de un proyecto se pueden procesar en una hora, ¿Cuánto cuesta capturar una transacción? Las medidas cualitativas se consideran secundarias. El objetivo de la Gestión del conocimiento es abordar problemas tales como la disponibilidad oportuna de datos y la información cuando es necesario y si los datos que necesitamos son de fácil acceso.

Según García (2016) Una base de datos eficaz para la gestión de información debe ser:

1. De fácil acceso.
2. De búsqueda efectiva.
3. Tener la posibilidad de trazabilidad.
4. Tener una permanente Actualización.

A continuación, en la Ilustración 4.5 se presentan los 10 pasos del modelo de gestión de Tiwana (2002):

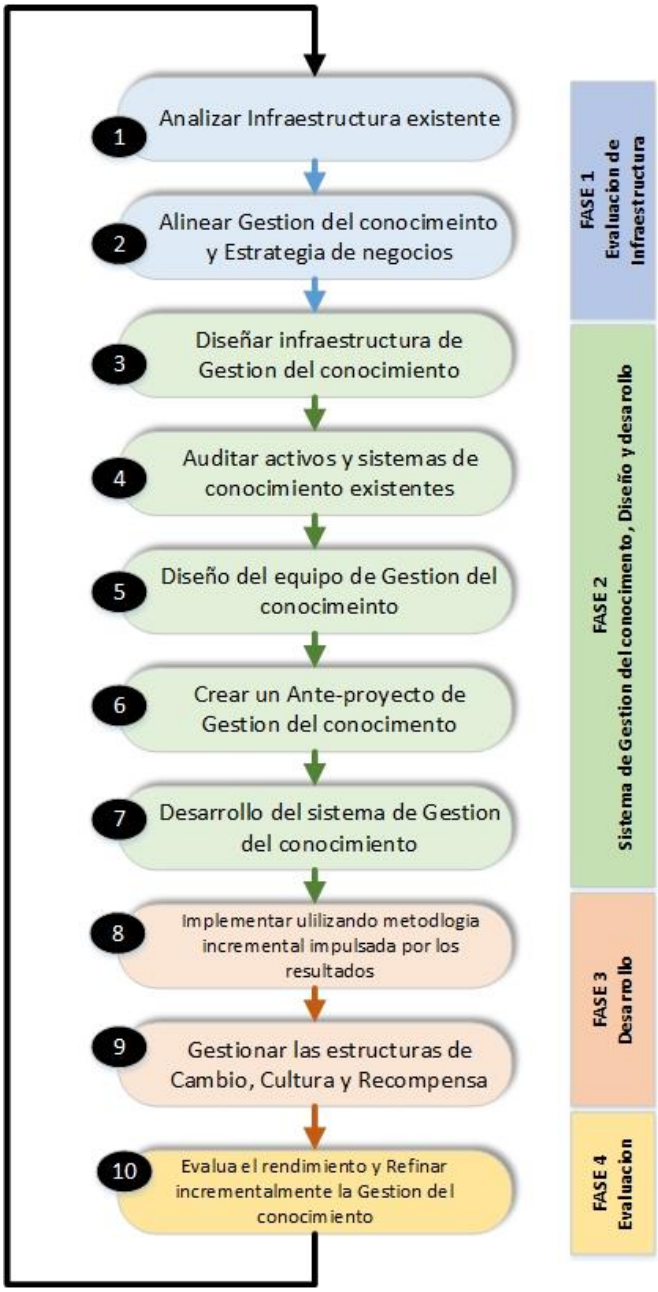


Ilustración 4.5 Pasos Modelo KM "10 Step RoadMap" (Tiwana, 2002)

Se utilizara este modelo de gestión del conocimiento durante el diseño y la implementación de un sistema de gestión de lecciones aprendidas dentro de una organización real.

4.2.3 Factores clave de éxito en la gestión del conocimiento

Aunque los factores que pueden afectar el desempeño de un proyecto de Gestión del conocimiento, se pueden identificar nueve factores clave e interrelacionados como posibles condicionantes del éxito de un proyecto de KM (Rodriguez Gomez, 2006):

1) Cultura orientada al conocimiento: la existencia de una cultura favorable y compatible con la KM resulta fundamental si queremos asegurar el éxito del proyecto.

2) Infraestructura técnica e institucional: la implantación de un sistema de gestión del conocimiento resulta más sencilla y fluida si existe una adecuada (uniforme, compleja y funcional) infraestructura tecnológica y un personal que ha desarrollado las competencias necesarias para hacer uso de ella

3) Respaldo del personal directivo: como en cualquier otro proyecto que se inicie y que afecte a la totalidad de la organización, el apoyo del equipo directo resulta fundamental si queremos que tenga alguna posibilidad de éxito. Algunas acciones de respaldo que resultaban útiles:
    - Comunicar a la organización la importancia de la gestión del conocimiento y del aprendizaje institucional.
    - Facilitar y financiar el proceso.
    - Clarificar el tipo de conocimiento que es más importante para la organización.

4) Vínculo con el valor económico o valor de mercado: los procesos de gestión del conocimiento pueden resultar muy costosos, por tanto, es necesario que se traduzcan en algún tipo de beneficios para la organización (económico, competitividad, satisfacción de los usuarios, etc.).

5) Orientación del proceso: es aconsejable realizar una buena evaluación diagnóstica que nos oriente el desarrollo del proceso. El administrador del proyecto debe tener una buena idea de su cliente, de su satisfacción, productividad y calidad del servicio ofrecido.

6) Claridad de objetivo y lenguaje: Resulta básico clarificar aquello que queremos conseguir, es decir, los objetivos que pretendemos alcanzar con el desarrollo de dicho proceso. Definir conceptos claves.

7) Prácticas de motivación: el conocimiento es personal y pegajoso, por tanto, resulta fundamental motivar e incentivar a los miembros de la organización para que lo compartan, lo usen y lo creen de forma habitual.

8) Estructura de conocimiento: es fundamental la creación de una estructura de conocimiento flexible, de fácil y común acceso. Sin embargo, si un depósito de conocimiento no tiene ninguna estructura, no podrá cumplir su objetivo.

9) Múltiples canales para la transferencia de conocimiento: En la KM debemos proporcionar diferentes canales y situaciones que faciliten la transferencia de conocimiento. Deberemos realizar, de tanto en tanto, sesiones presenciales que favorezcan las interrelaciones, la cohesión, la confianza, etc. entre los participantes. (Rodriguez Gomez, 2006)

Durante el desarrollo de un modelo de KM se debe tener presente que todos los puntos anteriores serán distintos para cada organización donde se desea implementar, es decir, que la clave para el éxito será entender la organización.

"Además de los instrumentos, si queremos gestionar el conocimiento es fundamental entenderlas organizaciones. Para mí, ésta es una de las cosas más valiosas. Las organizaciones son sistemas complejos; no complicados, sino complejos –aunque complicados también. Una máquina, por ejemplo, es complicada porque puede tener muchas piezas y muchos resortes, pero sabemos que si accionamos una palanca se encenderá una luz; esto normalmente no falla. En cambio, una organización es mucho más compleja. Hay procesos mucho más complejos, de muchos órdenes, y que hacen que no pueda tratarse con una organización planificando desde arriba, sin tener en cuenta cómo es la organización. Ése ha sido uno de los errores de muchos proyectos de gestión del conocimiento. No puede llegarse a una organización y decir: "Implantamos un proceso de gestión del conocimiento, y esto va así, así y así", porque normalmente fracasa. Lo que debe hacerse es observar, ver qué sucede en aquella organización, ver cuáles son los flujos de conocimiento y, a partir de ahí, de esta observación y de esta interpretación, facilitar las cosas que pasan y que son interesantes para la organización, y potenciarlas." (Canals, 2003)

4.2.5 Reutilización del Conocimiento

Uno de los objetivos principales de la gestión del conocimiento es la reutilización del conocimiento, lecciones aprendidas y mejores prácticas, entre otros. La reutilización del conocimiento también es conocida por nombres como aplicación o utilización del conocimiento. Se puede decir que la reutilización del conocimiento es el proceso final de la gestión del conocimiento, ya que se aplican los conocimientos previamente capturados, procesados y almacenados. Mediante este proceso la organización es capaz de mejorar sus procesos, desarrollar ideas innovadoras y obtener una ventaja competitiva sobre el resto de las empresas.

La reutilización de la información y el conocimiento minimiza la necesidad de volver a revisar completamente proyectos anteriores, reduce el tiempo y costo de resolver los problemas y mejora la calidad de las soluciones durante la fase de construcción de un proyecto (Lin, 2006). En el proceso de reutilización del conocimiento se identifican dos actividades claves: encontrar ítems reutilizables y comprender estos ítems en su contexto. Por lo tanto para reutilizar el conocimiento el usuario debe ser capaz de comprender el contexto en el cual se originó éste.

La reutilización del conocimiento se puede ver como un paso del ciclo de vida del conocimiento (Fruchter, 2002). Primero el conocimiento es creado, luego capturado, indexado y almacenado en un archivo. Finalmente existe una búsqueda del conocimiento almacenado en el archivo para su reutilización. Al ser el conocimiento reutilizado existe un refinamiento de éste que le agrega cierto valor, ya sea porque éste se actualizó, se anexaron más elementos al conocimiento original, se modificó para una situación o contexto distinta a la original, etc. En consecuencia el archivo de conocimientos actúa como una refinería de conocimientos. En la ilustración 4.3 se aprecia el proceso antes descrito y el modelo del ciclo de vida del conocimiento propuesto por Fruchter (2002).

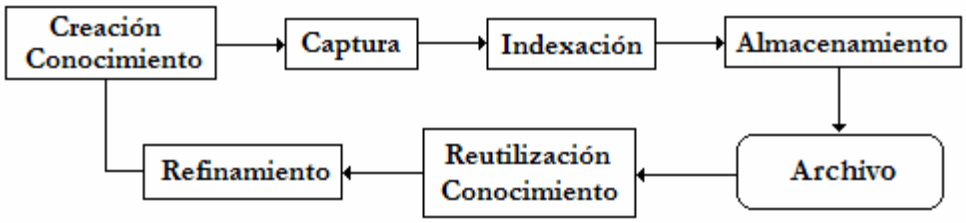


Ilustración 4.6 Modelo del ciclo de vida del conocimiento (Fruchter, 2002)

Fruchter (2002) distingue dos tipos de reutilización del conocimiento:

- Reutilización del conocimiento interno: Las personas reutilizan el conocimiento de sus experiencias personales (memoria interna).
- Reutilización del conocimiento externo: Las personas reutilizan el conocimiento de un repositorio o archivo externo de conocimientos (memoria externa).

Durante el desarrollo e implementación del modelo de gestión podremos ver ambos tipos de reutilización del conocimiento, apuntando al aporte del personal y la existencia de una base de datos.

El proceso de reutilización interna del conocimiento se puede dividir a su vez en tres pasos (Fruchter, 2002):

1) Encontrar un ítem reutilizable.
2) Explorar la historia de los proyectos anteriores.
3) Explorar el contexto del presente proyecto para identificar semejanzas con los anteriores.

El repositorio externo trata de imitar las características de la memoria interna, por lo que las bases de datos generalmente incluyen los pasos antes mencionados. La reutilización del conocimiento al igual que todo el proceso de gestión del conocimiento debe ser un esfuerzo combinado entre las personas y tecnologías de información (TI), convirtiéndose en un problema de interacción entre lo humano y la tecnología.

4.3 La Gestión de Proyectos

"La gestión de proyectos es la disciplina del planeamiento, la organización, la motivación, y el control de los recursos con el propósito de alcanzar uno o varios objetivos. Un proyecto es un emprendimiento temporal diseñado a producir un único producto, servicio o resultado con un principio y un final definido (normalmente limitado en tiempo, en costos y/o entregables), que es emprendido para alcanzar objetivos únicos y que dará lugar a un cambio positivo o agregará valor". (Nokes, 2006)

El primer desafío para la gestión de proyectos es alcanzar la meta del proyecto, y los objetivos dentro de las limitantes conocidas. Las limitantes o restricciones primarias son el alcance, el tiempo, la calidad y el presupuesto. El segundo desafío, y el más ambicioso de todos, es optimizar la asignación de recursos de las entradas necesarias e

integrarlas para alcanzar los objetivos predefinidos. Existen muchas más limitantes que dependen de la naturaleza del proyecto, relacionadas con: seguridad, medio ambiente, oportunidad de negocio y otras muchas de tipo estratégico de compañía.

Los proyectos y la dirección de proyectos se llevan a cabo en un entorno más amplio que el del proyecto en sí. La comprensión en este contexto contribuye a asegurar que el trabajo se lleva a cabo de acuerdo con los objetivos de la organización y se gestiona de conformidad con las prácticas establecidas en la organización. La cultura, estilo y estructura de una organización influyen en la forma en que se llevan a cabo sus proyectos.

A la luz de la globalización, resulta fundamental entender el impacto de las influencias culturales en proyectos que involucran diversas organizaciones y ubicaciones alrededor del mundo. (PMBOK, 2013)

4.3.1 Los Interesados del Proyecto

Un interesado o "Stakeholder" es un individuo, grupo u organización que puede afectar, verse afectado, o percibirse a sí mismo como afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto. Los interesados pueden participar activamente en el proyecto o tener intereses a los que puede afectar positiva o negativamente la ejecución o la terminación del proyecto. La gobernabilidad del proyecto, la alineación del proyecto con las necesidades u objetivos de los interesados, resulta fundamental para la gestión exitosa de la participación de los interesados y para el logro de los objetivos de la organización. (PMBOK, 2013)

Los interesados incluyen todos los miembros del equipo del proyecto así como todas las entidades interesadas, ya sea internas o externas a la organización. El equipo del proyecto identifica a los interesados tanto internos como externos, positivos y negativos, ejecutores y asesores, con objeto de determinar los requisitos del proyecto y las expectativas de todas las partes involucradas.

Los interesados tienen diferentes niveles de responsabilidad y autoridad cuando participan en un proyecto. Estos niveles pueden cambiar durante el ciclo de vida del proyecto. Su participación puede variar desde una participación ocasional en encuestas y grupos de opinión, hasta el patrocinio total del proyecto, lo cual incluye proporcionar apoyo financiero, político o de otro tipo.

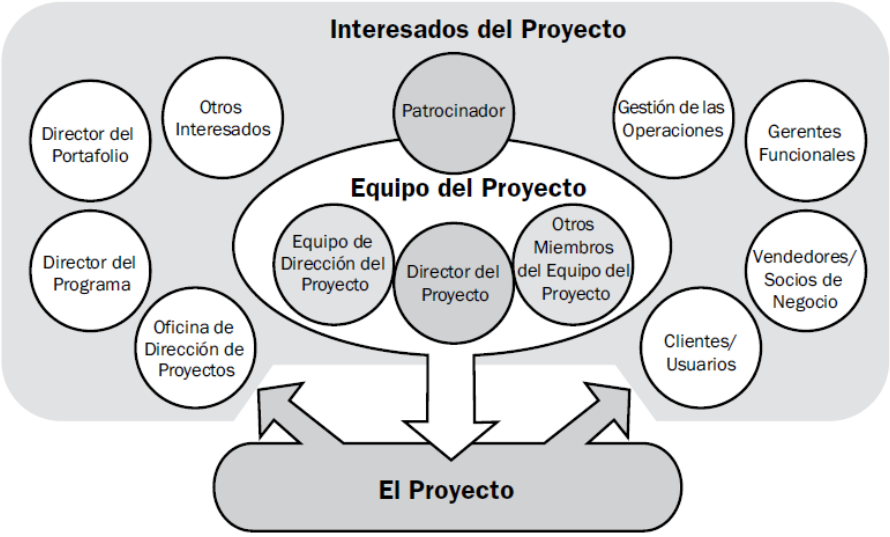


Ilustración 4.7 Relación entre los Interesados y el Proyecto (PMBOK, 2013)

4.3.2 Ciclo de vida de un proyecto

El ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Las fases son generalmente secuenciales y sus nombres y números se determinan en función de las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación

Según el Instituto de Gestión de proyectos (PMI) los proyectos varían en tamaño, en complejidad y pueden configurarse dentro de la siguiente estructura genérica de ciclo de vida:

- Inicio del proyecto,
- Organización y preparación,
- Ejecución del trabajo y
- Cierre del proyecto.

La estructura del ciclo de vida de los proyectos por lo general presenta características comunes en distintos proyectos:

- Las fases suelen ser secuenciales y definidas por transferencia de información técnica o transferencia de componentes técnicos.
- Los costos y el número del personal suelen ser bajos al comienzo; alcanzan su nivel máximo en las fases intermedias y caen rápidamente cuando el proyecto se acerca a su conclusión.

- Al inicio del proyecto son más altos el nivel de incertidumbre y las posibilidades de no cumplir los objetivos. La certeza de concluir con éxito aumenta conforme avanza el proyecto.
- El poder de los interesados para influir en las características finales y en el costo del proyecto es más elevado al comienzo del mismo y decrece a medida que avanza el proyecto

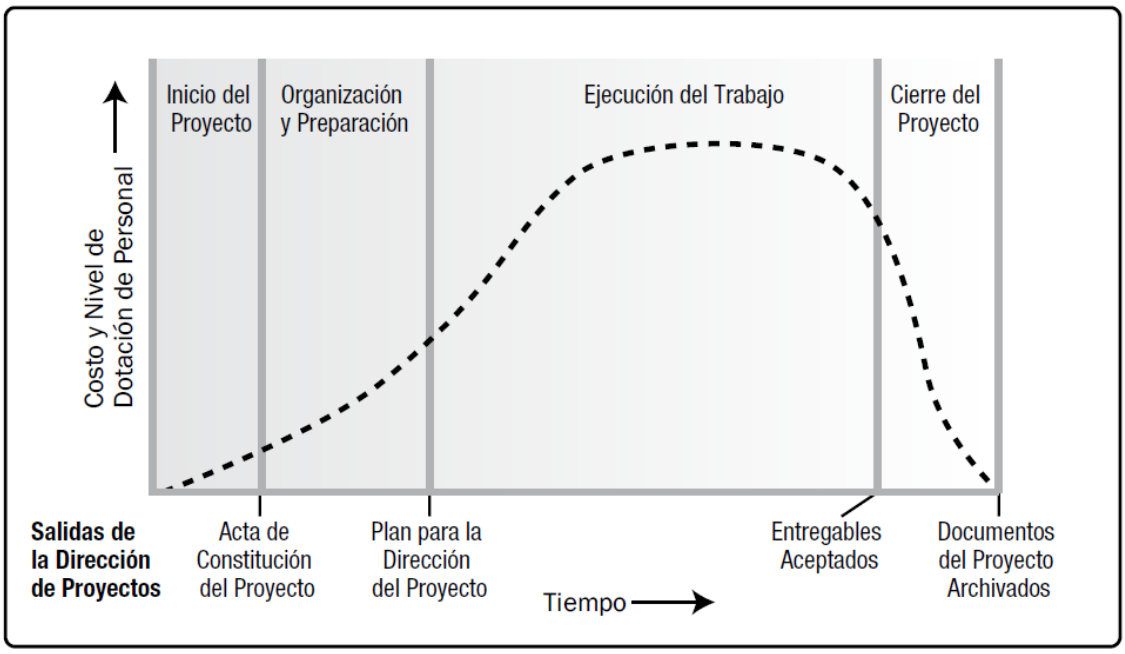


Ilustración 4.8 Niveles Típicos de consto y dotación de personal en un estructura genérica del ciclo de Vida del Proyecto (PMBOK, 2013)

Un proyecto puede dividirse en cualquier número de fases, según lo requiera. Una fase del proyecto es un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica, que culmina con la finalización de uno o más entregables. Estas fases varían según las necesidades del proyecto, el estilo y la cultura organizacional interna.

La estructuración en fases permite la división del proyecto en subconjuntos lógicos para facilitar su dirección, planificación y control. El número de fases, la necesidad de establecer fases y el grado de control aplicado dependen del tamaño, la complejidad y el impacto potencial del proyecto. Independientemente de la cantidad de fases que compongan un proyecto, todas ellas poseen características similares:

- El trabajo tiene un enfoque único que difiere del de cualquier otra fase.
- El logro del objetivo o entregable principal de la fase requiere controles o procesos que son exclusivos de esa fase o de sus actividades.

- El cierre de una fase termina con alguna forma de transferencia o entrega del trabajo producido como entregable de la fase.

Entonces, los procesos y procedimientos que caracterizan cada una de estas fases o etapas del proyecto son:

a) Inicio del proyecto y planificación:

Cuando se inicia un proyecto se deben hacer estudios y/o análisis previos para ver la factibilidad, costos, determinar el tiempo de vida de dicho proyecto, etc. Se debe planificar cada uno de los pasos a seguir, así como también marcar que se desea abarcar con dicho proyecto. Según el PMBOK (2015) los procedimientos y procesos generales a seguir por la organización para realizar el trabajo son:

- Guías y criterios para adaptar el conjunto de procesos y procedimientos estándar de la organización con el fin de que satisfagan las necesidades específicas del proyecto (Se deben utilizar material de estudio previo, datos de proyectos similares y lecciones aprendidas);
- Estándares específicos de la organización, tales como: políticas, ciclos de vida del producto y del proyecto, políticas y procedimientos de calidad (por ejemplo auditorías de procesos, objetivos de mejora, listas de verificación y definiciones estandarizadas de procesos para su uso en la organización);
- Plantillas (por ejemplo plantillas de registro de riesgos, de estructura de desglose del trabajo, de diagramas de red del cronograma del proyecto y de contratos).

b) Ejecución, Monitoreo y Control:

Durante la ejecución del proyecto se pone en marcha el plan establecido en la fase anterior, esto requerirá de un monitoreo y seguimiento que asegure la buena aplicación del plan y que el proyecto cumpla con sus objetivos. También se ponen en marcha acciones correctivas a eventualidades generadas durante la misma. Según el PMBOK (2015) los procedimientos y procesos generales a seguir por la organización para realizar el trabajo son:

- Procedimientos de control de cambios, con la descripción de las etapas durante las cuales se modificarán los estándares, políticas, planes y cómo se realizará la aprobación y validación de cualquier cambio;
- Procedimientos de control financiero (por ejemplo, informes de tiempo, revisiones requeridas de gastos y desembolsos);

- Procedimientos para la gestión de incidentes y defectos que definen los controles, la identificación, y las acciones de seguimiento a realizar para los mismos;
- Procedimientos para asignar prioridad, aprobar y emitir autorizaciones de trabajo;
- Procedimientos de control de riesgos, que incluyen categorías de riesgos, plantillas de declaración de riesgos, definiciones de probabilidad e impacto, y la matriz de probabilidad e impacto;
- Guías, instrucciones de trabajo, criterios para la evaluación de propuestas y criterios para la medición del desempeño estandarizados.

c) Cierre de proyecto

Una vez terminado el proyecto, realizadas las respectivas pruebas respectivas donde se verifica que el proyecto cumple con los alcances identificados en un inicio se debe proceder de documentar la información y entregar al área de operaciones. Según el PMBOK (2015) los procedimientos y procesos generales a seguir por la organización para realizar el trabajo son:

- Guías o requisitos de cierre del proyecto (por ejemplo, auditorías finales del proyecto, evaluaciones del proyecto, validaciones del producto y criterios de aceptación).
- Documentación de Lecciones aprendidas.

Durante el ciclo de vida de un proyecto la implementación de lecciones aprendidas es una de las herramientas más potentes para lograr el éxito, lo que significa no solo realizar una documentación de estas, sino trabajar durante cada etapa aplicando el conocimiento recolectado. Durante este estudio se verá más a detalle el ciclo de vida de proyectos en una organización real y la implantación de las lecciones aprendidas en esta.

4.4 Gestión de Calidad

4.4.1 Definición de Gestión de Calidad

"Una organización orientada a la calidad promueve una cultura que da como resultado comportamientos, actitudes, actividades y procesos para proporcionar valor mediante el cumplimiento de las necesidades y expectativas de los clientes y otras partes interesadas pertinentes. La calidad de los productos y servicios de una organización está determinada por la capacidad para satisfacer a los clientes, y por el impacto previsto y el no previsto sobre las partes interesadas" (ISO 9000, 2015)

El término gestión de calidad tiene significados específicos dentro de cada sector del negocio. Esta definición, que no apunta al aseguramiento de la buena calidad por la definición más general sino a garantizar que una organización o un producto sean consistente, la Gestión de calidad tiene cuatro componentes fundamentales:

- Planeamiento de la calidad
- Control de la calidad
- Aseguramiento de la calidad
- Mejoras en la calidad.

Como se muestra en la Ilustración 4.9 estos cuatro componentes son un proceso o sistema que debe seguir una organización para garantizar la calidad y consistencia de un proceso o producto.

Un Sistema de Gestión de la Calidad comprende actividades mediante las que la organización identifica sus objetivos y determina los procesos y recursos requeridos para lograr los resultados deseados. Este sistema gestiona los procesos que interactúan y los recursos que se requieren para proporcionar valor y lograr los resultados para las partes interesadas. Un Sistema de Gestión de Calidad proporciona los medios para identificar las acciones para abordar las consecuencias previstas y no previstas en la provisión de productos y servicios.

Ilustración 4.9 Fundamentos de la Gestión de calidad

4.4.2 Los Principios de la Gestión de calidad

Los 7 principios fundamentales de la Gestión de calidad, según la norma ISO 9000 son los siguientes (ISO 9000, 2015):

1. Enfoque en el Cliente
2. Liderazgo
3. Compromiso con las personas
4. Enfoque en los procesos
5. Mejora continua
6. Toma de decisiones basada en la evidencia
7. Gestión de relaciones

Cada uno de estos principios son de gran importancia a la hora de implementar un sistema de gestión de calidad, pero entre estos se destacan el "Enfoque en los proceso" y la "Mejora continua".

4.4.3 Enfoque en los procesos:

Un proceso es un conjunto de actividades que están interrelacionadas y que pueden interactuar entre sí. Estas actividades transforman los elementos de entrada en resultados, para ello es esencial la asignación de recursos. (ISOBLOG, 2015)

Como se muestra en la Ilustración 4.10, los procesos constan de:

- Elementos de entrada y salida, los cuales pueden ser tangibles o intangibles. Los resultados pueden ser también no intencionados como por ejemplo la contaminación ambiental.

- Clientes y partes interesadas que tengan necesidades y expectativas en los procesos, ellos son los que definirán los resultados que requiere un determinado proceso.
- Sistemas de medición para proporcionar información sobre el desempeño del proceso. Cualquier resultado debería ser analizado para poder determinar si existe necesidad de aplicar algún tipo de acción correctiva o de mejora.

La ventaja principal del enfoque basado en procesos reside en la gestión y control de cada una de las interacciones ente los procesos y las jerarquías funcionales de la organización. Los procesos deben servir para aportar valor a una organización, además deben estar alineados con los objetivos, alcance y grado de complejidad de la organización

Este enfoque basado en procesos pretende mejorar la eficiencia y eficacia de la organización para alcanzar los objetivos definidos, lo que implica a su vez aumentar la satisfacción del cliente mediante la satisfacción de sus requisitos. Haciendo un esfuerzo de síntesis, podemos decir el que enfoque consiste en:

- Tener en cuenta todo el trabajo como un proceso.
- Enfoque en el cliente para identificar y satisfacer sus necesidades.
- Identificar, atraer y comprometer las partes interesadas en los procesos.
- Identificar y eliminar los procesos que no aportan valor añadido.
- Identificar y controlar los factores críticos de éxito de cada proceso y el sistema como un todo.
- Implementar y mantener un sistema de medición, comparación y registro de argumentos importantes para el cuidado de los factores críticos de éxito.
- Identificar los procesos de referencia, que pueden utilizarse como base para la definición de los objetivos de la organización.

Finalmente, el enfoque basado en procesos, busca implantar una filosofía en la organización, que permita la identificación de todos los procesos incluidos en el Sistema de Gestión de la Calidad, cómo éstos funcionan, así como las interrelaciones entre ellos. De esta forma, resulta más fácil tener un seguimiento y control del funcionamiento de los diferentes procesos.

El presente trabajo adoptara el enfoque en los procesos enfatizando la incorporación y aplicación de conocimiento como el elemento esencial para obtener el resultado deseado, considerando el Ingresar y aplicar el conocimiento como un proceso en sí.

Ilustración 4.10 Elementos de un proceso (ISO, 2015)

4.4.4 Mejora continua

Las organizaciones con éxito tienen un enfoque continuo hacia la mejora. La mejora es esencial para que una organización mantenga los niveles actuales de desempeño, reaccione a los cambios en sus condiciones internas y externas y cree nuevas oportunidades. (ISO 9000, 2015)

El objetivo de la mejora continua de la calidad es incrementar la capacidad de la organización para satisfacer a los clientes y aumentar dicha satisfacción a través de la mejora de su desempeño. Las acciones generales que son necesarias para llevar a cabo la mejora continua son:

- El análisis y la evaluación de la situación existente para identificar áreas de mejora.
- El establecimiento de objetivos para la mejora.
- La búsqueda de soluciones para alcanzar esos objetivos.
- La selección de soluciones.
- La implantación de las acciones decididas.
- El análisis de los resultados de las acciones implantadas para determinar si se han conseguido los objetivos.

Herramientas de mejora continúa

Las herramientas de mejora continua están pensadas para buscar puntos débiles a los procesos, productos y servicios actuales. Del mismo modo, algunas de ellas se centran en señalar cuáles son las áreas de mejora más prioritarias o que más beneficios pueden aportar a nuestro trabajo, de forma que podamos ahorrar tiempo y realizar cambios sólo en las áreas más críticas.

Algunas de las herramientas más utilizadas son:

- El ciclo PHVA o Ciclo de Deming (Planificar – Hacer –Verificar – actuar)
- El método KAIZEN (TQM Gestión de calidad total, "Just in time", TPM)
- Seis sigma (D-M-A-M-C)
- Análisis de Valor
- El método de las 5S
- Los 5 Porqués
- Diagramas de afinidad

El Ciclo PHVA (ciclo de Deming):

Viene de las siglas Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. 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, etc.).

Ilustración 4.11 Ciclo de mejora continua PHVA

1. Planificar

Es necesario establecer un Plan de Mejora para introducir los cambios necesarios en el proceso diseñado. Este Plan debe contemplar todos los aspectos que permitan conducir el proceso hacia la excelencia y, en este sentido, debe responder a las siguientes preguntas:

- ¿Quién lleva a cabo la mejora?
- ¿Cómo se lleva a cabo?
- ¿Cuándo se realizara?
- ¿Qué se necesita para lograr el éxito?

2. Hacer o Ejecutar

Es ejecutar lo planeado, en esta etapa es recomendable hacer pruebas pilotos antes de implantar los procesos definidos. En su desarrollo se puede evidenciar los problemas que se tienen en la implementación e identificar oportunidades de mejora.

3. Verificar y

Una vez se ha puesto en marcha el plan de mejoras, se establece un periodo de prueba para medir y valorar la efectividad de los cambios. Se trata de una fase de regulación y ajuste, de buscar continuamente las causas de los errores y desviaciones en los resultados, interrelacionando los flujos de salida del proceso con las expectativas previas de los usuarios, ya que la gestión de procesos, si bien consiste en mejorar las cosas que ya se vienen haciendo, pone especial énfasis en el "para quién" se hacen y en el "cómo" se deben hacer.

4. Actuar

Este paso del ciclo consiste en intervenir en el proceso para solucionar los problemas de calidad, analizando las intervenciones factibles dentro del ámbito concreto de aplicación y buscando el consenso entre los profesionales que lo lleven a cabo. Para ello, es necesario apoyarse en las fuerzas a favor y gestionar adecuadamente las posibles resistencias a las soluciones previstas. Por otro lado, se toman las decisiones y acciones pertinentes para mejorar continuamente el desarrollo de los procesos.

En este trabajo, es generara una herramienta de mejora continua, siguiendo el espíritu del ciclo PHVA. Además, durante implementación de la herramienta de mejora y del sistema de gestión se seguirá el modelo de KM presentado en la sección 4.2.2.

4.5 Lecciones Aprendidas

4.5.1 La importancia de las lecciones aprendidas

Las lecciones aprendidas son una de las herramientas más potentes que tienen las organizaciones para mejorar la gestión de proyectos y son clave para implementar un sistema de gestión del conocimiento. La posibilidad de almacenar información sobre experiencias pasadas permite evitar errores y asegurar que las buenas prácticas se mantengan. Sin embargo, suele relegarse a un segundo plano y no se documentan o realizan ejercicios de lecciones aprendidas, o lo que es peor, en caso de realizarse no se analizan y reaprovechan posteriormente perdiéndose el valor que podrían aportar.

"Las lecciones aprendidas pueden definirse como el conocimiento adquirido sobre un proceso o una o varias experiencias, a través de la reflexión y el análisis crítico sobre sus resultados y los factores críticos o condiciones que pueden haber incidido sobre su éxito lo obstaculizaron. Las lecciones aprendidas se enfocan en la hipótesis que vincula causalmente los resultados buscados y aquello que ha funcionado o no ha funcionado para alcanzarlos". (BID, sector de conocimiento y aprendizaje, 2011)

Se pierde un recurso importante dentro de las empresas al dejar de lado las lecciones aprendidas en la gestión de proyectos, según Pamela Babcock (2004), las empresas dentro del ranking "Fortune 500" pierden anualmente del orden de 31.500 millones de dólares por no compartir conocimiento, de cualquier tipo. Un estudio posterior de Terry Williams en 2007 reveló que el 89% de las comunidades de gestión de proyectos reconocía la alta importancia de las lecciones aprendidas, pero sólo el 12 % las llevaban a cabo. Así mismo identificó que los repositorios de conocimiento de lecciones aprendidas son considerados importantes por el 89% de los encuestados, pero sólo el 22% disponen de los mismos.

Es por esto que durante el desarrollo de los proyectos no se pueden perder las oportunidades para documentar actividades y eventos, para esto, las Lecciones Aprendidas deben ser integradas en la cultura corporativa como "aprendizaje continuo"; es decir, que el registro de las experiencias no se puede dejar como una actividad más, que se debe realizar en la fase de cierre, sino que es necesario tenerlo en cuenta en todas las fases del ciclo de vida del proyecto. Además, es imprescindible que esta filosofía sea ampliamente comunicada. (Bischoff, 2010)

Pero no basta con identificar y documentar las lecciones aprendidas, esta es solo la mitad del trabajo, ya que estas no agregaran valor al proyecto si permanecen ocultas en

repositorios y bases de datos. Las lecciones tendrán un valor real cuando se apliquen y pongan en práctica durante el ciclo de vida del proyecto. Es por esto que se debe implementar un sistema que permite poner en práctica las lecciones aprendidas, lograr que estas tengan un impacto real en la organización y en los proyectos. La cultura organizacional normalmente es una barrera que impide su aplicación y documentación.

Para lograr el éxito la organización debe tener una "Cultura de lecciones aprendidas" ¿Cómo pueden las lecciones aprendidas convertirse en una parte natural del proyecto en lugar de solo en otra tarea? La respuesta es simple: las lecciones aprendidas deben integrarse en la cultura corporativa. La organización necesita adoptar frases como "organización de aprendizaje continuo", la filosofía de la importancia de las lecciones aprendidas necesita ser ampliamente comunicada por los directores de las organizaciones, se pueden compartir historias de éxito, logros y beneficios que se lograron como resultado de la ejecución de las lecciones aprendidas en varios momentos del proyecto. Es importante inculcar al personal que las Lecciones Aprendidas son siempre lo primero a tener en cuenta, en cualquier fase del ciclo de vida del proyecto, y que con esto se lograra el objetivo de manera óptima.

El presente estudio trabajará las lecciones aprendidas como una herramienta de mejora continua aplicada a la gestión de proyectos, siguiendo un modelo de gestión del conocimiento. Se tratará la aplicación y sistematización de las lecciones aprendidas dentro de la una organización real, como es la "Head of project" de MEL. Nos referiremos a las lecciones aprendidas por sus iniciales en inglés, "*Lessons Learned",* es decir "LL".

4.5.2 Caracterización y documentación de lecciones aprendidas

Una lección aprendida describe el conocimiento adquirido de una actividad o proyecto, ya sea positivo o negativo. Una lecciones aprendida positiva es una buena práctica que se desea replicar en proyectos similares, Una lecciones negativa o mala práctica, se obtuvo generalmente de un error o desafío que ocurrió durante el proyecto, es algo que se desea evitar o corregir de manera oportuna durante el nuevo proyecto. Una lección puede ser muy simple y explícita, o puede ser compleja y la manera de capturarlas difiere del tipo de proyecto, organización y tiempo.

Las lecciones aprendidas capturan evidencias e identifican tendencias y relaciones causa-efecto, acotadas a un contexto específico, y sugieren recomendaciones prácticas y útiles para la aplicación o replicación del nuevo conocimiento en otros contextos y en

el diseño y/o ejecución de otros proyectos o iniciativas que se proponen lograr resultados similares.

Antes de que la lecciones pueda ser aplicada y agregar valor en el desarrollo de un proyecto, estas deben ser documentadas. Dentro de las organizaciones debe existir una manera ordenada de almacenar conocimiento permitiendo tener un acceso fácil y oportuno a la información. Esto es uno de los objetivos de la Gestión del conocimiento.

"La documentación de lecciones aprendidas contribuye a explicitar un nuevo conocimiento, su diseminación, aplicación y re-uso, consiste en el desarrollo de los elementos claves y la reconstrucción de la lógica que llevó a la consecución de los resultados y las relaciones causales que los condicionaron, capturadas durante la fase de identificación." (BID, sector de conocimiento y aprendizaje, 2011)

No existe una forma única de documentar Lecciones aprendidas, pero el PMI sugiere generar una plantilla o "Template" dé lecciones aprendidas, este formato puede completarse en grupo o de manera individual. Con el fin de facilitar la tarea, pueden realizarse las siguientes preguntas:

Tabla 4.3 Preguntas para capturar LL de proyectos .

Para recoger lecciones positivas	**Para recoger lecciones negativas**
¿Qué objetivos del proyecto se alcanzaron y como se logró?	¿Qué objetivos del proyecto no se alcanzaron y porque?
¿Qué funciono bien durante el diseño y la ejecución del proyecto?	¿Qué imprevistos tuvo que manejar el equipo de proyectos?
Para los aciertos del proyecto ¿Cuál fue la causa raíz de que desencadeno el resultado?	Para los errores y desafíos del proyecto ¿Cuál fue la causa raíz de que desencadeno el resultado?
¿Qué actividades deben ser repetidas?	¿Qué fue hecho que no deberíamos repetir?
¿Qué no fue hecho y que se debería implementar en proyectos similares?	

El contenido de las lecciones a documentar dependerá del enfoque, intención y uso que se les quiera dar. Esta decisión depende de los directores del proyecto. Las lecciones pueden ser extensas o no, esto variara según su ámbito de aplicación.

Las lecciones deben contener información del proyecto en el cual se originó el conocimiento, podría incluir (HMD Project Managers, 2016):

- Nombre del proyecto.
- Situación o circunstancia en que se identificó la lección
- Fecha de inicio y fin del proyecto, fecha de identificación de lección
- "Stakeholders" relacionados con el proyecto
- Información relevante del proyecto

La propia lección debe incluir la siguiente información (HMD Project Managers, 2016):

- Una categoría e identificador único
- Expresar de manera clara el tema de lección aprendida
- Descripción de la situación
- La fase del proyecto que se vio afectada
- Las acciones implementadas y resultados obtenidos
- Las recomendaciones para su aplicación en proyectos futuros

Los formatos o "Template" de lecciones aprendidas deben contener de manera resumida y ordenada la información previamente mencionada. Estas pueden ser usadas durante talleres de recopilación de conocimiento y para facilitar la captura de lecciones a aplicar en nuevos proyectos. (Ver Tabla 5.6 Template Taller LL - Cierre proyecto)

4.5.3 Barreras y beneficios de las lecciones aprendidas

Como en la implementación de cualquier proceso de mejora, existen circunstancias que dificultan la obtención de todos los beneficios posibles. Hay cuatro barreras clave para la aplicación efectiva de las lecciones aprendidas:

1) Falta de participación y compromiso del liderazgo con el proceso de aprendizaje
2) La cantidad de lecciones disponibles
3) Mala Ubicación y dificultad al acceso de las lecciones y el conocimiento.
4) Captura y aplicación de lecciones en el tiempo incorrecto.

Según Dressler (2007) la falta de participación durante el liderazgo durante la gestión de lecciones aprendidas en un proyecto está sobrevalorada. Un serio problema se da cuando el sector directivo del proyecto no entiende la importancia de las lecciones aprendidas y la ve más como una pérdida de tiempo que una herramienta para agregar valor. Otro problema se da cuando el liderazgo no es capaz de reconocer los verdaderos resultados del proyecto. La gerencia debe adoptar un reconocimiento imparcial de la verdad, sin adornos sobre los hechos. Ese reconocimiento es el primer paso para aplicar una lección.

Cuando existe una organización con pocas lecciones capturadas, no es atractivo utilizar dicho repositorio o tecnología de información (TI) y los equipos de trabajo se muestran reacios a aportar conocimiento. En oposición, tener que analizar demasiadas lecciones aprendidas resulta en una tarea abrumadora para los equipos, además cuando los repositorios de lecciones están mal administrados e indexados, pueden dar lugar a un vertedero de lecciones triviales y confusas que ofrecen poco o ningún valor a los demás. (Dressler, 2007)

A menudo se piensa en las lecciones aprendidas como algo a rescatar al final del proyecto, pero es en las etapas iniciales de este cuando se le da el valor real a las lecciones aprendidas, planificando su aplicación durante todo el resto del ciclo de vida del proyecto. Recolectar lecciones en etapas claves a lo largo del camino ayuda reducir los retrasos en su aplicación en otros proyectos. Además, las lecciones pueden tener una vida útil y pueden quedar obsoletas debido a la tecnología u otros

Algunos de los beneficios de un sistema de gestión de lecciones aprendidas una vez sorteadas las barreras mencionadas anteriormente son (HMD Project Managers, 2016):

- Las LL ayudan a hacer una buena planificación del proyecto, teniendo la oportunidad de sortear desafíos, aplicando buenas prácticas y minimizando riegos
- Las LL son una herramienta de apoyo y formación para otros líderes
- Ayudan a detectar oportunidades de mejora en los proyectos presentes y futuros
- Las LL permiten mejorar procesos internos, tanto de gerencia como procedimientos internos de equipos de proyectos.
- Ofrecen información de apoyo para una mejor toma de decisiones durante la gestión de proyectos, esto reduce la incertidumbre y mejora los tiempos de respuesta ante situaciones similares.

4.5.4 Sistematización y aplicación de las lecciones aprendidas

La importancia de sistematizar las lecciones aprendidas radica en el valor agregado que puede aportar a un proyecto y las recomendaciones que derivan de estas.

Para sistematizar las lecciones se debe implementar un ciclo de gestión de lecciones aprendidas dentro del ciclo de vida de los proyecto. Las fases del ciclo de gestión de lecciones aprendidas son: (i) identificación, (ii) documentación, (iii) diseminación (iv) re-uso. Estas fases integran una ruta crítica. Cuando una lección aprendida es re-usada,

se vuelve a iniciar el ciclo de aprendizaje. (Ver ilustración 9) (BID, sector de conocimiento y aprendizaje, 2011)

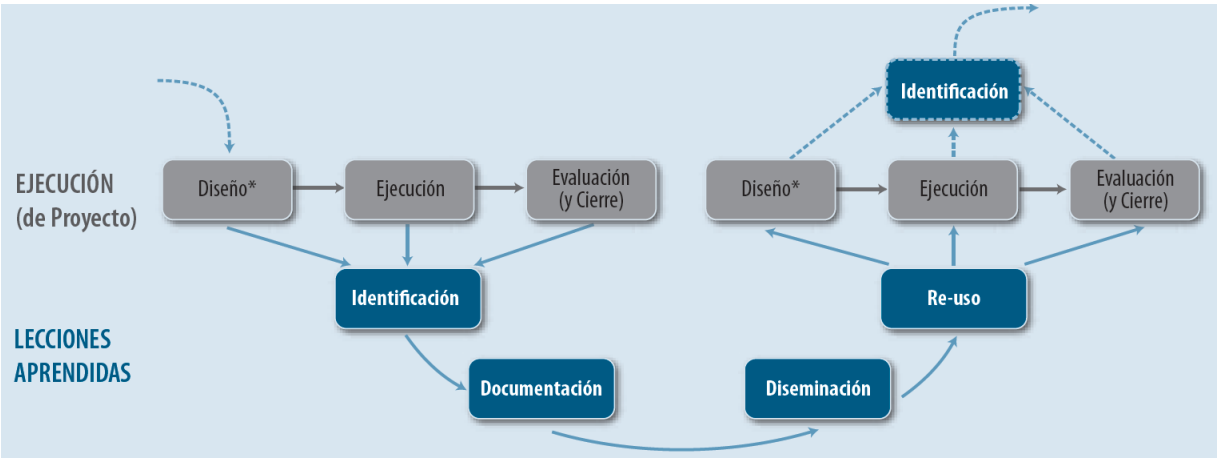


Ilustración 4.12 Ciclo de Gestión de lecciones aprendidas y Ciclo de vida proyectos en el BID (BID, sector de conocimiento y aprendizaje, 2011)

Una de las herramientas que permite facilitar la documentación o captura de lecciones aprendidas y su re-uso o aplicación es la realización de talleres de lecciones aprendidas.

"El taller de lecciones aprendidas es un espacio donde los participantes comparten experiencias e impresiones sobre el desarrollo del proyecto en su totalidad, o de fases previas del mismo. A partir de las experiencias particulares, a medida que se desarrolle el taller, surgen comentarios que irán mostrando cuál es el conocimiento que subyace, las posibles acciones de mejora, o cómo se obtuvieron los logros." (Zarbo, 2012)

El taller debe ser promovido por el líder el proyecto motivando a todos los "Stakeholders" a participar, los talleres de lecciones aprendidas deben realizarse:

1) Al inicio de un proyecto con el fin de capturar y rescatar lecciones que agregaran valor durante todo el ciclo de vida del proyecto
2) Al final del proyecto para documentar las lecciones que se aprendieron durante el proyecto, ya sean positivas o negativas.
3) Cuando el líder del proyecto lo vea necesario

Durante los talleres de lecciones aprendidas deben identificarse las lecciones que apliquen y den valor al proyecto, encontrar soluciones aplicadas al nuevo desafío, asignar tareas y responsabilidades que permitan usar la lección durante el proyecto.

Según Zarbo (2012) algunos consejos y lecciones aprendidas sobre cómo llevar a cabo un Taller de lecciones aprendidas son:

- No pida permiso para realizar un taller de lecciones aprendidas. Nunca parece ser buen momento.
- Recuerde que recopilar experiencia no es lo importante, sino lo que hacemos con ella.
- Involucre a todo el equipo en el taller. Aunque se encuentren lejanos físicamente, integre a quienes participan (o participaron) de su equipo.
- Comprométase con el desarrollo profesional de quienes participan en sus equipos.

Entonces una vez identificadas las lecciones estas deben ser aplicadas en el ciclo de vida del proyecto. Es en la etapa de re-uso donde la lección aporta un valor real al proyecto. El líder del proyecto debe velar por el uso correcto de las lecciones.

Es necesario que exista un seguimiento y control sobre la aplicación de las lecciones previamente rescatadas, el líder del proyecto debe asignar un encardo de realizar el seguimiento de las lecciones rescatadas durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Al cierre o término del proyecto se debe realizar la documentación del conocimiento y lecciones que se obtuvieron. La información debe ser almacena en un repositorio, "no debe quedar en un documento Word o de otro tipo, archivado con nuestro proyecto, ya que deberíamos alimentar una base de datos (sencilla o potente), a la que poder preguntarle, cada vez que se inicia un proyecto" (Lopez, 2016). La generación de una base de datos es parte fundamental de la gestión de lecciones aprendidas y una herramienta de importante para facilitar la gestión del conocimiento.

Se desarrollaran las lecciones aprendidas en detalle durante la metodología de implementación del sistema de gestión de lecciones aprendidas en el ciclo de vida de proyectos en Minera Escondida Ltda.

5) Metodología de trabajo

Con el objetivo de generar una herramienta de mejora continua para la vicepresidencia de proyectos de MEL basado en la gestión de lecciones aprendidas, se aplicara el modelo para implementar la gestión del conocimiento propuesto por Tiwana (2002) "10 Step RoadMap" (ver sección 4.2.2), donde se seguirán las 4 fases previamente descritas, es decir: se evaluara la infraestructura existente, se diseñara y desarrollara un sistema de gestión, se implementara y finalmente se evaluaran los resultados. Se procederá a ejecutar diversas actividades entre las cuales se pueden destacar:

- Estudio y descripción el ciclo de vida de proyectos y el proceso de gestión de proyectos dentro de Minera Escondida Ltda.
- Identificación del problema, análisis de infraestructura existente de lecciones aprendidas en Minera Escondida Ltda.
- Diseñar un sistema de gestión de lecciones aprendidas aplicable a la gestión de proyectos en Minera Escondida Ltda.
- Recopilación de lecciones aprendidas, revisando documentación, entregables y planos de distintas especialidades (Mecánica-Piping, civil-estructurales, eléctrica instrumentación) de proyectos anteriores, y participando de talleres de lecciones aprendidas para la creación de una base de datos interactiva como herramienta de gestión del conocimiento.
- Implementación sistema de gestión de lecciones aprendidas en el ciclo de vida de un proyecto capital, registrado resultados para implementar un proceso de mejora continua.
- Implementar sistema de gestión de lecciones aprendidas en proyecto piloto dentro de proceso de gestión de proyectos en MEL.

5.1 Gestión de proyectos en Minera Escondida Ltda.

5.1.1 Contexto y Descripción de la Organización

BHP es una de las compañías líderes de explotación y producción de recursos naturales a nivel mundial, lo cual incluye aluminio, cobre, carbón, níquel, manganeso, plata, y uranio. El portafolio diversificado que posee permite adaptarse a las diferentes necesidades de los clientes, y al operar Assets de larga vida y bajos costos, le provee de un posicionamiento sólido dentro de la industria. (ABATTE PÉREZ, 2014)

Dentro de todas las unidades de negocio, se encuentra *Minerals america,* en el cual se enmarcan las operaciones de cobre situadas en Chile. Una de ellas es Minera Escondida Ltda. cuyos dueños son: BHP (57,5%), Río Tinto (30%) y Jeco Corporation (12,5%).

Minera Escondida Ltda (MEL) es la empresa líder en la producción de Cobre a nivel mundial con una participación en el mercado global de 6,2%, basa su crecimiento en la ejecución de proyectos que agreguen valor al proceso productivo, aplicando nuevas tecnologías y asegurando la sostenibilidad de la empresa en el tiempo. Con foco en la seguridad y salud de sus trabajadores, protegiendo el medioambiente y las comunidades que la rodean.

Esta cuenta con dos rajos abiertos (Escondida y Escondida Norte) y la infraestructura incluye sistemas de chancado y transporte de mineral, tres plantas concentradoras (Laguna Seca línea 1, línea 2 y Los Colorados), dos pilas de lixiviación, dos plantas de extracción por solventes y una planta de electro-obtención. El transporte de concentrado de cobre se efectúa a través de dos líneas de mineroducto desde la mina hasta la planta de filtros ubicada en Puerto Coloso, también propiedad de MEL. En las instalaciones de dicho puerto, ubicado en el extremo sur de la ciudad de Antofagasta, opera también la actual planta desalinizadora de agua de mar, cuyo producto (agua de uso industrial) se transporta junto con el agua de filtrado, a través de un acueducto que cruza 167 kilómetros por el desierto hasta llegar a la mina.

El concentrado de cobre se obtiene a través del proceso de flotación de mineral sulfurado y los cátodos de cobre, mediante lixiviación de mineral oxidado, biolixiviación de súlfuros de baja ley, extracción por solventes y electro-obtención. La producción de cobre de Minera Escondida Ltda fue del orden de 1,1 millones de toneladas métricas para el período comprendido entre enero a diciembre del año 2017.

5.1.2 Agentes involucrados en la Gestión de proyectos

A modo de introducir esta sección, se presentan las principales áreas y roles involucrados en la gestión de proyectos, de tal manera de describir el proceso actual y deficiente de comunicación que opera en la actualidad.

1) Head of Project (HoP):

Área funcional de la organización a cargo de ejecutar los proyectos de capital que efectivamente requieran de ingenierías conceptuales, básicas o de detalles para su implementación. Además, es responsable de la reportavilidad, visibilidad y gestión completa de los proyectos, asegurando que todos los involucrados estén en sintonía del progreso de los proyectos. Si bien no es el área dueña del CAPEX, sí es quien lo gestiona, administra y ejecuta en base a los requerimientos del cliente. Esta área a su vez se compone de tres sub-áreas, las cuales son (ABATTE PÉREZ, 2014):

- *Gerencia de Ingeniería Proyectos:* a cargo de recibir el input de la Gerencia de Ingeniería de la operación, y proseguir con las ingenierías conceptuales, básicas y de detalle de las iniciativas levantadas por la operación. De esta manera se entrega la solución factible a ser ejecutada por la Gerencia de Ejecución de Proyectos.
- *Gerencia de Ejecución de Proyectos*:("Development & Delivery") área responsable de recepcionar el o los entregables de Ingeniería HoP para proceder luego a la ejecución del proyecto en terreno, asegurando de cumplir en plazo y presupuesto durante la ejecución.
- *Gerencia de Control de Proyectos:* área del control de costos, control de plazo, control de calidad, gestión documental y reportavilidad integrada de la HoP, a fin de dar soporte, tanto al área de ingeniería HoP como de ejecución de proyectos.

2) Área de Operaciones:

En MEL podremos identificar 4 áreas: Operaciones Mina, Operaciones Cátodos, Operaciones Concentradora y NPI&CHO. Dentro de operaciones existen tres áreas críticas de interacción con la Head of Project, las cuales juegan roles fundamentales en el ciclo de vida de un proyecto. Estas son (ABATTE PÉREZ, 2014):

- *Superintendencia de Ingeniería*: ésta área está a cargo de mantener la infraestructura de la operación, así como también ser el puente de comunicación formal entre la HoP y las áreas operacionales, ya sean Producción o Mantenimiento. También efectúa el levantamiento inicial de requerimientos e iniciativas de la operación (fese de identificación), entregando este inputs a la

HoP para que esta última afine el CAPEX estimado y prosiga con las fases sucesivas de la gestión de proyectos.

- *Gerencia de Producción:* área cliente de la cual se gatillan la mayor cantidad de proyectos e iniciativas que involucran inversión de capital. Adicionalmente, se incluyen iniciativas direccionadas a la seguridad y salud de las personas, a fin de tener el entorno de trabajo bajo control y en los estándares que la compañía requiere.
- *Gerencia de Mantenimiento*: área cliente que levanta principalmente iniciativas asociadas al aseguramiento de la disponibilidad de los equipos e infraestructura instalada, de tal manera de que puedan ofertar a su cliente interno mayor cantidad de tiempo disponible para que puedan operar.

3) Escondida Capital Review Committee (ECRC):

Es el comité de aprobación de capital, sus responsabilidades son: Endosar proyectos en base al valor del proyecto y su alineamiento con la estrategia de Minera Escondida Ltda. Aprobar desviaciones de costo, plazo y alcance, aprobar el cambio de alternativa de un proyecto y la cancelación del mismo. Solicita, si es necesario, un revisor independiente para el proyecto, instancia que se debe definir al finalizar la etapa de Identificación.

5.1.3 Proceso de Gestión de proyectos

Siendo BHP una compañía líder a nivel mundial en recursos naturales, se hace crítico el asegurar la sustentabilidad del negocio en el largo plazo, y así aumentar el valor para los accionistas. Una arista muy importante son las inversiones en capital, donde de una u otra manera se sustenta la producción del recurso para el futuro, y por ende la permanencia en la industria. Es por esto que un seguimiento disciplinado del gasto y ejecución del CAPEX es fundamental, ya que permite asegurar la plataforma para implementar los planes de producción, y por ende dar sustentabilidad al negocio en el tiempo. (ABATTE PÉREZ, 2014)

El proceso de desarrollo del proyecto y el proceso de inversión son procesos paralelos y van de la mano. Si bien el proceso de inversión describe un marco para la toma de decisiones, el proceso de desarrollo del proyecto proporciona la información y los resultados necesarios para respaldar las decisiones de inversión informadas. En este contexto, las fases del proceso de inversión también se conocen como fases de desarrollo del proyecto. (PDM, BHP , 2017)

El proceso de gestión de proyecto de MEL consta de 4 fases, las cuales son identificación, selección, definición y ejecución cada fase es desarrollada por distintos equipos de trabajo, lo que presenta una oportunidad de mejora en el cumplimento de los plazos de ejecución. Es común que la etapa de identificación se retrase de 4 a 6 meses, en la Ilustración 5.1 el atraso se refleja en la línea punteada anaranjada, la cual explicita el desfase en el inicio de la ingeniería, con su consecuente atraso en la ejecución de los proyectos, lo que impacta en el incumplimiento del KPI estándar de ejecución del CAPEX (plazo y costo).

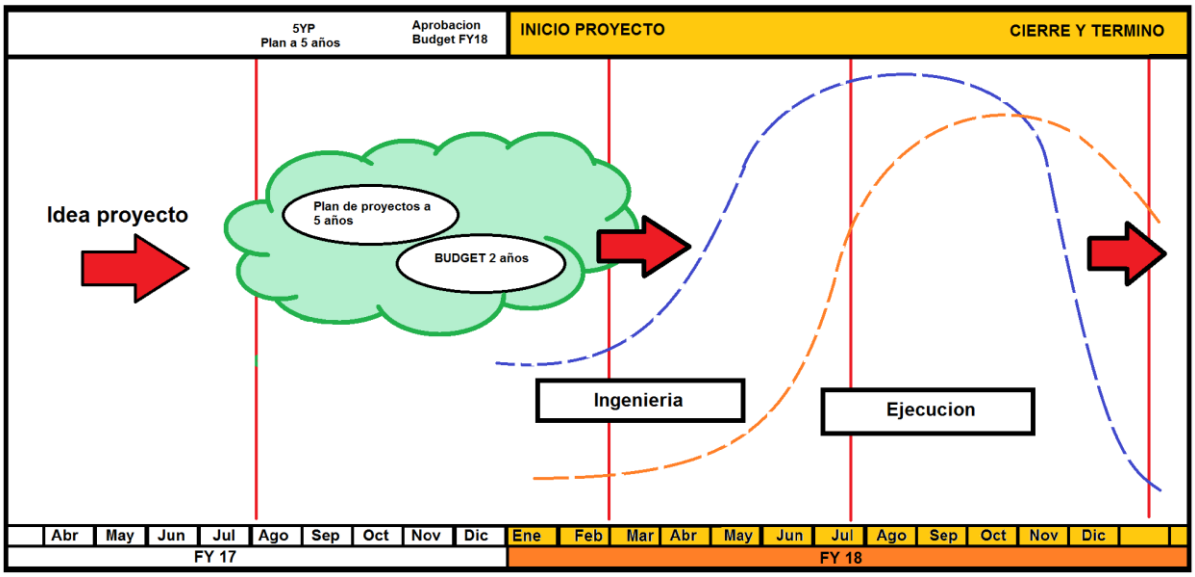


Ilustración 5.1 Timing de Gestión de Proyectos

Dentro de MEL, los proyectos se clasifican en cuatro tipos:

- *Compliance*: Proyectos generados para cumplir con normativas y requerimientos legales (ya sea externo o internos de la empresa, para mantener la licencia de operación), al menor costo posible.
- *Risk reduction*: Estos buscan reducir o mitigar un riesgo asociado con seguridad, salud, medio ambiente o comunidad.
- *Sustaining*: Proyectos generados para mantener a los activos en los niveles de producción y operatividad esperados por la compañía.
- *Improvement*: Estos proyectos buscan mejorar el desempeño del negocio, incrementar la producción o la calidad de los productos y procesos, generando ganancias para la compañía.

Son solo estos dos últimos que son evaluados por el nivel de retorno que generan a la empresa. También podemos clasificar los proyectos respecto a su nivel de inversión, estos son:

- Proyectos cuyas inversiones sean mayores a US$20M deben ser desarrolladas de acuerdo al "Minerals Americas Investment Process" y "Investment Process" (documentación interna de gestion de proyectos).

- Proyectos con una inversión menor a US$20M son desarrollados de manera diferente, de acuerdo al "Manual de proyectos de capital de Minera Escondida 2017.2 y el "Manual de ingeniería para Asset project" (documentación desarrollada por la HoP).

Son estos proyectos menores los que presentan la mayor oportunidad de mejora y se tienen en mayor cantidad dentro de Minera Escondida Ltda., para estos proyectos se realizara en mayor enfoque durante este presente trabajo de memoria.

5.1.4 Ciclo de vida de los proyectos en Minera Escondida

El desarrollo de los proyectos en BHP Minera Escondida Ltda. toma lugar durante 5 fases las cuales conforman el ciclo de vida de los proyectos. Estas fases son:

- Fase de identificación
- Fase de Selección
- Fase de Definición
- Fase de Ejecución
- Fase de Operación

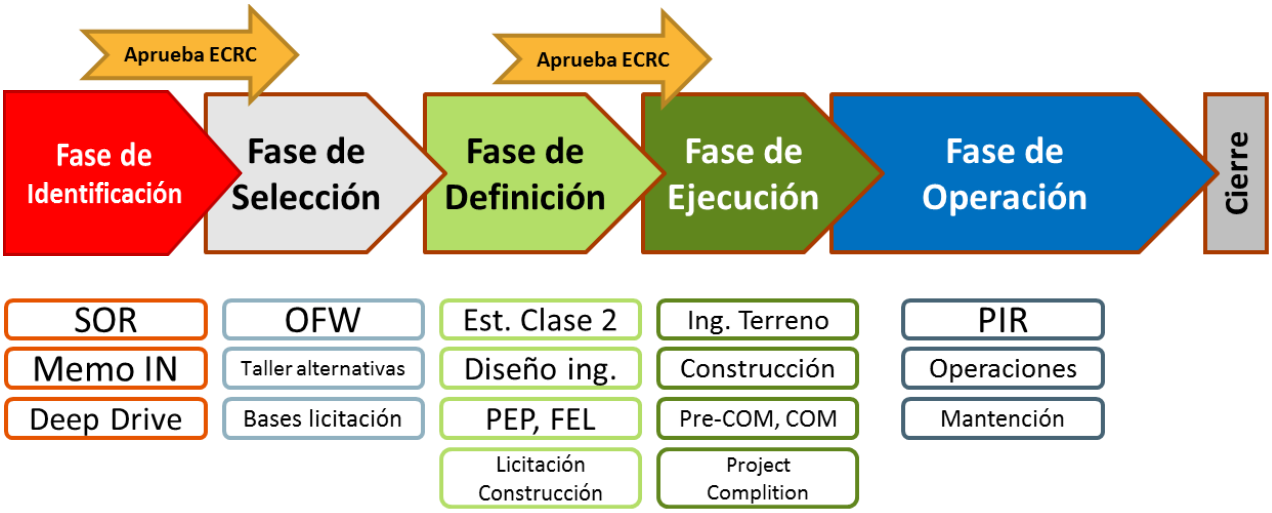


Ilustración 5.2 Ciclo de vida proyectos Minera Escondida

Es importante mencionar que la Vicepresidencia de proyectos de Minera Escondida o la "Head of Project" (HoP) está presente de manera significativa solo durante las primeras 4 fases, es decir: identificación, Selección, Definición y Ejecución, y muchas veces se considera solo esto como el ciclo de vida de un proyecto. Por lo que al trabajo de implementación le será dando un enfoque especial a estas 4 fases, mencionando su aplicación durante la Operación de manera teórica.

1) Fase de identificación

El objetivo de esta fase es identificar el valor que tendrá la posible inversión, identificar posibles riesgos de capital, potenciales estrategias de inversión para distintas alternativas a promover durante la fase de selección y asegurar su alineación con la estrategia de negocios.

Durante la fase de identificación, las preguntas clave para responder son (BHP, 2016):

- ¿El tamaño del recurso satisface las necesidades de crecimiento del negocio?
- ¿Cuál es el máximo potencial de la oportunidad?
- ¿Está en una ubicación que se puede operar con éxito?
- ¿Existe un proceso técnico que pueda producir un producto vendible y qué investigación adicional se requiere en la próxima fase?
- ¿Hay un mercado para el producto producido?
- ¿durante su ejecución se puede permitir las operaciones de la mina y el proceso en esta área?
- ¿Cuáles son las características generales de la oportunidad?
- ¿Cuáles son los factores clave del negocio para la oportunidad, los principales riesgos y los posibles riesgos intolerables de alto riesgo residual?

El área de operaciones que levanta la iniciativa es la encargada de esta etapa. Los entregables mínimos que debe generar para pasar el GATE 1 son (HoP, Minera Escondida, 2017):

- "State of requerimients" (SoR), declaración de requisitos
- "Memo Investment Notification" (Memo IN)
- Estimación de CAPEX y Schedule

Con el fin de apoyar al área, la *"Head of Proyects"* participa en conjunto en una reunión de revisión técnica, revisión de estimación de costos y plazos llamada "Deep Dive".

Posterior al Deep Dive, se debe presentar la iniciativa al ECRC, comité de capital MEL, que está encargado de aprobar o no el proyecto. Una vez aprobada la iniciativa está pasa a la etapa de Selección y es tomada por la HoP.

2) Fase de Selección y Definición combinada

Para proyectos donde le capital es inferior a US$20M, la fase de selección y definición se combinan, con el propósito de lograr mayor eficiencia en el desarrollo del estudio y la ingeniería del proyecto. "Todos los proyectos Asset Projects que se encuentran en la fase selección/definición pasan por la etapa de Ingeniería. Por lo cual es fundamental estandarizar este proceso capturando los requisitos en las bases de licitación, definiendo las bases de diseño, normas y estándares a utilizar, de esta manera se asegurará que la ingeniería recibida cumpla con todos los estándares solicitados por Minera Escondida Ltda." (Ingenieria Hop, 2017)

El objetivo de la fase de Selección es evaluar todas las alternativas de creación de valor razonables y seleccionar la alternativa de inversión optima, teniendo en cuenta el valor presente neto (VPN), el riesgo, la incertidumbre y el valor de la opción incorporada. Se debe asegurar la viabilidad técnica y comercial de la inversión seleccionada antes de continuar con el estudio y la optimización en la fase de definición.

Aunque dentro de los entregables y requerimientos se encuentra la ejecución del taller de lecciones aprendidas, debido a los tiempos acotados y apresurados de los proyectos el taller no tiene la debida asistencia correcta, no se aplica durante el ciclo de vida del proyecto o simplemente no se realiza.

El objetivo de la fase definición es definir la inversión optimizando la configuración seleccionada para los costos del ciclo de vida y el VAN, además se debe finalizar el alcance, el costo, el cronograma, los términos comerciales, las aprobaciones legales y acuerdos antes de la ejecución del proyecto.

Las actividades que debe realizar ingeniería están definidas en el "Manual de ingeniería para Asset Project. "Head of Project", estas son:

- Participación del "Project Engineer" en los Deep Dive para revisión de factibilidad técnica y revisión de estimación de costos realizada en etapa Identificación para la fase Selección Definición.
- El inicio de la etapa de ingeniería está definido con la aprobación del proyecto en el ECRC.
- Elaboración de Matriz de Complejidad de Ingeniería.
- Participación en definición de SWP, incorporando tiempos de duración de etapa de Ingeniería en el programa de toda la fase.
- Generación de Bases Técnicas de Licitación de Ingeniería.
- Selección y proceso de adjudicación de la empresa que desarrollará la ingeniería.
- Inicio del desarrollo de la ingeniería con citación a KOM.
- Requisitos para el desarrollo de los documentos de Ingeniería.

- Análisis y gestión de entregables del proyecto, en revisión Para Aprobación.
- Análisis y gestión de entregables del proyecto, en revisión Aptos para Construcción.
- Recepción de Informe de Cierre y Cálculo índice FEL.
- Generación de Registro Valor Agregado (Fit for Purpose).
- Apoyo en proceso de Licitación de Construcción.
- Apoyo durante la etapa de ejecución como responsable tanto de las Ingenierías de Enlace y de Terreno.(fase de ejecución)

Durante esta fase se espera que se añadan los criterios de mantenibilidad y confiabilidad dentro de los diseños de ingeniería, para que en la fase de operación se cumpla sin desafíos con los alcances de costos de mantenimiento y su disponibilidad.

Los talleres de lecciones aprendidas al igual que los talleres de contractibilidad, riesgos, y otros son realizados al inicio de la fase de Sel/Def, pero no son facilitados por ingeniería sino que por el "Lead Delivery" de la gerencia de desarrollo dentro de la HoP.

"Una vez finalizadas las Bases de Licitación se invita a las empresas de ingeniería del contrato marco. Trabajar con estas empresas facilita y agiliza el proceso de adjudicación de los servicios debido a que al ya existir un contrato vigente, se generan las ordenes de servicio por parte del equipo de ingenieria" (Ingenieria Hop, 2017). La empresa del contrato marco actual son: HATCH, JACOBS, KEYPRO, Pares & Alvares y PROMEC.

La empresa de ingeniería del contrato marco que se adjudica el contrato tienen el trabajo de generar diseños y entregables que permitan la ejecución optima del proyecto. Estos entregables antes de estar terminados son emitidos en "Revisión B", para ser revisados por un equipo consultor, si se considera necesario, estos deben generar comentarios de cambio o mejora y aprobar los planos y documentos del proyecto. Existen 3 códigos de revisión de entregables

1) Aprobado (sin comentarios)
2) Aprobado con comentarios
3) Pendiente aprobación

"Una vez terminado el ciclo de entregas de documentos del proyecto, el "Project Engineer" debe calcular el índice FEL y seguir apoyando al "Lead Construction" en el proceso de Licitación de Construcción y posterior a eso es el responsable de la Ingeniería de Enlace (si se requiriere) y de la Ingeniería de Terreno" (Ingenieria Hop, 2017).

3) Fase de Ejecución

Durante esta fase se comienza a ejecutar lo planificado y definido en las fases anteriores, El objetivo principal de la fase de ejecución consiste en asegurar que el proyecto alcance los objetivos establecidos en el Plan de Ejecución del Proyecto (PEP) aprobados en la fase de definición tales como los Indicadores Claves de Desempeño (KPI) del proyecto, incluyendo las metas de Seguridad, Cumplimiento del alcance, Cumplimiento del costo y Cumplimiento del cronograma.

La Gerencia de ejecución de proyectos tiene a cargo el desarrollo de esta fase, algunas de las actividades clave a realizar durante la fase de ejecución son (PDM, BHP billiton, 2017):

- Énfasis inicial en la implementación del PEP (incluido cada plan funcional) y, en particular, garantizar la integración de las funciones para crear una organización de proyecto efectiva capaz de cumplir los objetivos del proyecto.
- Se da inicio a la etapa de construcción, según corresponda. Posteriormente se realiza el pre-comisionamiento y comisionamiento y la entrega a operaciones
- El proyecto se gestiona y supervisa de acuerdo con KPI aprobados, incluida la supervisión del rendimiento en relación con los objetivos comerciales aprobados, como la creación de valor.
- Se establecen controles del proyecto y la ejecución del proyecto se controla, supervisa e informa.
- Pre-comisionamiento (Pre-COM), Comisionamiento (COM)
- Entrega del proyecto de acuerdo con PEP, SoW, presupuesto y cronograma.

Algunos de los entregables requeridos en esta etapa son (HoP, Minera Escondida, 2017):

- Minuta Kick off meeting ejecución
- Registro de cambios del proyecto
- Plan de gestión de riesgo , en esta etapa se realiza control y seguimiento
- Acta de recepción y carpeta TOP
- Formatos de cierre de proyecto (acta de disposición de pasivos ambientales, entrega a operaciones y revisión de cierre de proyecto)
- Taller de Lecciones aprendidas - cierre proyecto
- Historial de estados de pago

Durante la ejecución del proyecto, se genera una gran cantidad de lecciones aprendidas, pues se detectan errores de diseño, errores en el alcance y en la solución propuesta. Estas desviaciones se registran en documento tales como los “Requerimientos de información” (RFI) y las Potenciales notas de desviación (PDN). Ingeniería debe

trabajar en conjunto con ejecución para dar solución a los problemas que se presentan. Se generan además lecciones durante la etapa de Pre-COM y COM en esta etapa se detectan problemas de instalación y montaje, así como futuros problemas de mantenibilidad de los equipos, estas lecciones se deben capturar e incluyen en la etapa de diseño para proyectos similares. Una vez terminado el proyecto, cumplido los alcances y objetivos, este se entrega a operaciones.

Es importante destacar que esta ya arraigado dentro de la cultura de proyectos en MEL realizar un taller de lecciones aprendidas al cierre de proyectos, pero no siempre generan conocimiento aplicables, no siempre tiene la asistencia requerida y finalmente no existe un reservorio de lecciones aprendidas, no existe una base de datos donde se puedan almacenar.

4) Fase de Operaciones

Terminada la ejecución y montaje según los planos de construcción, y una vez realizado el Comisionamiento, se da inicio al "Ramp Up" y puesta en marcha de la planta, en un trabajo conjunto por parte de la "*Head of Project*" y el área de operaciones.

Durante el "Ramp up" se va aumentando gradualmente la producción o el rendimiento de una instalación o equipo hasta que se alcanza el rendimiento para el cual fue diseñado, realizando las pruebas de rendimiento necesarias para determinar si las instalaciones o sistemas funcionan según las condiciones establecidas para un trabajo estable. Los criterios de rendimiento, el método de evaluación y la manera en que las instalaciones, equipos o sistemas se entregarán por la HoP a las operaciones se acordarán antes de comenzar las pruebas finales.

La "*Head of Project*" hace entrega de los equipos o instalaciones con toda la documentación de mantenimiento necesaria para que el área usuaria ingrese la información a su plan de trabajo y mantenimiento. Una vez completadas las actividades anteriores, con la planta o equipo funcional, el proyecto deja de estar en manos de la HoP y pasa a las de Operaciones. Es el área usuaria la que se encarga que el proyecto cumpla finalmente su objetivo en términos de productividad u operacion, siguiendo los planes de mantenimiento previamente establecidos.

La gestión de la mantención en las áreas operativas en Minera Escondida Ltda. lleva el nombre de "Work Management", la cual carga la información y planes de mantenimiento entregados por la HoP al programa SAP, el cual gatilla cada cierto tiempo acciones y trabajos que aseguran la confiabilidad del equipo o planta.

Una vez ejecutada la tarea, se deja un registro de lo acontecido, desafíos y buenas practicas, para una posterior revisión de cómo se realizó la actividad de mantenimiento,

esto debería generar modificaciones en las futuras actividades de mantención si se considera prudente. Se presenta este proceso en la Ilustración 5.3.

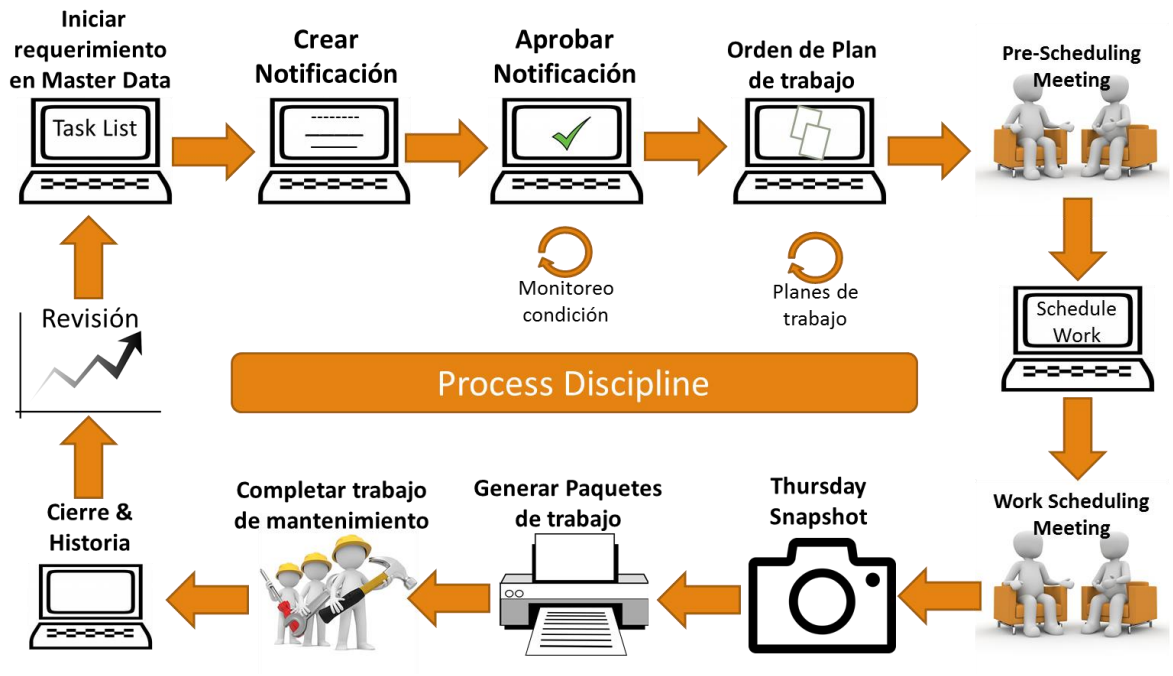


Figure 5.3 Proceso de gestión del trabajo de mantenimiento MEL

En caso que el proyecto presente problemas durante sus primeros meses de operación, la *"head of Project"* interviene, se realizan los estudios correspondientes y se determina la solución más óptima para el problema. Eventos como este son lecciones aprendidas potentes para documentar, que pueden llegar a aumentar la confiabilidad de los proyectos, pero eso no sucede y la información se pierde, arriesgando un nuevo proyecto a cometer los mismos errores.

Después de un año de la entrega del proyecto, la *"head of Project"* debe realizar un "Post investment Review" (PIR), el cual tiene por objetivo hacer un análisis retrospectivo de las decisión de inversión tomada y obtener aprendizajes clave para inversiones futuras. El PIR debe considerar:

- Los niveles de productividad y operación reales contra lo diseñado.
- Aplicación de los planes de mantenimiento propuestos en la etapa de diseño.
- La captura de lecciones aprendidas

Generalmente, esta actividad se realiza solo para proyectos mayores, debido al tiempo y esfuerzo que significa, pero es una herramienta potente para determinar los niveles de confiabilidad reales del proyecto y la captura de lecciones aprendidas.

5.1.5 Las lecciones aprendidas, VIPs en BHP

Las "Value improving practice" (VIPs) son prácticas de mejora dentro de BHP Billiton que agregan valor a la gestión de proyectos. Una de las VIP fundamentales son las lecciones aprendidas.

Según el manual PDM (2017), el propósito de las lecciones aprendidas y las mejores prácticas VIP es:

- Evitar la pérdida del valor del proyecto identificando y aprendiendo prácticas efectivas adoptadas en proyectos similares y asegurando que los errores pasados no se repitan.
- Contribuir al valor del proyecto garantizando que las buenas prácticas que se han utilizado con éxito en proyectos similares se tengan en cuenta y se apliquen de manera adecuada al proyecto.

"Siempre que sea posible, los aprendizajes claves y las buenas prácticas estarán disponibles a través de su incorporación a los estándares, directrices y plantillas existentes. Por lo tanto, es importante asegurarse de que se sigan rigurosamente dichos estándares y directrices, y que las plantillas y herramientas disponibles se utilicen de manera adecuada".

"El tiempo para el uso de este VIP es importante. Los pasos de identificación e implementación deben hacerse al principio del proyecto. Esto se debe a que será necesario implementar una serie de aprendizajes y buenas prácticas que se identificarán durante esta fase para obtener el valor asociado. Se considera que ayuda a configurar el proyecto para el éxito. El proceso puede repetirse al comienzo de cada nueva fase del proyecto, especialmente si hay nuevas personas en el equipo del proyecto" (PDM, BHP , 2017)

El alcance de las lecciones aprendidas VIP incluye:

- La identificación de aprendizajes relevantes y buenas prácticas de proyectos similares para su inclusión en el desarrollo, ejecución y entrega del proyecto a operaciones y cierre.
- Documentar el proceso acordado para implementar los aprendizajes específicos y las buenas prácticas identificadas en el proyecto.

Según el manual PDM (2017), el proceso de identificación de lecciones aprendidas debe ser decidido por el equipo del proyecto, se sugiere revisar proyectos anteriores en plataformas internas de gestión de proyectos como "eRoom". Otras fuentes pueden ser:

- Otros equipos de proyecto o personas con experiencia apropiada: una reunión o taller que incluye el equipo del proyecto y los miembros clave de un equipo de proyecto que tiene o está trabajando en un proyecto similar.
- Documentos de cierre y revisión del proyecto: esto requiere una revisión formal de los documentos de revisión de proyecto similares. Estos pueden ser de difícil acceso. También lleva mucho tiempo acceder y revisarlos. Los documentos también pueden necesitar una explicación adicional para comprender completamente las acciones correctivas o los comportamientos necesarios para su aplicación.

Pero en la ejecución real de proyectos en Minera Escondida Ltda. no se dispone el tiempo para llamar y coordinar con otros equipos de trabajo, para suplir esto se destina el tiempo de los talleres de lecciones aprendidas. Buscar documentación en las plataformas y reservorios de proyectos en MEL es lento, difícil y no siempre cuentan con toda la información. Por lo que lo propuesto en el manual de desarrollo de proyectos BHP no soluciona los problemas existentes, esto da una pauta de inicio para la gestión de lecciones aprendidas.

5.2 Identificación del problema

La Vicepresidencia de proyectos de Minera Escondida Ltda. debe asegurar que todos los proyectos de inversión de capital generen beneficios medibles, sustentables y eficientes, dentro del ciclo de vida de los proyecto. Para lograr esto se deben recoger y aplicar buenas prácticas, evitar y solucionar errores apuntando hacia la mejora. Se trabajara la gestión de lecciones aprendidas como herramienta de mejora continua.

Durante el estudio, desarrollo y ejecución del proyecto se generan errores que se cometen una y otra vez, interferencias no detectadas, mal diseño de planos, diseños que no consideraron la mantenibilidad de los equipos, errores durante el montaje, entre otros, y por otro lado ideas que pueden ser aplicadas con éxito en distintos proyectos a lo largo de todo el ciclo de vida de estos. Esto se conoce como las lecciones aprendidas.

En la sección anterior se ha revisado la infraestructura de gestión existente y se ha descrito brevemente el ciclo de vida de los proyectos dentro de MEL, siguiendo el modelo de KM presentado en el capítulo 4.2.2, en la fase 1 “Estudio de infraestructura

existente" se nos solicita identificar como se aplican las lecciones aprendidas dentro de la gestión de los proyectos. Estas son:

- Taller de lecciones aprendidas (Fase de Selección/Definición)
- Taller de lecciones aprendidas- Cierre proyecto (Fase de ejecución)

Estas son las dos instancias donde actualmente interfieren las lecciones aprendidas dentro del ciclo de vida de los proyectos. Pero existen problemas durante la ejecución y aplicación de estos talleres, se genera un diagrama causa/efecto con el fin de identificar los problemas de los talleres:

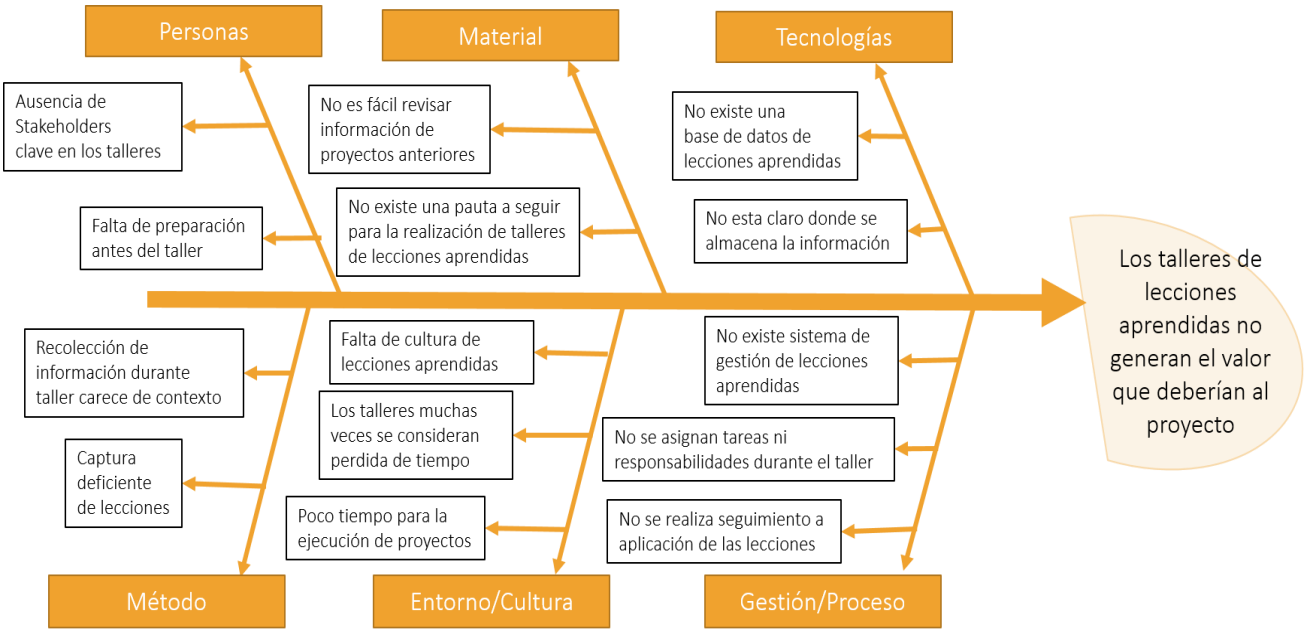


Ilustración 5.4 Diagrama Causa-Efecto, problemas de la gestión de lecciones dentro de Minera Escondida

Entonces, podemos identificar 9 puntos clave de porque los talleres realizados durante la gestión de proyectos no generan el valor que deberían:

1. Falta de preparación previa al taller.
2. Ausencia de Stakeholders claves.
3. Existe poco tiempo para desarrollar el taller de manera óptima.
4. La recolección de información durante los talleres es deficiente y carece de contexto.
5. No se asignan tareas ni responsables para solucionar problemas detectados en proyectos anteriores.
6. No existe seguimiento a la aplicación de lecciones recopiladas al inicio del proyecto

7. Las lecciones solo son identificadas parcialmente
8. No existe reservorio o base de datos de lecciones aprendidas que recolecten en un lugar común las lecciones capturadas durante el taller.
9. No existe cultura de lecciones aprendidas.

Muchos de estos problemas se dan porque no se entienda la importancia de las lecciones aprendidas en la gestión de proyectos, dentro de la HoP los talleres de lecciones aprendidas normalmente se realizar por cumplir y terminar los entregables necesarios para pasar a la siguiente fase. La información se recolecta de manera apresurada sin pensar en cómo se podría aplicar ese conocimiento a futuro, la información no se aplica dentro del ciclo de vida del proyecto y finalmente el conociendo de pierde dentro de un tumulto de archivos o queda en unos pocos integrantes de los equipos de proyectos.

La aplicación de las lecciones aprendidas también se dificulta por el hecho que MEL externaliza el trabajo, el diseño y la ejecución de proyectos, ocupándose solo de la gestión. Por lo tanto se debe implementar un sistema de gestión de lecciones aprendidas capaz de aplicar dentro y fuera de organización.

También existen desafíos durante la fase de identificación, mala estimación de CAPEX y plazos, los alcances (SoW) no son claros, ingeniería mal definida, entre otros. Según el manual de desarrollo de proyectos (PDM, BHP , 2017) una de las actividades a realiza durante la fase de identificación es: "Usar material de estudio previo donde esté disponible y aproveche datos recientes de proyectos similares". Esta acción es difícil de efectuar debido a que no existe un repositorio solido de información de proyectos anteriores y no existe una base de datos de lecciones aprendidas.

Dentro de la gestión de proyectos MEL se generan talleres de lecciones aprendidas a los cuales no se les saca el valor que debería y se pierde la poca información recolectada. Debido a la naturaleza de los proyectos en la organización, es difícil seguir el lineamiento de BHP en cuanto a las VIPs. No existe una herramienta de gestión de lecciones aprendidas que alerte a los directores del proyecto sobre posibles eventos ni una a la que puedan acudir en caso de presentarse un problema o a la preparación misma del taller, finalmente el conocimiento se limita al que posean los integrantes de los equipos de proyectos.

Con el objetivo de aumentar la confiabilidad dentro del ciclo de vida de los proyecto en MEL se propone implementar un sistema de gestión que permita sistematizar la aplicación y recopilación de lecciones aprendidas.

5.3 Diseño del sistema de gestión de lecciones aprendidas

Siguiendo el modelo "10 Step RoadMap" (Ver sección 4.1.2) una vez evaluado la infraestructura existente de aplicación de lecciones aprendidas dentro de Minera Escondida Ltda., lo siguiente es "diseñar la infraestructura de gestión del conocimiento", que consiste en diseñar el sistema de gestión a aplicar.

El modelo de gestión de lecciones aprendidas se trabajara como un proceso en si (ver sección 4.4.3) y como una herramienta de mejora continua (Ver sección 4.4.4) aplicada al ciclo de vida de los proyectos en Minera Escondida Ltda.

Ilustración 5.5 Esquema para Ciclo de mejora utilizando lecciones aprendidas

Siguiendo el ciclo de mejora continua PHVA vemos que antes de poner en marcha un cambio, primero se debe realizar el plan de acción, se debe diseñar de tal manera de facilitar el paso siguiente. Como parte fundamental para diseñar un plan de implementación para este sistema de gestión de lecciones aprendidas en los proyectos, se debe conocer el ciclo de vida de los proyectos dentro de la organización, conocer la manera de proceder durante el desarrollo de los proyecto y como se explicó previamente, lo existente en gestión de lecciones aprendidas.

Además, el sistema de gestión a implementar estará diseñado exclusivamente para la gestión de proyectos realizada en Minera Escondida Ltda, por lo que este no incluye de manera profunda su aplicación durante fase de Operación.

5.3.1 Benchmarking

Para iniciar nuestro diseño, primero acudiremos a estudiar como otras empresas y compañías utilizan las lecciones aprendidas para añadir valor a su giro, es decir hacer benchmarking, este proceso consiste en tomar como ejemplo otras organizaciones que tengan un mejor servicio, proceso o producto. Con el fin de recaudar información útil, se realizara benchmarking en las empresas de ingeniería del contrato marco existente en MEL, porque es exactamente con estas empresas con las cuales se debe trabajar y lograr una mejora. También se estudia la gestión de lecciones aprendidas dentro de la compañía a nivel macro, es decir BHP Billiton.

Durante el desarrollo de este presente estudio, se sostuvo reunión con cada una de las 5 empresas de ingeniería del contrato marco, las cuales presentaron, entre otras cosas, como trabajaban las lecciones aprendidas de manera interna. A continuación se presentan los resultados:

1. HATCH

Hatch es una empresa creada en 1955, proporciona consultoría, ingeniería, servicios ambientales, gerenciamiento de proyectos y construcción a la industria minera, procesos metalúrgicos y otros. Además de la Casa Matriz, ubicada en Mississauga, Canadá, Hatch posee 45 oficinas operando alrededor del mundo, incluyendo Chile.

Existe un sistema de gestión del conocimiento y de lecciones aprendidas dentro de Hatch, esta poseen una base de datos de lecciones aprendidas con un potente sistema de búsqueda el cual se ve alimentado por cada una de las oficinas que posee a lo largo del mundo. Pero su enfoque real está en conectar a las persona, de manera que estas compartan su conocimiento de manera directa, logrando que los repositorios de información pasen a segundo plano.

Cuenta con la realización de talleres de lecciones aprendidas internos para mejorar la ejecución y gestión de sus proyectos y preguntas estandarizadas para hacer durante estos como: ¿Qué se suponía debía haber pasado? ¿Qué ocurrió realmente?, entre otras. El proceso de gestión de lecciones aprendidas Hatch se presenta en la Ilustración 5.5.

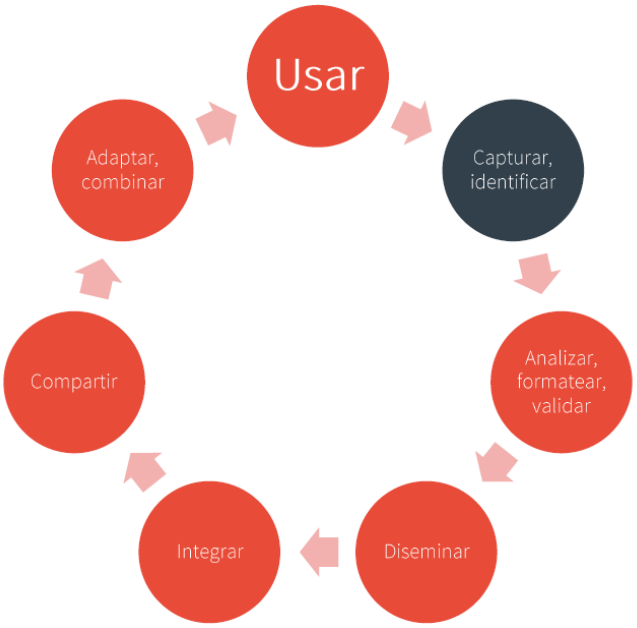


Ilustración 5.6 Proceso gestión Lecciones aprendidas HATCH

2. JACOBS

Jacobs Engineering Chile S.A., es una filial de la estadounidense "Jacobs Engineering Group", es una empresa que presta servicios de ingeniería y construcción; medio ambiente, salud y seguridad; planificación; gestión; fabricación modular; y tecnología. Entre sus principales áreas de negocio figuran las industrias de petróleo y gas; refinación y químicos; minería y metales; productos farmacéuticos y biotecnológicos; generación de electricidad; celulosa y papel.

Jacobs presenta como realizan la gestión de lecciones aprendidas. Esta se basa en realizar al inicio y al cierre de cada proyecto un "Taller de lecciones aprendidas" donde captan la información a aplicar durante el proyecto y almacenar la información obtenida al cierre.

Jacobs en Chile cuenta con un departamento de gestión de calidad. Donde el "Gerente de calidad" tiene la responsabilidad de difundir, implementar y monitorear el cumplimiento de las lecciones aprendidas. Además a cada proyecto se le asigna un "Coordinador de calidad" el cual es responsable de garantizar que el proceso de lecciones aprendidas se implemente continuamente durante el proyecto, apoya al gerente del proyectos en la recopilación de LL iniciarles, y Coordina logística del taller, consolida LL a implementar en el proyecto, finalmente es responsable de almacenar y retener las lecciones aprendidas en carpeta para conocimiento general.

N°	DIAGRAMA DE FLUJO	RESPONSABLE	REQUERIMIENTO
1	Convocar al primer Taller de Lecciones Aprendidas	Gerente de Proyecto (PM)	Entre un **10 a 20%** de avance, el PM convocará al equipo al primer Taller de Lecciones Aprendidas (LA) del proyecto, con apoyo del coordinador de Calidad .
2	Recopilar y seleccionar Lecciones Aprendidas	Gerente de Proyecto (PM)	- El coordinador de calidad apoyará al PM en la recolección de LA de proyectos similares y se consolidarán en el formulario del **Anexo 1** - El PM seleccionará aquellas LA que sean aplicables al proyecto.
3	Coordinar primer Taller de Lecciones Aprendidas	Coordinardor de Calidad	Una vez seleccionadas las LA, el Coordinador de calidad, coordinará la logística del Taller (fecha, sala, etc.).
4	Realizar primer Taller de Lecciones Aprendidas	Gerente de Proyecto (PM)	- Analizar junto al equipo del proyecto las LA recolectadas. - Proponer nuevas LA. - Seleccionar las LA factibles de implementar en el proyecto, asignando responsables y fechas de implementación.
5	Consolidar Lecciones Aprendidas para el Proyecto	Coordinador de calidad	El Coordinador de Calidad generará un consolidado con las LA a implementar en el proyecto según el formulario del **Anexo 1**
6	Implementar las LA	Líderes de Área Coordinador de Calidad Gerente de Proyecto	Implementan Lecciones aprendidas durante el desarrollo del proyecto.
7	Hacer seguimiento a la eficacia de LA implementadas	Coordinador de Calidad	El Coordinador de Calidad hará seguimiento permanente a la implementación y eficacia de las LA, incorporando nuevas LA y revisando el estado del consolidado mensualmente junto al PM.
8	¿Avance físico 90%? No / Si	Gerente de Proyecto (PM)	Al **90%** de avance físico aproximado del proyecto, el PM convocará al equipo del proyecto para el segundo Taller de LA.
9	Coordinar segundo Taller de Lecciones Aprendidas	Coordinador de Calidad	El Coordinador de Calidad coordinará lo siguiente: - La logística de la reunión (fecha, sala, etc.) - Enviar previamente al equipo un resumen actualizado de las LA implementadas y eficacia de las cerradas.
10	Realizar segundo Taller de Lecciones Aprendidas	Gerente de Proyecto (PM)	- Analizar las LA implementadas en el proyecto. - Proponer nuevas LA para futuros proyectos.
11	Consolidar Lecciones Aprendidas del proyecto	Coordinador de Calidad	El Coordinador de Calidad consolidará las LA en el registro del **Anexo 1** y las enviará al Coordinador de Calidad administrativo para su almacenamiento y retención, previa aprobación del PM.

Ilustración 5.7 Metodología de gestión de LL en JACOBS (JACOBS, 2016)

Jacobs cuenta con un documento interno generado por el departamento de gestión de calidad, enfocado a mejorar el procedimiento de aplicación de las lecciones aprendidas, donde se declaran definiciones, responsabilidades, diagrama de flujo (Ver ilustración 5.7) y se entrega un formato o temple para almacenar las LL.

3. KEYPRO

"Keypro Ingeniería, inicia sus actividades el año 2003 con el objetivo de ofrecer consultoría especializada para la Industria Minera, principalmente en las áreas de procesamiento de minerales, transporte de fluidos y manejo de relaves. Desde sus inicios, Keypro ha trabajado para importantes clientes de la gran minería, lo que le ha permitido consolidarse como una empresa capaz de desarrollar proyectos multidisciplinarios de plantas concentradoras, enfocándose en proporcionar soluciones conceptualmente coherentes y confiables." (KEYPRO ingenieria, 2017)

Durante la reunión con KEYPRO no presenta un modelo de gestión de lecciones aprendidas y aclara que no cuenta con este.

4. Pares & Alvares

Pares y Álvarez Ingenieros (P&A) es una empresa chilena dedicada a la implementación y puesta en marcha de proyectos de ingeniería a nivel nacional e internacional. Fue fundada en 1994 con oficinas en Santiago y Concepción. P&A desarrolla soluciones en las áreas de consultoría, servicios de ingeniería y gestión ambiental, ingeniería en procesos y proyectos, gestión de compras, montaje y construcción, desarrollo de software y evaluaciones de impacto ambiental, entre otras.

Durante la reunión con Pares & Alvares no presenta un modelo de gestión de lecciones aprendidas y aclara que no cuenta con este.

5. PROMEC

Fundada en la ciudad de Antofagasta en el año 2001, Promec es una empresa de servicios de ingeniería multidisciplinaria especializada en el desarrollo de proyectos para la gran minería e industria de la región de Antofagasta.

Promec presenta como trabajan las lecciones aprendidas dentro de su organización. Poseen incorporado dentro del "Acta reunión de Inicio proyecto" una revisión a proyectos anteriores y a capturar lecciones aprendidas de proyectos anteriores. (Ver ilustración 5.7)

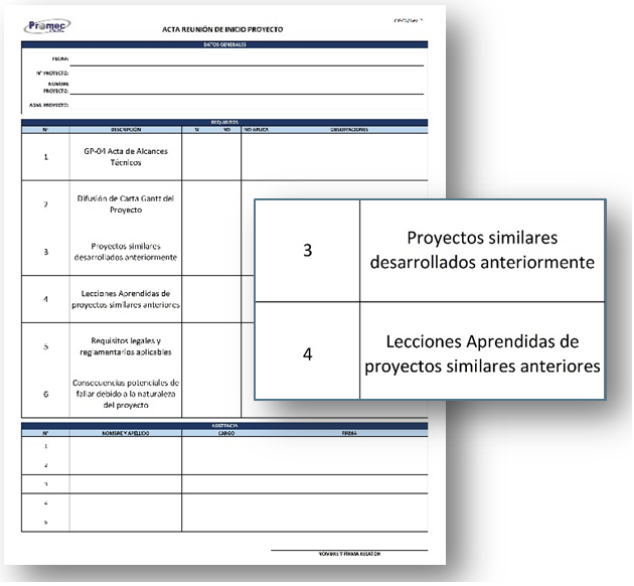


Ilustración 5.8 Acta reunión de inicio de proyecto PROMEC (PROMEC, 2018)

Además se desarrolla al cierre de proyecto un taller de lecciones aprendidas que se almacenan en una base de datos en línea. El formato de presentación o almacenamiento de lecciones aprendidas en Promec es:

Tabla 5.1 Template de lecciones aprendidas PROMEC (PROMEC, 2018)

ANALISIS							
N°	**Área**	**Problema**	**+/-**	**Impacto**	**Causa**	**Acciones correctivas**	**Responsable**

6. Gestión de lecciones aprendidas en BHP:

Aunque Minera Escondida es parte de BHP, generalmente la gestión de proyectos no se rige de la misma manera y eso también aplica a la gestión del conocimiento.

Actualmente la compañía multinacional BHP le ha dado mucha importancia a la KM y en especial a la gestión de lecciones aprendidas. Como se explicó en la sección 5.1.5 las LL están catalogadas dentro de las VIPs, mejores prácticas que agregan valor al proyecto.

El área de "Technical & Development" de BHP desarrollo un sistema de gestión de lecciones aprendidas interno. Con el objetivo de establecer un estándar para la "Minerals America". Se generó un Documento de estandarización y una base de datos de LL actualizable, los puntos destacables son:

Contexto de LL: "El desarrollo de lecciones aprendidas es un proceso de mejora continua. Su utilización permite reconocer oportunidades de perfeccionamiento en base a la retroalimentación y el aprendizaje colaborativo entre distintos "stakeholders". Para llevarlo a cabo de manera exitosa se requiere de un esfuerzo constante a lo largo del proyecto, un fuerte liderazgo y una atmósfera donde no exista temor a admitir errores".

"Debe ser implementado obligatoriamente por cada una de las funciones en todas las fases de un proyecto. Todo el trabajo realizado en Lecciones Aprendidas se recopila y archiva en una Base de Datos, con el objetivo de facilitar el ciclo de aprendizaje. Ésta base debe ser centralizada, libre, de fácil acceso para la organización, y mantenida por un "Database Owner", que asegure su actualización y la calidad de la información." (Technical & Development, 2017)

Ciclo de aprendizaje: "Las Lecciones Aprendidas constan de un ciclo de recolección y retroalimentación desde y hacia la Base de Datos, la que, en cada fase se nutre y permite fortalecer el desarrollo de futuros proyectos" (Technical & Development, 2017). La ilustración 5.8 muestra este ciclo continuo:

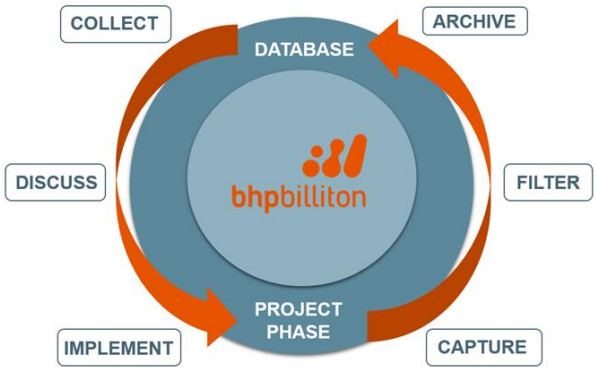


Ilustración 5.9 Ciclo de lecciones aprendidas en BHP (Technical & Development, 2017)

Lecciones aprendidas Criticas: "Una lección crítica es aquella que debe ser obligatoriamente implementada y trackeada en cada fase, debido a su histórico alto impacto sobre Key Value Drivers (como producción) y/o por su alta frecuencia y transversalidad en proyectos BHP. Cada función debe conocerlas y aplicarlas" (Technical & Development, 2017).

Base de datos y template de LL: se genera un Template donde se le da orden al almacenamiento de Lecciones aprendidas. También se anexa columnas para realizar seguimiento a las tareas asignadas durante la captura de LL.

Tabla 5.2 Template Lessons Learned BHP Billiton (Technical & Development, 2017):

Lessons Learned													
# LL	Asset	Project Name	Project Type	Construction Strategy	Phase of LL identification	Δ / + (Best Practice)	LL Topic	Issue Description	Impact Description	Impact Area	Impact Level	Area for LL	Recomendation / Lesson

Tabla 5.3 Template TRACKING Lessons Learned BHP Billiton (Technical & Development, 2017):

BHP	Lessons Learnt Selection					Lesson Learnt Tracking					
# LL	Project Name	Phase of LL identification	Δ (could be improved) / + (Best Practice)	Issue Description	Impact Description	Lesson to be applied in the project	Responsible	Activities	Due Date	Updated Comments	Status

Aunque existe un modelo de gestión del conocimiento aplicado a las lecciones aprendidas dentro de la compañía, este no se puede extender a los distintos Asset de BHP de manera simple, dado que la gestión de proyectos es distinta en cada uno de los niveles, los responsables no son homologables y la base de datos contiene lecciones que no son siempre aplicables a proyectos de capital dentro de MEL.

5.3.2 Gestión de lecciones aprendidas durante estudio de proyectos

La gestión de lecciones aprendidas debe estar estrechamente ligada a proceso de gestión de proyectos. Se trabajara en implementar en el proceso de proyectos existente de MEL, objetivos y actividades que permitan sistematizar la obtención y aplicación de las lecciones aprendidas mejorando la confiabilidad de los sistemas de manera temprana.

Identificaremos la fase de estudio de proyectos como la fase de Selección y la fase de Definición, es en esta etapa donde se le puede agregar valor real al proyecto, El nivel de confiabilidad diseños impactaran directamente en la operación y mantenibilidad final del proyecto y es por esto que se le dará mayor enfoque a la implantación en esta fase.

Infraestructura existente:

Actualmente dentro de Minera Escondida Ltda. se realizan Talleres de lecciones aprendidas al inicio de la fase de selección y al cierre de la ejecución del proyecto. No existe actualmente una base de datos de LL o similar dentro de la empresa.

Durante la fase de estudio solo aplica el taller de LL al inicio. Como se explicó en la sección 5.2 estos talleres tienen problemas durante su ejecución y aplicación. El taller de lecciones aprendidas, facilitado por el "Lead Delivey" al inicio de la etapa de estudio no siempre se realiza, por temas de tiempo y coordinación. La información capturada en este no queda documentada, no existe un encargado de realizar seguimiento de lo acordado durante el taller y muchas veces la información se pierde repitiéndose los mismos errores advertidos en el taller. También este taller es confundido con el taller de lecciones aprendidas realizado al cierre de la ejecución del proyecto.

Con esta información, y lo puntos en las secciones anteriores podemos proponer un modelo de gestión de lecciones aprendidas dentro de la etapa de Sel/Def.

Rescate de lecciones aprendidas realizada por la HoP:

Al inicio de la fase de Selección el "Project Engineer" en conjunto con el "Lead Delivery" recopilan información de lecciones aprendidas de proyectos anteriores que apliquen al nuevo proyecto en curso, apoyándose en sus conocimientos previos y en la Base de datos de lecciones aprendidas existente, filtrando y seleccionando las lecciones que consideren sean de utilidad, para todo el ciclo de vida del proyecto.

La recolección de información no debe limitarse solo a una etapa o fase del proyecto, sino que debe abarcar lecciones que agreguen valor durante todo el ciclo de vida del proyecto. Las lecciones aprendidas recopiladas deben:

- Ser de todas las disciplinas que aplican al proyecto (es decir Mecánica, Eléctrica, etc.) y abarcar la mayor cantidad de áreas posible (es decir HSE, Ejecución, Ingeniería, Mantenimiento, etc.).
- Incluir lecciones que deba poner aplicar la empresa de ingeniería.
- Estar en el formato de la base de datos de lecciones aprendidas HoP, para la posterior aplicación del "LL Tracking" (Ver tabla 5.5).
- Incluir lecciones que no aparezcan en la base de datos pero que según su experiencia aplican al proyecto.

Esta recopilación o rescate de lecciones es como preparación al "Taller de rescate de lecciones aprendidas", con esto se busca evitar la asistencia al taller con falta de preparación y tener el tiempo necesario para identificar la mayor cantidad de lecciones que puedan aplicar al proyecto.

Además durante este rescate se deben capturar con especial énfasis, lecciones que apliquen y modifiquen los criterios de mantenibilidad y confiabilidad según se ha visto en proyectos anteriores. Estas lecciones se verán reflejadas en los diseños y entregables generados, así como en la etapa de comisionamiento y operación.

Como parte de las bases de licitación del proyecto, se le debe exigir a la empresa de ingeniería que se adjudicó el contrato, realizar el mismo ejercicio anterior realizado por la HoP, con la diferencia de centrarse específicamente en lecciones aprendidas que apliquen a Diseños, Planos y entregables.

Rescate de lecciones aprendidas realizada por la empresa de ingeniería:

Una vez que la empresa de ingeniería se adjudique el contrato, según lo deben indicar las bases técnicas de licitación, deben recopilar lecciones aprendidas como preparación para el "Taller de rescate de lecciones aprendidas". La empresa debe rescatar lecciones apoyándose en sus conocimientos previos y en la Base de datos de lecciones aprendidas existente, filtrando y seleccionando las lecciones que consideren sean de utilidad, para todo el ciclo de vida del proyecto. Para esto la "Head of Projects" hará entrega de la base de datos de LL existente.

La empresa de ingeniería debe tener especial énfasis en recolectar lecciones que apliquen directamente en el desarrollo de entregables, teniendo presente su futura aplicación en los mismos. Las lecciones aprendidas deben presentarse y validarse durante el "Taller de rescate de lecciones aprendidas" desarrollado por la HoP posterior a la KOM del proyecto. Las lecciones aprendidas recopiladas deben:

- Ser de todas las disciplinas que aplican al proyecto (es decir Mecánica, Eléctrica, etc.), dando énfasis en lecciones que aporten valor a ingeniería.
- Estar en el formato de la base de datos de lecciones aprendidas HoP, para la posterior aplicación del "LL Tracking" (Ver tabla 5.5).
- Incluir lecciones que no aparezcan en la base de datos pero que según su experiencia aplican al proyecto.

El objetivo de que la empresa de ingeniería realice este estudio, es que durante el taller no se pierda tiempo captando lecciones que pudieron rescatarse previamente. A modo de agilizar el taller es recomendable que la empresa de ingeniería mande las lecciones en el formato de la base de datos al "Lead Delivery" una vez capturadas para que este las anexe a la presentación.

Taller de rescate de lecciones aprendidas (RLL):

Es importante que la organización genere una "Cultura de Lecciones Aprendidas", desde la alta gerencia hasta los niveles más bajos. Dado que no todo el mundo ve la verdadera importancia de las Lecciones aprendidas, la ejecución del taller RLL es una instancia idónea para promover este mensaje de mejoramiento continuo. Es importante inculcar al personal que las Lecciones Aprendidas son siempre lo primero a tener en cuenta, en cualquier fase del ciclo de vida del proyecto, y con esto se lograra el objetivo de manera óptima.

Con el objetivo de diferenciar el taller de lecciones aprendidas efectuado al inicio de la fase de selección del realizado al cierre del proyecto, se toma de decisión de nombrar al taller de lecciones aprendidas efectuado al inicio del estudio como: "Taller de rescate de lecciones aprendidas" o abreviado RLL.

El "Lead Delivery" facilitara el Taller RLL, este se realizara posterior a la KOM, y de preferencia cuando la empresa de ingeniería realice el levantamiento en terreno. Se invitara para su asistencia, al "Project Engineer", la empresa de ingeniería, el "Lead Construction", Áreas de operaciones y otros Stakeholders involucrados. El facilitador del taller debe lograr que todos presentes tengan claro los objetivos del taller y entiendan la importancia de este. Los objetivos clave del taller RLL son:

- Identificar Lecciones de proyectos anteriores que apliquen al proyecto evaluado.
- Identificar soluciones a desafíos detectados y maneras de replicar las buenas prácticas.
- Asignar Tareas y Responsables para asegurar la aplicación de las lecciones identificadas a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- Finalmente agregar valor al proyecto.

En el Taller de Rescate de lecciones Aprendidas (RLL) se presentaran las lecciones previamente rescatadas por la empresa de ingeniería y la HoP. Estas lecciones se

analizarán con los asistentes, se determinara si realmente agregan valor y en caso de aplicar al proyecto, se determinara el nivel de impacto o criticidad de esta (en una escala del 1 al 5 donde 5 es más crítico).

Finalmente el centro del taller, y la actividad más importante a realizar será asignar responsables y tareas específicas para que las lecciones aprendidas de mayor impacto se apliquen durante el proyecto, para este fin se utilizara el "Template LL Tracking" (Ver ANEXO 7). El "Project Engineer" será el encargado de hacer el seguimiento de los acuerdos tomados en el RLL, para asegurar su aplicación a lo largo del Ciclo de Vida del Proyecto. En el ANEXO 3 se presenta un pauta de cómo se debe desarrollar el taller de rescate de lecciones aprendidas (RLL), el cual fue generado con el objetivo de estandarizar el modo de ejecución del taller.

Seguimiento al taller de rescate de lecciones aprendidas:

Como se mencionó anteriormente, durante el taller RLL, para solucionar el problema que plantea la lección o para aplicar la buena práctica capturada, se asignan tareas específicas a distintos "Stakeholders" según corresponda.

El "Project Engineer" y el "Lead delivery" son los encargados de asegurar que las responsabilidades delegadas en el taller RLL se cumplan durante todo el ciclo de vida del proyecto. Se utiliza el "Template LL Tracking" como herramienta actualizable para el seguimiento de las asignaciones. Realizando reuniones con los involucrados según sea necesario.

Además, durante el RLL la empresa de ingeniería deberá identificar nuevas lecciones aprendidas que apliquen a diseños, planos y entregables del proyecto en curso, con el objetivo de replicar buenas ideas y no repetir errores anteriores. Posterior al RLL, una vez iniciada la Ingeniería de detalle, la empresa de ingeniería deberá completar el "Informe de Aplicación de Lecciones Aprendidas" (Ver ANEXO 5) y hacer entregar de este informe al "Project Engineer", en este informe se dejara constancia de cómo la empresa usara las lecciones aprendidas en los diseños, planos y entregables, para su seguimiento durante el proyecto.

El objetivo del "Informe de aplicación de LL" es establecer una herramienta para el seguimiento y control para cada una de las lecciones aprendidas definidas en el taller RLL realizado con anterioridad y que son aplicables a los entregables de la fase selección/definición del proyecto. Se informa a la empresa de ingeniería sobre la entrega de este informe en las bases de licitación del proyecto.

La empresa de ingeniería aplicara las lecciones en lo entregables durante el diseño según el "Informe de Aplicación LL" entregado y lo acordado en el taller RLL. Posteriormente la empresa emitirá y enviara planos y entregables en Rev B incorporando en los diseños las lecciones aprendidas definidas. El "Project Engineer" revisará la trazabilidad de la información entre los entregables de Ingeniería y el "Informe de Aplicación de Lecciones Aprendidas" y los acuerdos hechos durante el taller RLL.

Con el objetivo de estandarizar el reporte que debe entregar la empresa de ingeniería, se genera el "Archivo Template, Informe Aplicación lecciones aprendidas", para la fase Selección/Definición combinada (Ver ANEXO 5) el cual se hace entrega como anexo dentro de las bases de licitación del proyecto.

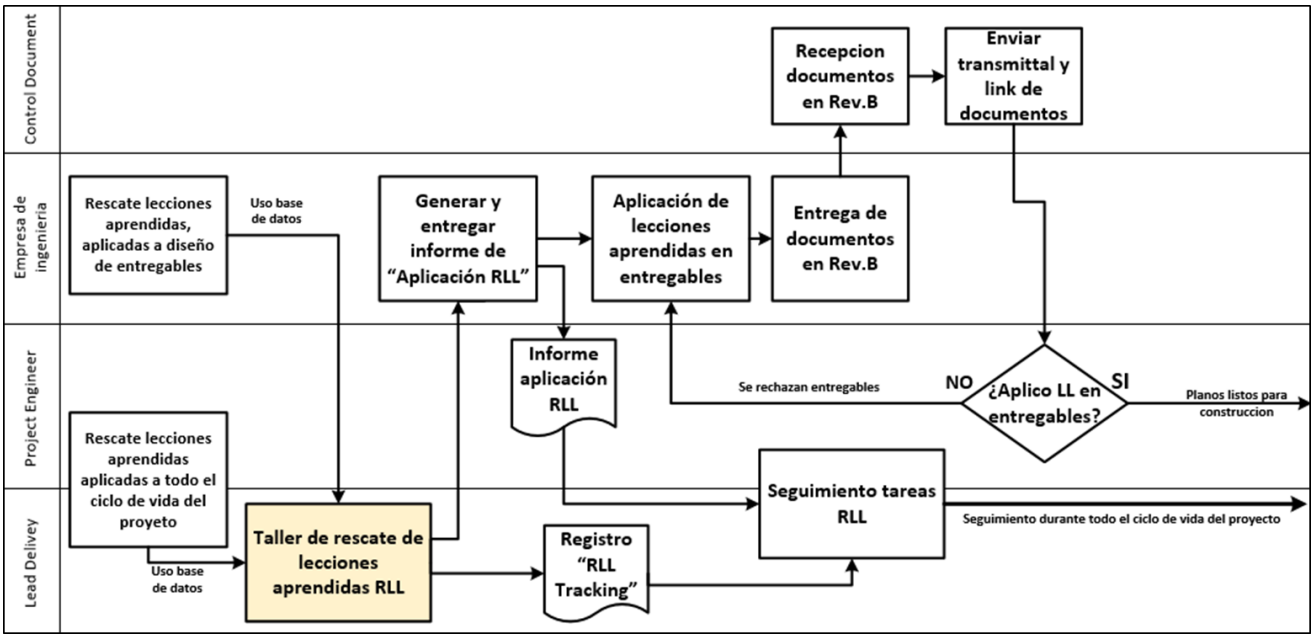


Ilustración 5.10 Diagrama flujo gestión de LL fase de Selección/Definición

5.3.2 Gestión de lecciones aprendidas durante Ejecución de proyectos

La parte más importante de la gestión de lecciones aprendidas es el uso y aplicación que se les dé. Para que la lección agregue valor al proyecto se debe implementar una acción específica asociada, esto se realiza durante el RLL, donde es necesario realizar un seguimiento para asegurar el cumplimento de las asignaciones.

Aseguramiento de aplicación de lecciones:

Después del RLL el "Proyect Engineer" y el "Lead delivery" tienen la misión de realizar un seguimiento a las tareas asignadas durante el taller según les corresponda. Como parte de la ingeniería de terreno, el "Proyect engineer" debe prestar especial atención a las tareas relacionadas con construcción, montaje y comisionamiento. Por su parte el "Lead delivey" debe asegurase que se cumplan las lecciones relacionadas con su área, contratos, pagos, costos, etc.

El seguimiento puede realizarse utilizando el registro dejado en durante el RLL en el formato "LLTracking" (Ver Tabla 5.5). Con el fin de asegurar la confiabilidad del proyecto y el uso de lecciones aprendidas, el "Proyect Engineer" debe:

- Contactar a los responsables asignados para verificar si se cumplió la asignación o se están haciendo los preparativos necesarios para su éxito.
- Proporcionar apoyo y coordinación entre distintos Stakeholdes para asegurar el cumplimento de las actividades programadas en el RLL.
- De ser considerado necesario, presentar los compromisos durante las reuniones semanales del avance del proyecto ("Weekly")
- Informar a la empresa contratista que ejecutara el proyecto de las lecciones aprendidas que afecten a la construcción, comisionamiento, mantenimiento u otro, si es que estos no participaron del RLL.
- Asignar tareas a la empresa contratista que ejecutara de ser necesario
- Solicitar apoyo para la gestión y el aseguramiento de las tareas asignadas durante el RLL.

Captura de lecciones aprendidas en ingeniería de terreno:

Durante el desarrollo de la ingeniería de terreno, se detectan errores al diseño de entregables que no se detectaron durante la etapa de Selección/Definición, estos errores retrasan la programación de la ejecución y algunas veces generar nuevos costos.

La empresa constructora presenta estas desviaciones o errores mediante un documento especial, llamado RFI ("Requirement of information"), las cuales levanta a Ingeniería HoP, estos "requerimientos de información" deben ser contestados y solucionados por la gerencia de ingeniería, a través de su equipo

“El “Project Engineer” es responsable de dar apoyo técnico y respuestas de la RFI recibidas de parte del “Lead Construction”. Puede responder las RFI personalmente o a través de la empresa de Ingeniería, en ambos casos debe revalidar la respuesta con su firma. “

“La Empresa de Ingeniería es Responsable de dar apoyo técnico y respuestas a las RFI recibidas de parte del “Project Engineer”. Debe estar disponible para visitas a terreno y participación en reuniones que requieran apoyo técnico durante la ejecución del proyecto. “ (Ingenieria HoP, 2018)

La empresa de ingeniería debe tomar registro de razones, causas y efectos por cada RFI que se presenta durante la ejecución del proyecto. Una vez terminado el proyecto debe presentar un Reporte de lecciones aprendidas en el formato presentado en la Tabla 5.4 obtenido del análisis de las RFI levantadas por ejecución.

De la misma forma, cuando se genera un aumento en el CAPEX o en la programación, se documenta en lo que se conoce como PDN (“Potencial Desviation note”). El equipo de proyecto debe analizar la causa raíz de la desviación en preparación para el taller de lecciones aprendidas al cierre, para que estas sean documentadas en la base de datos LL de la HoP.

Captura de lecciones aprendidas al cierre de la ejecución del proyecto:

Durante el desarrollo del proyecto, se pusieron en marcha buenas prácticas y se cometieron errores indeseados, estas lecciones aprendidas deben ser documentadas y almacenadas para su uso en nuevos proyectos.

Al cierre de la ejecución del proyecto, se realiza el Taller de lecciones aprendidas, en donde se documenta el conocimiento recolectado durante todo el ciclo de vida del proyecto. Al taller deben asistir todos los Stakeholders involucrados en el proyecto, estos deben venir al taller preparados para compartir las experiencias recopiladas durante el proyecto, relativas a ejecución, comisionamiento, operación y mantenibilidad.

Los alcances y objetivos del taller de lecciones aprendidas al cierre del proyecto son:

- Procurar la asistencia de todos los involucrados en el proyecto, es decir: La empresa de ingeniería, empresa constructora, superintendencias de la HoP, área de operaciones y los el facilitador del taller considere convenientes.

- Recopilar el conocimiento adquirido durante el desarrollo del proyecto. Mediante lluvia de ideas, presentaciones, etc.
- Proponer posibles soluciones para futuros proyectos
- Actualizar y añadir información la base de datos LL de HoP.

Una vez desarrollado el taller, la información recolectada en el "Template" presentado en la Tabla 5.6 debe ser entregada a "Control Documental" para que sea almacenada en la base de datos de lecciones aprendidas para su futuro uso.

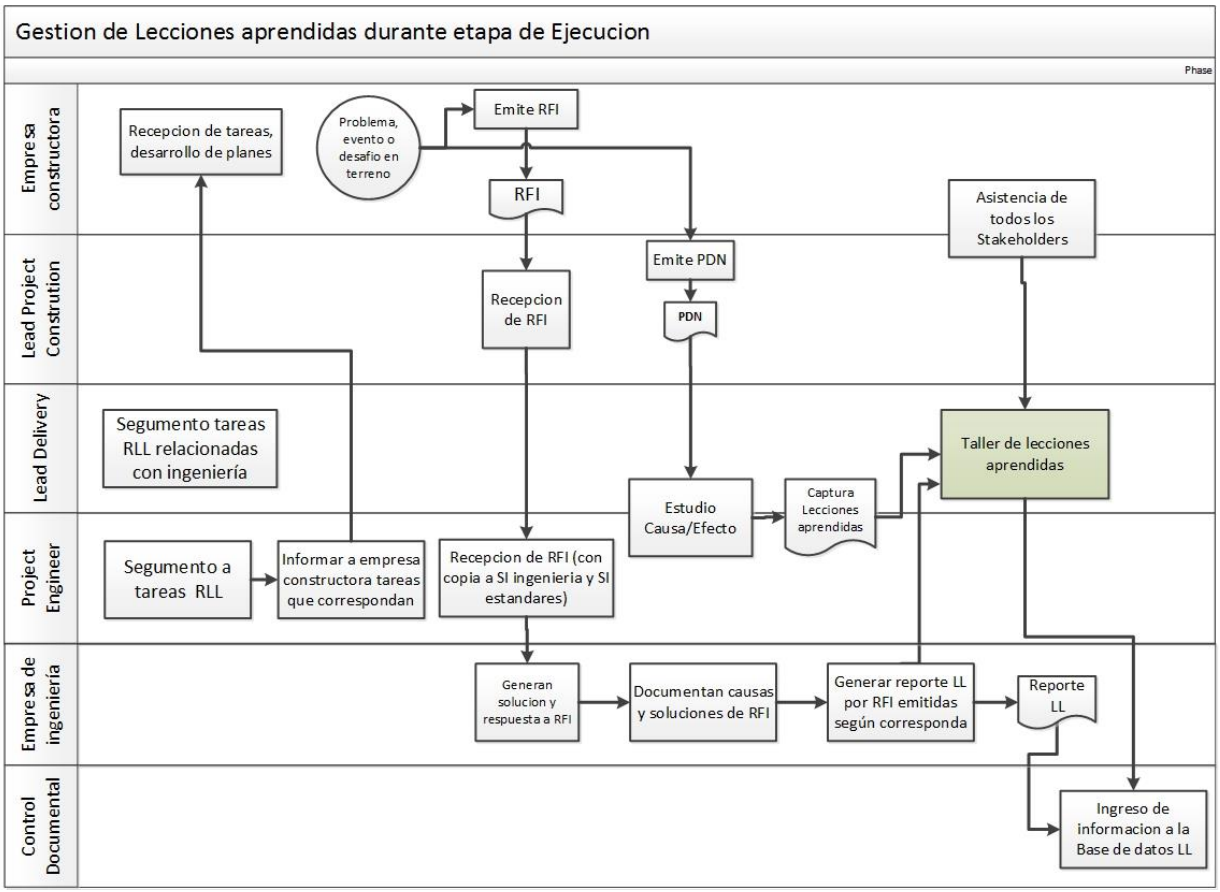


Ilustración 5.11 Gestión y captura de lecciones aprendidas durante la Ejecución del proyecto

El reporte de lecciones aprendidas entregado por la empresa de ingeniería también debe ser enviado a Control documental, para la actualización de la base de datos. Así la información estará disponible y podrá agregar valor a un nuevo proyecto.

5.3.3 Aplicación y captura de lecciones aprendidas durante la Operación:

Durante la operación de la planta, equipo o maquinaria, las lecciones aprendidas pueden agregar mucho valor a la mantención y operación de los equipos. Según se mencionó en la sección 5.1.4 (fase de operaciones), es misión del área usuaria asegurar que las instalaciones cumplan las metas de productividad y disponibilidad, por lo que estas poseen planes de mantenimiento establecidos los cuales deben estar abiertos a mejora.

Según se observa en la Ilustración 5.3, una vez ejecutados los trabajos de mantención, se debe dejar un registro para una posterior revisión. Este documento debe ser modificado para lograr capturar lecciones aprendidas que gatillen modificaciones en los planes de mantenimiento, prácticas de operación, así como lecciones que detecten problemas durante montaje y/o diseño. Estas lecciones deben ser documentadas en la base de datos de lecciones aprendidas, para que puedan agregar valor y confiabilidad al proyecto.

La captura de lecciones aprendidas no debe limitarse al registro histórico posterior a los levantamientos, sino que deben documentarse cada ver qué ocurre un evento significativo con una causa raíz que se considere conocimiento valioso. Es aquí donde la cultura orientada al conocimiento y que entiende el valor de las lecciones aprendidas toma real importancia.

El área usuaria debe generar reuniones mensuales donde se evalúen las lecciones aprendidas que se capturaron durante la operación y la mantención. En estas reuniones se debe determinar la importancia, medidas o soluciones para que de las lecciones rescatadas tengan impacto real durante la mantención de los equipos. Si la lecciones aplican al montaje, construcción o diseño, se debe reportar a la "Head of Project" y enviar la información al Control Documental, para que este actualice la base de datos.

Este proceso de aplicación y captura durante la fase de operaciones queda totalmente fuera del alcance de la gerencia de proyectos MEL, por lo que no se trabajara en detalle, no se actualizara documentación ni se implementara en la organización de manera real. El siguiente paso a tomar dentro de este sistema de gestión es extenderlo a todas las áreas operacionales, conectando de una manera más sólida, todos las etapas del ciclo de vida de los proyectos.

5.4 Recopilación de lecciones aprendidas

Uno de los puntos clave de la gestión del conocimiento es la manera de captar, recopilar y almacenar información para su posterior uso y aplicación. Existe una enorme cantidad de conocimiento y lecciones aprendidas dentro de los proyectos ejecutados anteriormente, dentro de la HoP y MEL, que no están documentadas ni almacenadas de manera correcta. Para solucionar esto se propone la creación de una base de datos de lecciones aprendidas.

5.4.1 Método de captura de lecciones aprendidas

Actualmente dentro de la gestión de proyectos en Minera Escondida Ltda., la recopilación de LL se limita a lo que se obtiene durante talleres de lecciones aprendidas, pero estos no son documentados ni almacenados de manera ordenada. Con el objetivo de evitar la pérdida de esta información se creara una base de datos.

Se comenzara a poblar una base de datos de lecciones aprendidas, con el objetivo de almacenar la información y para facilitar el acceso a este conocimiento. El método de recolección de lecciones aprendidas se basara en el estudio de proyectos anteriores, centrándose en los siguientes documentos:

De la fase de Identificación de proyectos anteriores a revisar, se analizará los informes técnicos y estimaciones, donde se obtendrán lecciones aprendidas, en los informes:

- Informe de Ingeniería Conceptual
- Bases de Estimación de Inversión (CAPEX)
- Bases de Estimación de Programa (Schedule)

De la fase Selección/Definición, se analizarán los entregables de Ingeniería (planos, especificaciones técnicas, memorias de cálculo) de las disciplinas Mecánica, Piping, Civil, Electricidad/Instrumentación que fueron revisados y observados por el servicio de consultoría con comentarios al diseño de Ingeniería o incumplimiento de las normas y códigos nacionales o estándares de la Industria. Los documentos a revisar serán:

- Talleres de lecciones aprendidas
- Planos código 3 (Planos pendiente aprobación)
- Comentarios a documentos generales, Capex y Schedule

De la fase de ejecución, se analizarán las lecciones aprendidas a partir de las observaciones hechas en terreno por ingenieros y empresas ejecutoras de construcción a través de la gestión de información que entregan los siguientes documentos claves:

- RFI (Solicitud de Aclaración y requerimientos de información de Ingeniería)
- PDN (Potenciales aumentos de costos por cambios de alcance en el diseño)

Estos documentos están directamente relacionados con el diseño de entregables, debido a que los errores no siempre son detectados durante la fase de selección/definición y son levantados en terreno a la mitad de la ejecución del proyecto.

También como herramienta para recolectar información y poblar la base de datos se asistió a los talleres de lecciones aprendidas, de manera presencial durante del desarrollo de la captura de información.

La fase en la cual se le agrega valor al proyecto es la fase de Selección/Definición, durante el estudio y diseño de planos y entregables. Es por esto que identificar posibles problemas o buenas practicas (Lecciones aprendidas) es clave durante esta etapa. Es en esta fase donde se puede dar una solución efectiva y de bajo costo a los desafíos. Por esto la mayoría de las lecciones aprendidas aplicaran a Ingeniería en la fase de estudio.

Una vez recolectada la información en la base de datos, esta debe ser validad o corregida por el "Proyect Engineer" o "Lead Delivery" que estuvo a cargo del proyecto según el área donde la lección aplique.

5.4.2 Template de lecciones aprendidas

Según se explicó en la sección 4.4.2, una herramienta para documentar las lecciones aprendidas es establecer un formato o "Template". Esta facilita la captura de lecciones, le dará orden y permitirá la creación de la Base de datos de lecciones aprendidas.

a) Template LL para base de datos:

Para la creación de la base de datos de lecciones aprendidas, se genera una tabla con distintos campos donde se clasifican, describen y dan valor a las lecciones. A continuación en la Tabla 5.4 se presenta el Template de LL.

Tabla 5.4 Template base de datos lecciones aprendidas

Lessons Learned									
N° LL	Nombre Proyecto	Fecha	Área	Disciplina	Descripción Lección	Descripción Impacto	Nivel	(+) /(-)	Recomendaciones y Soluciones

Donde la caracterización de cada una las columnas es:

N° LL: se le asigna un número o TAG a la lección aprendida, con el cual a futuro pueda ser citada de manera rápida.

Nombre proyecto: Se ingresa el nombre con el cual fue conocido el proyecto durante su desarrollo. Esto facilita la búsqueda de lecciones por proyectos similares y se le da un contexto a la lección.

Fecha: Para dar contexto a la lección, se ingresa el año fiscal (FY) en donde se desarrolló la mayor parte del proyecto.

Área: se define como "Área" al departamento o fase que corresponde la lección dentro del ciclo de vida del proyecto. Vale decir: Ingeniería, Ejecución, Supply, HSE, Operaciones, etc. Por cada área se designan sub-campos o disciplinas.

Disciplina: define explícitamente la aplicación que tiene dicha lección en un área determinada, como sub-campo de esta. Por ejemplo, el área de ingeniería posee disciplinas como: Mecánica, piping, eléctrica, instrumentación, civil, arquitectura, etc. El área de ejecución posee disciplinas como: Construcción, Comisionamiento, licitación, etc.

Descripción de la lección: explica de manera clara y resumida el detalle de la lección, se describe la buena o mala práctica de manera breve. Responde a preguntas como: ¿Qué fue lo que ocurrió?, ¿Cuál fue la acción positiva replicar? o ¿Cual oportunidad de mejora?

Descripción del impacto: se describe con más detalle que fue lo ocurrido y cual fue la consecuencia o impacto del evento o lección. Responde preguntas como: ¿Cuál fue la consecuencia de la acción?, ¿Cuáles fueron los detalles relevantes del evento?, ¿Qué puede suceder a futuro si no se maneja adecuadamente?

Nivel de impacto: Se le asigna un valor de criticidad o relevancia a la lección, en una escala del 1 al 5, donde 5 es de Alto impacto y 1 es bajo impacto

Tipo de impacto (+/-): se diferencia con un (+) las lecciones que se consideran buenas practicas a replicar y se designa con (-) las lecciones que son una oportunidad de mejora.

Recomendaciones y soluciones: en casos que apliquen se pueden definir acciones concretas a ejecutar, recomendaciones que podrían haber hecho la diferencia en el proyecto anterior. En este punto se le agrega valor a la lección y facilita la aplicación de la misma para futuros proyectos

b) Template para el "rastreo" o seguimiento de las lecciones aprendidas:

Una de las aplicaciones de la base de datos de lecciones aprendidas es su uso previo al "Taller de rescate de lecciones aprendidas"(RLL). Durante el taller, se asignan tareas y responsabilidades con el objeto de poner el practica cada una de las lecciones. Se documentan en el "Template Lesson Learned tracking". El "Project Engineer" y el "Lead delivery" usan este documento para realizar un seguimiento de lo acordado en el taller RLL durante todo el ciclo de vida del proyecto. A continuación en la Tabla 5.5 se presenta el "Template" de LL "tracking":

Tabla 5.5 Template Lesson Learnt tracking

Lessons Learned												
N° LL	Nombre Proyecto	Area	Disciplina	Descripción Problema	Descripción Impacto	Impacto		Recomendaciones y Soluciones	Lesson Learnt Tracking			
						Nivel	(+) /(-)		Tarea	Responsable	Fecha	Comentario

Las primeras secciones son exactamente las mismas que el temple anterior, por lo tanto solo se desarrollaran los que corresponden a "lesson learnt Tracking".

Tarea: Se asigna una acción a ejecutar durante el proyecto en curso, con el objetivo de aplicar la lección en el ciclo de vida del proyecto.

Responsable: se asigna un responsable a ejecutar la tarea o acción correspondiente, se recomienda que el responsable este dentro de los presentes, en caso contrario informarle de dicha responsabilidad a la brevedad.

Fecha: se define una fecha tentativa en la cual la tarea deba ser efectuada.

Comentario: se deja registro de cualquier eventualidad, o singularidad de la tarea, resultados esperados, tareas previas, etc.

c) Template Taller de lecciones aprendidas:

Debido a que en el formato de LL de la base de datos se solicitan muchos campos, este no es idóneo para realizar el Taller de lecciones aprendidas al cierre de cada proyecto ya que se perdería el hilo de la lección tratando de rellenar cada uno de estos. Por lo tanto se genera un "Template" con el objetivo de capturar lecciones durante la ejecución del taller LL al cierre del proyecto.

En comparación con el "Template" mostrado en la Tabla 5.4, no se agregan campos diferentes, solo se reduce la cantidad de estos y se describe brevemente cada uno de los campos, ayudando así a que los presentes puedan dar sus aportes sin ningún problema.

Tabla 5.6 Template Taller LL - Cierre proyecto

Proyecto-[XXX]			Lesson Learned		Impacto					
N°	Disciplina	Tópico	Descripción Leccion	Descripción Impacto	Low			High		(positivo - negativo)
					1	2	3	4	5	
	Algunos Ej: -Ingenieria -Supply -Delivery -Cliente	Algunos Ej: -Mecánica/Piping -Contratos -Comisionamiento -Diseño	¿Cual fue la acción positiva a replicar o cual fue la oportunidad de mejora? ¿Qué fue lo que sucedió	¿Cuál fue la consecuencia de la acción? ¿Que puede pasar en el futuro si no se maneja apropiadamente?	Marcar con una X el nivel de impacto que tuvo el proyecto, de 1 a 5					Se considera: Impacto positivo: *Buenas practicas* Impacto negativo: *Malas practicas*

Una vez realizado el taller de lecciones aprendidas, el facilitador del taller debe procurar que las lecciones más importantes o que tengan una aplicación clara en otros proyectos se ingresen a la base de datos existente. Los formatos de lecciones aprendidas presentados están en sincronía, lo que facilita la actualización de la base de datos.

5.4.3 Generación de base de datos de lecciones aprendidas

Como se explica en la sección 4.2.3 según el modelo de KM propuesto por Tiwana (2002), una de las herramientas necesarias para la implementar un sistema de gestión del conocimiento es la existencia de una Base de datos. Durante la creación de la base de datos para la gestión de lecciones aprendidas se tiene presente que esta esa:

1. **De fácil acceso:**

   Se utilizara el programa de Excel para crear una base de datos interactiva y se habilitara una plataforma en línea en SharePoint, sitio web utilizado por MEL para compartir información.

2. **De búsqueda efectiva:**

   Se incorporara dentro de la base de datos un motor de búsqueda y filtrado, para facilitar el rescate de lecciones aprendidas. Además se añade el campo de "palabra clave" para agilizar la búsqueda. (Ver Ilustración 5.11)

Ilustración 5.12 Plataforma de busqueda de lecciones aprendidas en la base de datos

3. **Tener la posibilidad de trazabilidad:**

   Los campos que permiten la trazabilidad de la lección son, el "nombre proyecto" y "Fecha". Además se añade el campo de trazabilidad "se obtuvo información de" donde se informa el origen de la lección (Ver ilustración 5.12)

Lessons Learned										Quitar filtro	Actualizar Buscador	
N° LL	Nombre Proyecto	Fecha	Área	Disciplina	Descripción Lección	Descripción Impacto	Nivel	(+) / (-)	Recomendaciones y Soluciones		Palabra clave	se obtuvo la Información de:
158	Mejor diseño de descarga y transporte OVERFLOW espesadores de relave - PCLC	FY17	Ingeniería	Piping	Falta de especificaciones Tubería	Se genera plano P/aprobación "Disposición trazado de Cañería". No se indica si la tubería requiere o no revestimiento interno. No se incluye cámara de inspección y medición de flujo. No se indican ángulos en curvas y codos de la tubería.	3	-	Empresa de ingeniería no debe dejar pasar estos puntos en planos similares. Asignar encargado.		Plano Disposición General Trazado Cañería	Plano pendiente aprobación - Transmittal - (2240-ALC-DT-P-DOC-DW-103 rev.B) "Disposición trazado de Cañería".
159	Respaldo (n-1) Subestación SVC MEL	FY18	Ingeniería	Eléctrica	Alturas de las líneas energizadas no esta dentro de norma.	Se genera plano P/aprobación "Disposición de equipos de patio, cortes, Sesiones y detalles" La distancia a una parte energizada a una persona a pie no debe ser inferior a los 1,27 meros, segundo diseñado las personas no podrían ser mayores a 1,585 metros.	4	-	Tener presente Est. HSEC acercamiento líneas energizadas a la hora del diseño.		Disposición de equipos - Normativa - parte energizada HSEC	Plano pendiente aprobación - Transmittal - (ALS-730-DT-E-DW-002_Rev.0) "Disposición de equipos de patio, cortes, Sesiones y detalles"

Ilustración 5.13 Fragmento base de datos, nuevo campo: "Se obtuvo información de:" y "Palabra clave

4. **Tener una permanente Actualización:**

   La base de datos estará en posesión del "Control documental", el cual se encargara de actualizar la base de datos. Para ingresar información esta debe ser aprobada previamente por un ingeniero responsable del proyecto del cual se generó la lección. La base de datos se nutrirá de los talleres de lecciones aprendidas y el reporte de LL por planos rechazados entregado por ingeniería.

Durante la creación de la base de datos se recopilan lecciones siguiendo el esquema explicado en la sección 5.4.1, donde se exponen los entregables y documentos a estudiar de proyectos anteriores. Una vez que el sistema de gestión este implementado, la base de datos será actualizada con material nuevo, durante el ciclo de vida de los proyectos.

En la Ilustración 5.14 se presenta el ciclo de creación y actualización de la base de datos de lecciones aprendidas en HoP, MEL:

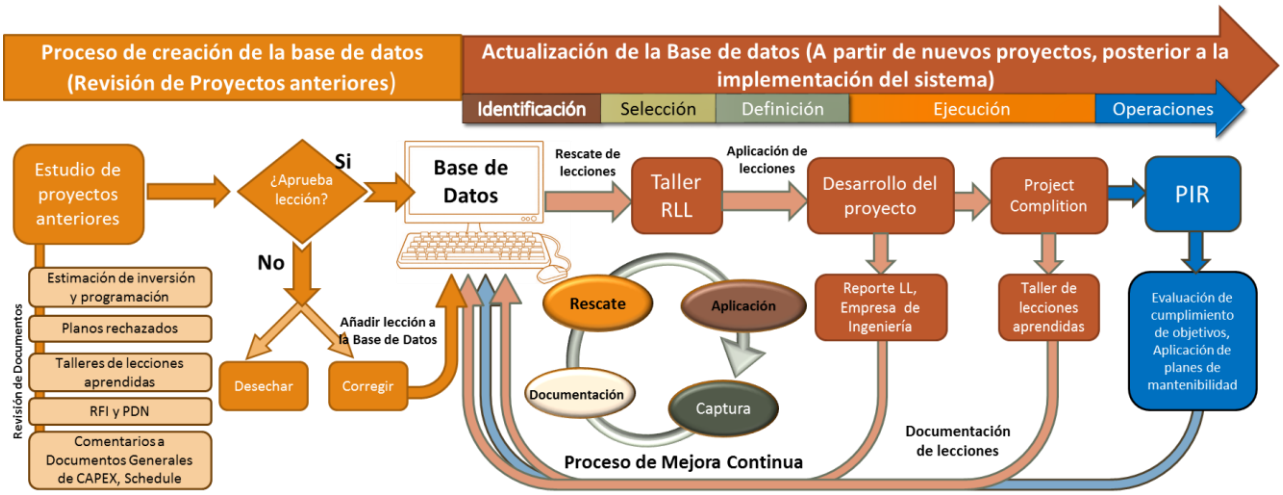


Ilustración 5.14 Ciclo de actualización de base de datos, Minera Escondida

Debido a la segregación del área de proyectos con operaciones, no se han capturado lecciones aprendidas relativas a la Operación y Mantenibilidad del proyecto o equipo durante la fase de Operaciones. Se espera a futuro capturar y documentar lecciones propias de ellos. Pero si se añade la capturar conocimiento durante el "Post Investment review" o PIR, donde la HoP analiza el nivel de cumplimiento de objetivos y la aplicación de los planes de mantenibilidad

Se genera un documento de estandarización de captura de lecciones aprendidas para la Head of Project, el cual tiene por objetivo lograr que se documenten lecciones reales aplicables a nuevos proyectos y no solo sucesos que ocurrieron. Se presenta dicho documento en el ANEXO 4.

6) Implementación del sistema de Gestión

Siguiendo el modelo de KM "10 Step RoadMap" después de diseñar el modelo de gestión, la fase 3 es la implementación de dicho modelo. Para lograr el éxito, no basta con diseñar reglas y dar responsabilidades, se debe asegurar el cumplimento de estas, teniendo en cuenta la cultura organizacional, documentación necesaria y barreras existentes. Como prueba final del modelo, se implementara en proyectos reales y se registraran los resultados.

6.1 Aseguramiento de Calidad en el modelo a implementar

El objetivo por el cual se quiere implementar el sistema de gestión de lecciones aprendidas es aumentar la confiabilidad durante el ciclo de vida de los proyectos. Para lograr esto podemos referirnos al capítulo 4.2 donde se exponen las bases de la gestión de calidad.

Dentro de la cultura de los trabajadores de MEL, la gestión de lecciones aprendidas simboliza re-trabajo y pérdida de tiempo, no existe una cultura de lecciones aprendidas a la que apelar para el seguimiento durante todo el ciclo de vida del proyecto a las tareas asignadas durante el taller RLL.

Con el propósito de asegurar que las soluciones y tareas propuestas durante el taller RLL se cumplan, podemos dividir los compromisos establecidos en 2 grandes grupos:

1. Lecciones aplicadas a Ingeniería:

   Estas lecciones aplican directamente a lo que es el diseño y la calidad de entregables, estimaciones de costos, programación y otros. Gran cantidad de estas lecciones tendrán que ser tomadas por la empresa de ingeniería y aplicadas en los planos y documentos a entregar, esta información debe ser plasmada en el informe de "Aplicación de lecciones aprendidas" a entregar posterior al Taller RLL.
   Con este informe el "Project Engineer" tendrá la posibilidad de controlar y asegurar que la empresa de ingeniería está cumpliendo con lo acordado durante el taller. El "Project Engineer" es el responsable que todas las lecciones aplicas a ingeniería capturadas durante el Taller de rescate se cumplan, durante todo el ciclo de vida del proyecto.

2. Lecciones aplicadas al desarrollo del proyecto

   Estas lecciones aplican a todo el ciclo de vida del proyecto, velando porque el caso de negocios tenga éxito, que el proyecto cumpla con los requerimientos del usuario, lecciones que faciliten que se cumplan los plazos y los costos, buenas prácticas que mejoren la coordinación entre áreas, que apliquen directamente a la construcción, al comisionamiento, operación y mantención, etc. El "Lead Delivery" es el responsable que todas las lecciones capturadas durante el taller de rescate se cumplan.
   Con el objetivo de asegurar que se les esté haciendo un seguimiento constante a las tareas establecidas durante el Taller RLL, estas deben ser incluidas en las reuniones semanales donde el "Lead Delivery" presenta el avance y estado del proyecto, esta reunión se conoce dentro de la "Head of Project" como "Weekly". A esta reunión, asisten todos los miembros de la HoP y es la instancia perfecta para consultar el estado y cumplimento de las lecciones en el proyecto.

Entonces, solicitando el Informe de "Aplicación de lecciones aprendidas" a la empresa de ingeniería, y controlando el estado de las tareas y compromisos semanalmente en los "Weekly" nos aseguramos que se apliquen las lecciones aprendidas rescatadas en el desarrollo de los proyectos.

Además, una vez que la empresa de ingeniería entregue los documentos en Revisión B, el "Project Engineer" debe chequear que esta cumplió con lo presentado en el informe de "aplicación de lecciones aprendidas", en caso no ser así, los entregables serán rechazados. (Ver ANEXO 2, Diagrama de flujo ingeniería HoP)

6.2 Responsabilidades

Dentro del sistema a implementar existen responsabilidades a cumplir entre los Stakeholdes del proyecto. Sin que ellos realicen su función, el modelo de gestión de lecciones aprendidas no cumpliría su objetivo a cabalidad. Las distintas responsabilidades son:

1. *Proyect engineer*: Es el ingeniero asignado al diseño del proyecto, es parte del equipo de ingeniería de la HoP. Dentro del sistema de gestión de lecciones aprendidas sus responsabilidades son:

- Realizar el estudio y un rescate de lecciones aprendidas previo al taller RLL en conjunto con el "Lead Delivery".
- Asistir al taller de rescate de lecciones aprendidas (RLL), expone las lecciones previamente rescatadas.
- Recibe del "lead delivery" el documento "RLL tracking" generado durante el taller y de la empresa de ingeniería del "informe de aplicación de LL"
- Con apoyo del documento "RLL tracking" y el "informe de aplicación de LL" realiza un seguimiento durante todo el ciclo de vida del proyecto de las asignaciones y tareas dadas durante el taller RLL.
- Al cierre del proyecto, participa del taller de lecciones aprendidas

2. *Lead Delivey*: Es el ingeniero a cago de todo el desarrollo del proyecto, es parte del equipo de "Development & Delivery" de la HoP. Dentro del sistema de gestión de lecciones aprendidas sus responsabilidades son:

    - Realizar el estudio y un rescate de lecciones aprendidas previo al taller RLL en conjunto con el "Proyect engineer".
    - Preparar y facilitar el taller de rescate de lecciones aprendidas (RLL), solicita a la empresa de ingeniería que le envíen las lecciones previamente rescatas para anexar a la presentación del taller RLL.
    - Modera el taller, asigna tareas y completa con todos los presentes el documento "RLL Tracking".
    - Hace entrega del documento "RLL tracking" al "Proyect engineer".
    - Con apoyo del documento "RLL tracking" realiza un seguimiento durante todo el ciclo de vida del proyecto de las asignaciones y tareas dadas durante el taller RLL.
    - Al cierre del proyecto, coordina y facilita el taller de lecciones aprendidas.

3. *Empresa de ingeniería*: Es la empresa contratista que realiza el diseño y la ingeniería del proyecto, Forma parte de las empresas del contrato marco de ingeniería. Dentro del sistema de gestión de lecciones aprendidas sus responsabilidades son:

    - Realizar el estudio y un rescate de lecciones aprendidas previo al taller RLL de manera interna, envía esta información al "lead delivey" previo al taller.
    - Asiste al taller de rescate de lecciones aprendidas, expone las lecciones previamente rescatadas.
    - Posterior al taller prepara el "informe de rescate de lecciones aprendidas".
    - Aplica las lecciones rescatadas en el diseño de planos y entregables.

- Una vez finalizada la etapa de Sel/Def, prepara un pequeño reporte de lecciones aprendidas, en el formato de la base de datos de LL HoP, por los planos que fueron rechazados durante el diseño.
- Analizan las RFI generadas en terreno como posibles lecciones aprendidas, presentan análisis en taller LL.
- Al cierre del proyecto, participa en el taller de lecciones aprendidas.

4. *Área de operaciones*: Es el área cliente que solicita la ejecución del proyecto. Ellos determinan las necesidades y alcances del nuevo proyecto. Dentro del sistema de gestión de lecciones aprendidas sus responsabilidades son:

    - Asistir al taller de rescate de lecciones aprendidas (RLL), deben aportar conocimiento y lecciones nuevas aplicadas al proyecto durante el desarrollo del taller.
    - Proporciona, valida o corrige lecciones presentadas el taller, y aporte comentarios para la asignación de las tareas.
    - Deba dar especial énfasis en lecciones que permitan aumentar la confiabilidad y mantenibilidad del proyecto.
    - Al cierre del proyecto, participa en el taller de lecciones aprendidas

5. *Empresa constructora*: Es la empresa contratista que realiza la ejecución del proyecto. Estas no poseen contrato marco, y constantemente están licitando proyectos. Dentro del sistema de gestión de lecciones aprendidas sus responsabilidades son:

    - Generan RFI las cuales deben ser analizadas como posibles lecciones aprendidas por la empresa de ingeniería.
    - Al cierre del proyecto, participa en el taller de lecciones aprendidas

6. *Control Documental:* Es el encargado de almacenar la información generada por los proyectos, traspaso de información oficial de proyectos, etc. Dentro del sistema de gestión de lecciones aprendidas sus responsabilidades son:

    - Dueño de la base de datos, almacena, actualiza y distribuye
    - Hace entrega de la base de datos actualizada a la empresa de ingeniería que se adjudicó el contrato.
    - Recibe de la empresa de ingeniería el reporte de lecciones aprendidas por planos rechazados al final de la etapa Sel/Def y procura la aprobación de las lecciones para actualizar la base de datos.

- Almacena los documenta del taller de lecciones aprendidas al cierre del proyecto, y actualiza base de datos.

6.3 Actualización de documentos:

Con el objetivo de implementa el sistema de gestión de lecciones aprendidas dentro de la gestión de proyectos MEL, se proceden a actualizar los siguientes documentos:

6.3.1 Manual de ingeniería para proyectos Asset Project

Manual generado por la "Head of Proyect", con el objetivo de gestionar y operar el modelo de Project Management de BHP y de Minera Escondida Ltda. Este manual detalla las actividades de ingeniería dentro de la fase de Sel/Def y ejecución. Este manual fue actualizado el año 2017 y se encuentra actualmente en su versión 2. Se realizan cambios con el propósito de insertar un sub proceso dentro del diagrama de flujo en la gestión de proyectos de ingeniería.

1. Sea actualiza el diagrama de flujo del proceso de gestión de proyectos de ingeniería existente como anexo en el manual de ingeniería añadiendo un sub-proceso con la gestión de lecciones aprendidas (Ver ANEXO 2).
2. Se añade un capítulo de gestión de lecciones aprendidas considerando en detalle los puntos:

    a) *Rescate y recolección de lecciones aprendidas*: se detalla las actividades que deben efectuar la empresa de ingeniería e ingeniería HoP, previo al taller RLL.
    b) *Se detalle la realización del taller de rescate de lecciones aprendidas*: se explican los objetivos y la importancia del taller, responsables y actividades a realizar durante el taller.

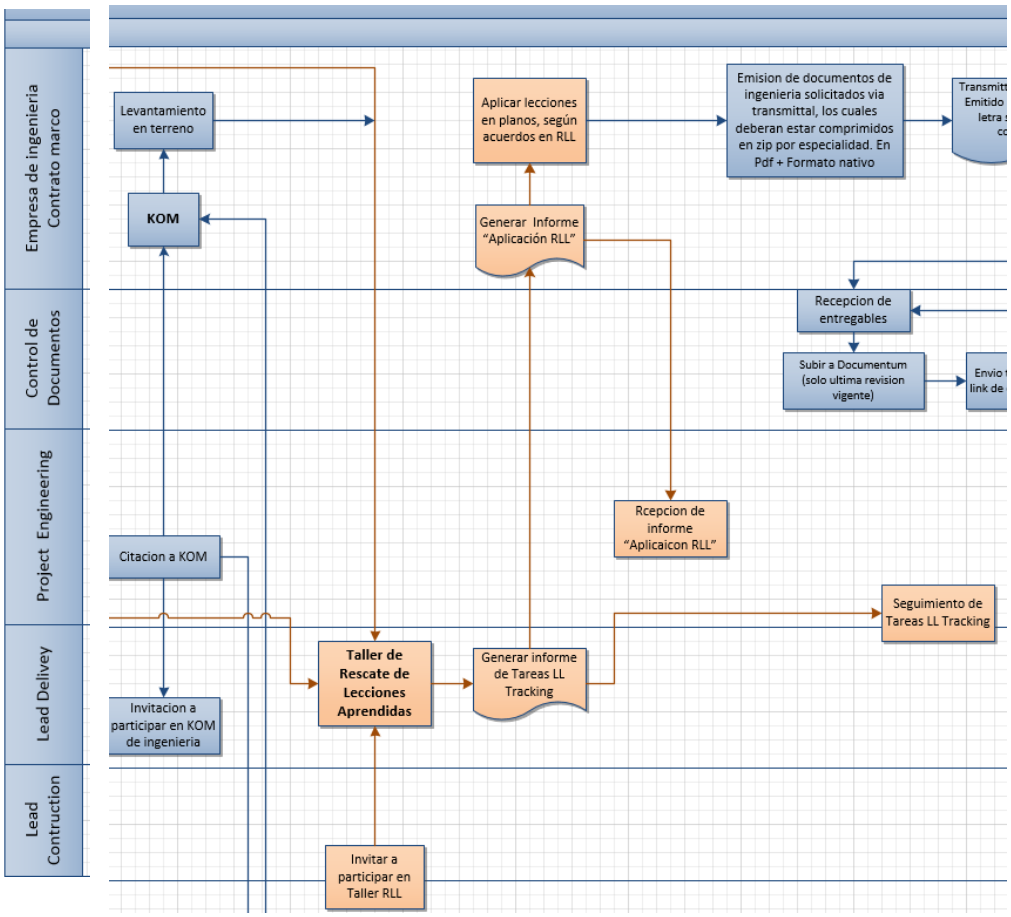


Ilustración 6.1 Fragmento diagrama de flujo actualizado, taller RLL y seguimiento

c) *base de datos de lecciones aprendidas HoP*: se explica la importancia de actualizar la base de datos y como hacerlos, los responsables y actividades a realizar.

3. Se agregan anexos como:

- Pautas para el desarrollo del Taller Rescate de Lecciones Aprendidas.
- Archivo Template, Informe Aplicación lecciones aprendidas fase Sel/Def.

6.3.2 Manual de procedimientos ingeniería de enlace y terreno

Como parte de la estandarización de proyectos dentro de MEL, ingeniería HoP genero el "Manual de procedimientos de ingeniería de enlace y terreno" que expone las responsabilidades que tiene la gerencia de ingeniería durante la fase de ejecución de un proyecto. Se realizan los siguientes cambios en el manual:

1. Se añade como parte de la responsabilidad de la gerencia de ingeniería en la fase de ejecución la Captura y aplicación de lecciones aprendidas (Ver capítulo 5.3.2) en la sección 1 del manual.

2. Se añade un capítulo sobre la gestión de lecciones aprendidas durante la fase de ejecución, que destaca:

    - La aplicación de las lecciones capturadas en el taller RLL.
    - La captura de LL a partir de las PDN (por parte de la HoP).
    - La captura de LL a partir de RFI (por parte de la empresa de ingeniería).
    - La importancia de la preparación y de la asistencia al Taller de lecciones aprendidas al cierre.

Actualmente se realizan taller de LL al cierre del proyecto, pero la información se pierde y no se aplica durante nuevos proyectos. La actualización del manual busca cambiar esto y darle más material y contenido a la base de datos de lecciones aprendidas.

6.3.3 Bases técnicas de licitación para nuevos proyectos

Dado que el sistema de gestión de lecciones aprendidas a implementar se exigen entregables y reuniones durante el ciclo de vida del proyecto, esto significa un aumento en el costo de la ingeniería, el cual la empresa de ingeniería debe considerar y aplicar, por lo tanto se deben actualizar las bases de licitación que se envían a las empresas de ingeniería, permitiéndoles generar una oferta técnica y económica que incorpore el nuevo requerimiento.

El objetivo de actualizar las bases técnicas de licitación es solicitar a la empresa su participación en las actividades de gestión de lecciones aprendidas y que estas sean consideradas dentro de los alcances del proyecto, las modificaciones realizadas las bases de manera genérica fueron: (Ver ANEXO 6, Actualización bases técnicas de licitación, cambio VDF)

1. Se añadió a los antecedentes generales el punto:

    - Realizar recopilación de lecciones aprendidas que tengan aplicación directa en el diseño de entregables, utilizado conocimiento propio de la empresa y base de datos entregada por la HoP, como preparación para el taller de rescate de lecciones aprendidas.

2. Se añadió en el listado de entregables exigidos a la empresa:

    - Taller de rescate de lecciones aprendidas (Incluye presentación)
    - Informe de aplicación de lecciones aprendidas

3. Se agregó capítulo titulado "Aplicación de lecciones aprendidas", que incluye:

    - Antecedentes generales del sistema de gestión de LL
    - Implementación del sistema de gestión de LL en el proyecto

4. Se añade al anexo 1 de las bases de licitación (Estimación entregables revisión ingeniería) actividades generales como:

    - Taller de rescate de lecciones aprendidas (Incluye presentación de lecciones previamente recopiladas)
    - Informe de aplicación de lecciones aprendidas

5. Se anexa a las bases tecnicas de licitación el documento a llenar "informe de aplicación de LL" (Ver anexo 5).

Cabe mencionar que para cada proyecto, las bases técnicas de licitación son ligeramente diferentes, por lo que se pueden hacer modificaciones a la descripción y entregables relacionados con las lecciones aprendidas

6.3.4 Nuevos documentos

1. **Informe aplicación lecciones aprendidas**

    Después del taller de RLL la empresa de ingeniería debe enviar al "Project Engineer" el "informe de aplicación de lecciones aprendidas". El objetivo de este informe es establecer una herramienta para el seguimiento y control para las lecciones que son aplicables a los entregables de la fase selección/definición del proyecto.

    Este documento está en formato "Template" con el objetivo de facilitar y estandarizar el trabajo de la empresa de ingeniería, debe indicar a que entregable aplicada cada una de las lecciones presentadas durante el taller RLL.

Este documento se agrega como anexo en las bases técnicas de licitación y en el manual de ingeniería. Se presenta el documento en el ANEXO 5

2. **Pautas para el desarrollo del Taller Rescate de Lecciones Aprendidas.**

Una de las claves del sistema de gestión de lecciones aprendidas es el taller RLL, donde las lecciones agregan valor a proyecto. El desarrollo de este taller no solo es algo nuevo dentro de la organización, sino que modifica el estándar de ejecución de talleres de lecciones aprendidas dentro de MEL. Se genera esta pauta con el objetivo de estandarizar el taller de rescate de lecciones aprendidas.

El documento es un apoyo para que el "lead delivery" tenga de manera clara y ejecutiva las pautas a seguir para que el desarrollo del taller sea un éxito. Se presenta el documento en el ANEXO 3.

3. **Estandarización de captura de lecciones aprendidas.**

Está claro que si las lecciones no están bien redactadas en la base de datos, estas no podrán ser aplicadas y que muchas lecciones documentadas no siempre significan calidad. Con el objetivo de estandarizar la captura de lecciones durante el taller de lecciones aprendidas al cierre se entrega una documento que expone de manera clara el objetivo que debe apuntar la captura de una lección, las preguntas que debe contestar la lección y en que formato se deben registrar.

El documento es un apoyo para que el "lead delivery" tenga de manera clara y ejecutiva las pautas a seguir para que la captura de lecciones aprendidas sea un éxito. Se presenta el documento en el ANEXO 4.

6.4 Implementación de modelo de gestión LL en proyecto piloto

Como parte de la implementación del modelo de gestión de lecciones aprendidas, se elige 1 proyecto como piloto, donde se seguirá el diseño establecido en el capítulo 5. El proyecto elegido lleva por nombre "Cambio de variadores de frecuencia CLC".

6.4.1 Proyecto "Cambio de variadores de frecuencia CLC"

El objetivo del proyecto es cambiar 4 variadores de frecuencia (VDF) que operan con el molino SAG 3 y el espesador de relaves n°5, debido a que los variadores han cumplido

su vida útil y actualmente presentan problemas, generando pérdidas por detención de planta Concentrado Los Colorados (CLC).

Es un proyecto que considera una ingeniería de solo 6 semanas, lo que permitirá observar y evaluar el desempeño del sistema de gestión de lecciones aprendidas aplicado. Se realizaron las siguientes actividades:

1) (4/abril/2018) Se entregan Bases técnicas de licitación actualizada donde se añade:

    - Resumen modelo de gestión de lecciones aprendidas y responsabilidad de la empresa de ingeniería
    - Se incluye la necesidad de asistencia al "Taller de rescate de lecciones aprendidas"(RLL)
    - Se incluye nuevo entregable "Informe aplicación lecciones aprendidas"
    - Se modifica el listado de entregables para oferta económica.

2) (14/abril/2018) Se adjudica el contrato por parte de la empresa KYPRO entregando:

    - Propuesta técnica
    - Propuesta económica, donde se añaden el costo que tendrá la asistencia y preparación al taller RLL y la generación del "Informe de aplicación LL"
    - Plan de calidad

3) (16/abril/2018) Se envía correo al ingeniero de KEYPRO a cargo de la fase inicial del proyecto:

    - Se hace entrega de la base de datos de lecciones aprendidas
    - Se recalca la importancia de la asistencia al taller RLL a realizarse previo la KoM el día 18 de abril
    - Se solicita preparar y capturar lecciones a partir de la base de datos y del conocimiento propio para presentar durante el taller RLL y aplicar en entregables del proyecto.

4) (15/abril/2018) se realiza rescate de lecciones previo al taller por parte del área de ingeniería HoP:

    - Reunión donde se filtraron lecciones de la base de datos que podrían aplicar al proyecto.

- Se identificaron 4 nuevas lecciones que podrían aplicar a entregables del proyecto
- La reunión duró aproximadamente 30 minutos

5) (18/abril/2018) Se realiza el taller de rescate de lecciones aprendidas (RLL):

- Empresa KEYPRO cumple con "rescate de lecciones" previo al taller (se ve una pérdida de tiempo durante el cambio de una presentación a otra, por lo que se recomienda que el facilitador pida las lecciones a presentar y las añada a la presentación principal antes que inicie el taller).
- La HoP realiza y presenta lecciones rescatadas en reunión previa.
- Se completa el documento "RLL Tracking".
- El taller tuvo una duración aproximada de 2 horas.

Ilustración 6.2 Fotografía, Taller RLL, proyecto Cambio VDF

6) (26/abril/2018) Se recibe por parte de KEYPRO el "informe de aplicación de lecciones aprendidas"

7) (3/mayo/2018) Se emite revisión y comentarios al "informe de aplicación de lecciones aprendidas" entregado por KEYPRO, donde se les solicita corregir algunos puntos y agregar 2 lecciones faltantes.

Dado que el desarrollo de los proyectos toma varios meses y hasta años en algunos caso, no se podrá hacer un seguimiento del proyecto en el tiempo, cabe destacar que también se dio inicio a esta iniciativa en el proyecto "Mejora de Válvulas de procesos CLC", se enviaron las base de licitación modificadas (Ver ANEXO 6) y se programó la fecha para realizar el Taller de rescate de lecciones aprendidas.

7) Resultados

7.1 Resultados en implementación proyectos piloto

Durante la implementación del sistema de gestión de lecciones aprendidas salieron a la luz algunos problemas y falencias del modelo así como también se destacan algunos aspectos positivos. A continuación se describirán lo resultados y se darán recomendaciones que se obtuvieron al realizar un análisis al trabajo de implementación.

7.1.1 La importancia de la Cultura dentro de la organización

Como se identificó en la sección 5.2 uno de los desafíos dentro de la organización y por qué los talleres de lecciones aprendidas no generaban el valor que se esperaba, es la poca importancia se les da dentro de la gestión de proyectos, lo que se refleja en el nivel de asistencia durante los talleres.

Al Taller de Rescate de lecciones aprendidas realizado el 18 de abril para el proyecto de cambio de variadores de frecuencia, no asistieron todos los Stakeholders clave, la empresa de ingeniería no envió a los encargados directos, por lo que los asistentes por parte de esta se desvincularían del proyecto una vez terminada la fase de selección, además el área de operaciones se excusó a último minuto y no se contó con involucrados a la construcción o comisionamiento.

Debido a la inasistencia de algunos de los Stakeholders clave, el taller no se puede desarrollar de manera óptima y las asignaciones solo dieron entre los asistentes. Faltaron más lecciones y compromisos enfocados a la construcción, al comisionamiento y operación.

Se recomienda recalcar con más énfasis la importancia de la participación de todos en la invitación formal a estos talleres, recordar y motivar a los Stakeholders para que logren entender la importancia de que las lecciones aprendidas agreguen valor al proyecto. Contactar con los invitados que se excusaron.

7.1.2 Rescate de lecciones aprendidas

Como se indica en la sección 5.3.2, la empresa de ingeniería y la "Head of Project" tienen la misión de capturar y rescatar lecciones previas al taller RLL, con ayuda de la base de datos LL del conocimiento propio del equipo.

Para el proyecto "Cambio Variadores de Frecuencia CLC" esta actividad fue desarrollada con éxito en ambas partes, previo al taller se generó una pequeña reunión para realizar este rescate de lecciones aprendidas en la HoP, dicha reunión duro aproximadamente 25 minutos y se logró capturar un total de las 15 lecciones aplicables a la etapa de estudio, de las cuales 4 fueron añadidas durante esta reunión. Estas lecciones fueron evaluadas y presentadas durante el taller RLL.

La empresa de ingeniería no tuvo dificultadas para utilizar la base de datos LL que fue suministrada y logro capturar un total de 7 lecciones de las cuales 5 fueron obtenidas de la base de datos y 2 añadidas del conocimiento experto del equipo.

7.1.3 Durante la ejecución del taller RLL

Aunque no asistieron todos los invitados, durante el taller de recate de lecciones aprendidas (RLL) se cumplió el objetivo propuesto, completar en conjunto con los asistentes el documento de rastreo de lecciones aprendidas "RLL tracking" (Ver Tabla 5.5), donde se asignaron tareas a realizar y responsables dentro de la empresa de ingeniería y de la HoP. El campo "Fecha" el documento "RLL tracking" no se completa por temas de falta de información y tiempo. Se presenta en la ilustración 7.1 un fragmento de lo completado durante el taller, cabe destacar que las últimas 3 lecciones mostradas son algunas de las capturadas por experiencia personal de la empresa de ingeniería o la HoP, por lo tanto no poseen descripción de impacto.

Lessons Learned													
N° LL	Nombre Proyecto	Fecha	Área	Disciplina	Descripción Problema	Descripción Impacto	Impacto		Recomendaciones y Soluciones	Lesson Learnt Tracking			
							ive	e) / (		Tarea	Responsable	Fecha	Comentario
70	Suministros Agua de expansión Norte 9	FY17	Ingeniería	Eléctrica	Los tableros eléctricos deben ser diseñados según los estándares de la compañía.	Se emite Plano P/aprobación "Detalle componentes tableros". Se debe incorporar los porta-candados de bloqueo en los tableros. Se debe incorporar señalética según estándar de MEL. Además: Existencia de Transformador de control del cual no se hace referencia en el "Diagrama unilineal"	4	-	Se sugiere evaluar alternativa de incorporar en el Armario el Trafo de control y UPS dado que son ambos de baja potencia. Ajustando componentes para ser instalados en el interior. Con ello se evita canalizado y habrían 2 tableros menos. El "listado "componentes y materiales referencial" se deben verificar de acuerdo a "diagrama unilineal" y "especificaciones técnicas".	Aplicar en entregable según corresponda.	Keypro - Penta Carlos Villegas (Jefe especialidad eléctrica)		Seguir estándares de señalética en tableros. Verificar que los VDF vengan con parada de emergencia.
207	Disminución P80 Planta CLC	FY18	Ingeniería	Eléctrica	No se advierten interferencias del conjunto Variador de frecuencia durante el montaje	Ingeniería no previo la interferencia del conjunto VDF durante el montaje. El ingreso al área de montaje se vio restringido debido a la altura del VDF(2,6m) mas el ventilador sobre el (1m), chocaba con los ductos de ventilación y la escalerilla. Como consecuencia se tuvieron modificar los ductos y escalerillas existentes.	4	-	Empresa de ingeniería debe evaluar interferencia del cubículo superior del VDF con el entorno interior sala.	Aplicar a entregables	Keypro - Penta Daniel Fierro (Jefe de proyecto)		
208	Disminución P80 Planta CLC	FY18	Ingeniería	Eléctrica	No se advierte en diseño necesidad de nuevas Mufas para cables MT, entrada/salida VDF.	Para realizar el retiro de los cables de fuerza se debieron cortar las mufas. Debido a estos se debieron valorizar nuevas mufas. Impacto en el Costo del proyecto.	4	-	Empresa de ingeniería debe considerar en la estimación y Anexo A, suministro y montaje de nuevas mufas.	Aplicar a entregables	Keypro - Penta Daniel Fierro (Jefe de proyecto)		
209	Disminución P80 Planta CLC	FY18	Ingeniería	Eléctrica	No se considero nuevos SS.AA para ventiladores internos VDF.	Los VDF antiguos incluyen transformadores internos para alimentar los ventiladores, y los nuevos VDF no, por lo que se necesita alimentación externa.	4	-	Se debe considerar en el diseño provisión partidor NEMA 1 en CCM 480 V para alimentar los ventiladores internos VDF.	Aplicar a entregables	Keypro - Penta		Revisar necesidad de diseño durante levantamiento en terreno.
211	Disminución P80 Planta CLC	FY18	Ingeniería	Eléctrica	Posible interferencia del conjunto VDF al ingresar al área de montaje en 2° piso.	Debido a que se desconoce estado de área de montaje en 2° piso, se solicita verificar posibles interferencias a ocurrir durante montaje.	4	+	Empresa de ingeniería debe evaluar las posibles interferencias en montaje y generar procedimiento de izaje si corresponde.	Aplicar a entregables	Keypro - Penta		Revisar necesidad de diseño durante levantamiento en terreno.
New	Rescate previo Taller	FY18	Ingeniería	Eléctrica	Impacto por transferencia de calor en los nuevos VDF			+	Se debe verificar que el "Delta" de temperatura en los nuevos VDF no afecta al aire acondicionado existente	Conseguir información vendor para informa a Keypro	Patricia munizaga - Lead delivery		
New	Rescate previo Taller	FY18	Ingeniería	Eléctrica	Posibles disturbios eléctricos por la incorporación de los nuevos VDF			+	Se debe estudiar la incorporación de "disturbios eléctricos" por la incorporación de nuevos VDF.	Solicitar a Rockwell antecedentes de distorsión armonía sag, swell de los nuevos VDF en comparación con los anteriores	Patricia munizaga - Lead delivery		
New	Rescate previo Taller	FY18	Ingeniería	Eléctrica	Existencia de Botoneras Partir/parar			+	Verificar la existencia de botoneras Partir/Parar en terreno para la filosofía de centro VDF.	Verificar en terreno	Keypro - penta Leonardo Osorio		

Ilustración 7.1 Fragmento documento "RLL tracking" completado durante el taller RLL, Cambio VDF

El desarrollo del taller fluye de buena manera y sigue las directrices presentadas en el ANEXO 3.

Se detectó como desafío durante el desarrollo del taller una pérdida de tiempo innecesaria al realizar el cambio de presentación de lecciones entre la empresa de ingeniería y la HoP, por lo que se recomienda solicitar a la empresa de ingeniería dichas lecciones antes del taller, con el objeto de que el "Lead Delivery" o el facilitador del taller pueda incluir estas en el documento "RLL tracking" a presentar.

7.1.4 Entrega de informe aplicación LL

Posterior al taller RLL se hace entrega a los involucrados del documento "RLL tracking" que se completó durante este a la empresa de ingeniería, Esta genera y hace entrega del documento "informe de aplicación de lecciones aprendidas" aproximadamente 1 semanas después del desarrollo del taller.

Se destaca que la empresa de ingeniería no tuvo ninguna dificultad en utilizar el "RLL tracking" y el Archivo Template "informe aplicación de lecciones aprendidas" al hacer el vínculo de las lecciones aprendidas con el diseño de entregables.

El documento se revisa y se “Aprueba con comentarios” debido a que se omitieron 3 lecciones tratadas durante el taller RLL y no se expone una razón para eso. Se solicita incluir dichas lecciones o justificar porque no aplican.

Finalmente, se ve que el tiempo propuesto por la empresa de ingeniería para genera el informe de aplicación de lecciones aprendidas esta sobre-estimado al igual que las HH asignadas al taller RLL, se propone reducir a la mitad en un futuro proyecto.

7.1.5 Seguimiento de lecciones

El seguimiento de las lecciones por parte del “Lead delivery” se presentan en la reunión semanal del estado de los proyectos “Weekly”, sin desafíos. Se espera que la empresa de ingeniería cumpla lo acordado por ellos en el “informe de aplicación de lecciones aprendidas”, el “Project Engineer” está en conocimiento de su responsabilidad de revisar esto una vez se haga entrega de los planos en revisión B.

Es de vital importancia que se le dé un buen seguimiento a las lecciones durante el diseño y la ejecución, es la clave para que estas agreguen valor al proyecto.

7.2 Impacto económico de implementar el sistema de gestión

Como en cualquier proyecto, las inversiones y esfuerzos adicionales deben justificarse de manera económica, por lo tanto se realiza una estimación del impacto económico positivo que significara implementar el sistema de gestión de lecciones aprendidas en la gestión de proyectos dentro de MEL.

7.2.1 Costos asociados

Los puntos que generan costos, o aumentos en el CAPEX asociados al proyecto, tiene directa relación con lo expuesto en la sección 6.3.3, en los documento y actividades

añadidas en las bases técnicas de licitación que se envía a la empresa de ingeniería, la cual envía una evaluación económica de lo solicitado.

Los datos presentados a continuación en la tabla 7.1 fueron obtenidos a partir del promedio de la estimación económica presentada por las empresas de ingeniería cuando se les solicito aplicar el sistema de gestión de lecciones aprendidas en nuevos proyectos.

Tabla 7.1 Actividades y entregables del sistema de gestión de lecciones aprendidas que generan gastos:

Actividad/entregable	HH (asociadas)	Monto (Aprox.) ($CLP)
Taller de rescate de lecciones aprendidas (RLL)	22	$700.000
Informe aplicación de lecciones aprendidas	15	$450.000
Reporte de lecciones por RFI´s y planos rechazados	20	$650.000
Total:	57	$1.800.000

Estos montos variaran según la empresa que realice el trabajo y sus costos por HH (Horas Hombre), donde estas asignan diferentes costos y HH según cargo (ejemplo: Líder de proyectos, ingeniero senior, etc.)

Aunque se puede pensar que el gasto es elevado, es poco para los estándares de Minera Escondida Ltda. y se espera recibir un beneficio mucho mayor aplicando estas actividades. Aun asi, como se menciona en la sección 7.1.4, las HH asignadas están sobre- estimadas y estas podrían reducirse entre 45 y 50 HH, dependiendo si se incluye o no el traslado del personal dentro de las HH asignadas al Taller RLL.

7.2.2 Beneficio económico

Cada error o evento no deseado que se presenta en un proyecto genera retrasos en la programación, re-trabajos, aumentos en los costos, lo que se traduce en enormes pérdidas para la compañía. Evitar estas pérdidas es lo que busca el sistema de gestión de lecciones aprendidas a implementar en la gerencia de proyectos MEL.

Para estimar el beneficio económico que significara implementar este sistema de gestión dentro de la Vicepresidencia de proyectos (HoP), se estudiaran algunos proyectos anteriores y el costo que significo no rescatar y aplicar lecciones y posibles errores en las etapas tempranas del proyecto. Esta estimación no es algo sencillo debido a que existen muchos factores que influyen en el resultado de un proyecto, tiempo,

presión, clima, hasta el estado psicológico de los trabajadores y otras cosas que no vemos a simple vista, aun así, si hay errores que pudieron preverse y que no se hizo por negligencia o desconocimiento.

Se evaluaron 3 proyectos, con los cuales se trabajó durante la generación de la base de datos de lecciones aprendidas, se revisaron las lecciones aprendidas de estos en la base de datos, y se determinó cuales impactaban directamente en costos para el proyecto. Se realizó un estudio de todos los aumentos en costos que tuvo el proyecto, y se discrimino cuáles de estos se consideraban como lecciones a aprender y cuáles no, se revisaron modificaciones de contratos, PDNs, entre otros.

Estos costos se generaron por falta de planificación, deficiencias en la etapa de ingeniería, diseños deficientes, equipos mal definidos, compras erróneas, mala selección de la empresa contratista, falta de coordinación con el área de operaciones, etc. Todas estas falencias durante la gestión de proyectos generan aumento en el plazo y en el costo, lo que se resumen en más gastos para la compañía. Los montos en la Tabla 7.2 presentan los costos que significo no capturar ciertas lecciones y aplicarlas en su momento debido, es esto mismo el beneficio que busca el sistema de gestión de lecciones aprendidas, que el proyecto se mantenga dentro de su estimación inicial o menor (Cambio a moneda a la fecha 22/05/2018 de 636 pesos el dólar).

Tabla 7.2 Costos por errores asociados a lecciones aprendidas:

Proyecto evaluado (Costos por errores asociados con lecciones aprendidas)	Monto ($CLP)	Monto ($USD)
Proyecto 1	$ 695.354.627	$ 1.093.324
Proyecto 2	$ 521.377.512	$ 819.775
Proyecto 3	$ 398.459.724	$ 626.509

Podemos notar que los beneficios asociados con el sistema de gestión a implementar son de un orden de magnitud totalmente distinto e inferior a los costos que presenta la gestión de lecciones aprendidas (Ver sección 7.2.1).

El impacto que tenga el sistema de gestión de lecciones aprendidas dependerá de entre otras cosas del tamaño de inversión destinado a cada proyecto, para visualizar esto, analizaremos en cada uno de estos proyectos el nivel de impacto que pudo haber tenido capturar lecciones, previo al desarrollo de los proyectos. Como se visualiza en la ilustración 7.2, para cada uno de estos proyectos se presenta el monto base inicial que se tenía presupuestado (color naranja) y los aumentos en CAPEX ocasionados durante el desarrollo de los proyectos, estos se dividen en 2, aumentos evitables si se aplican lecciones aprendidas, por ejemplo: errores de ingeniería, interferencias, mala

selecciones de equipos, problemas en contratos, falta de coordinación, etc. y otros aumentos (color amarillo), por ejemplo: solicitudes del área, accidentes, problemas de clima, huelgas, etc.

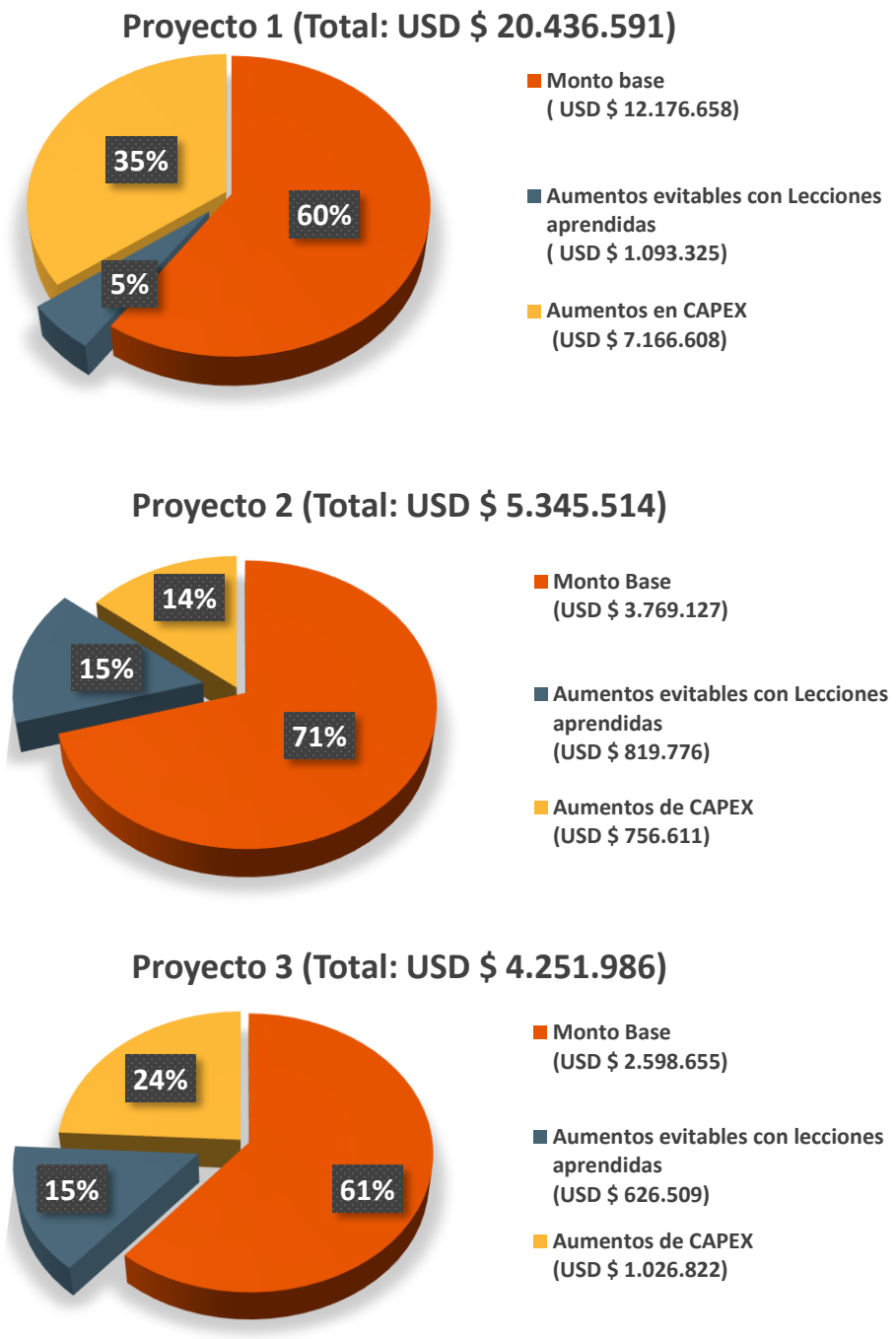


Ilustración 7.2 Porcentaje de impacto en proyecto a evitar utilizando lecciones aprendidas

Podemos distinguir en los gráficos circulares el porcentaje de impacto que puede llegar a tener en un proyecto el aplicar lecciones aprendidas (color azul) y este va desde un 5% hasta una 15%, ahora, cabe destacar, que en el proyecto 2 el impacto de no aplicar las lecciones aprendidas fue más del 50% de los aumentos del costo del proyecto. Ahora, si comparamos el monto base inicial con los costos por errores a evitar con lecciones aprendidas aumenta entre 10% y 22%.

Es interesante mencionar que estos no son grandes proyectos dentro de la HoP y a diferencia del Proyecto 1 que debido a los aumento generados durante el desarrollo de este el monto es considerables y supera los USD $20M, los proyectos evaluados 2 y 3 son considerados como proyectos pequeños, pero son exactamente proyectos entre USD $2.5M-$18M los que se tiene en mayor cantidad dentro de MEL.

Entonces el beneficio económico estimado de aplicar el sistema de gestión de lecciones aprendidas en la gestión de proyectos MEL esta entre un 5% y un 15% del costo final de un proyecto, llegando a monto que superan con creces las cifras mostradas en la ilustración 7.2.

Si consideramos el impacto económico que puede tener a futuro, durante la operación, debido a implementar lecciones aprendidas que aumenten la confiabilidad desde las etapas tempranas del proyecto, reduciendo tiempos de reparación, aumentado tiempo medio entre fallas (MTBF) y la disponibilidad del equipo, las cifras son enormes.

¿Cuál es el costo que significa la detención de un equipo por temas relacionados con la mantención?, claramente dependerá del área y el equipo que falle. Haciendo una estimación de las ganancias no percibidas por la empresa asociados al periodo de detención de un equipo importante como un Molino SAG, es aproximadamente de USD $3.000.000 por día. Problemas grandes pueden extenderse incluso hasta un mes (Evento ocurrido por 26 días ocasiono una pérdida de USD $78.000.000).

En conclusión el costo de implementación y el aumento de reuniones necesario para implementar este sistema de gestión son nulos comparados con el gran impacto positivo que este puede llegar a tener en la gestión de proyectos y activos.

8) Recomendaciones

Aunque este sistema presenta una gran mejora en lo que se refiere a la gestión de proyectos, mediante la recopilación, manejo e implementación de las lecciones aprendidas, dentro de la Vicepresidencia de proyectos en Minera Escondida Ltda., el mejoramiento continuo del sistema es la vía a seguir.

Clave para este mejoramiento continuo es la incorporación de las áreas Operativas de Minera Escondida desde las etapas tempranas del proyecto, haciéndolos participe en los talleres de Criterios de Diseño, talleres de lecciones aprendidas, HAZOP y contructibilidad, capturando y aplicando lecciones que impacten los procesos de diseño, ejecución, mantenimiento y otros.

El proceso de gestión y aplicación de lecciones aprendidas debe extenderse de manera más profunda incluso hasta la epata de operación de los proyectos, interiorizándose con los usuarios, para lograr que estas tengan un mayor impacto en la seguridad y en los procesos de mantenibilidad y operación de los equipos y sistemas. Esto significará una mejora en la confiabilidad de los sistemas y un beneficio económico para la organización.

La base de datos de lecciones aprendidas debe crecer con lecciones de calidad, capturadas y documentadas pensando en su futura aplicación, se sugiere que esta sea actualizable y accesible en línea por los responsables de cada uno de los proyectos, transformándose así en una poderosa Tecnología de Información (TI).

Durante el período de implementación se recomienda realizar un seguimiento permanente del sistema y de su gestión, debido a que el cambio en la filosofía del tratamiento de las lecciones aprendidas puede generar una barrera no fácil de romper. Será primordial en esta primera fase enviar recordatorios para que los responsables de cada lección cumplan con los acuerdos tomados a fin de que éstas puedan agregar valor real a los proyectos. Tan importante como la generación y gestión del sistema de Lecciones Aprendidas es la difusión de sus resultados a la gerencia de proyectos y respectivos “stakeholders”, con el objetivo de generar una cultura orientada al conocimiento e implementación de las lecciones aprendidas dentro de MEL.

Finalmente se recomienda coordinar los esfuerzos, el conocimiento y las lecciones aprendidas sobre la gestión, desarrollo e implementación de proyectos con las demás divisiones que posee BHP en el mundo, desde los más cercanos como “Spence” hasta sus divisiones de Cobre, Carbón y Petróleo en las diferentes locaciones de América y Australia, generándose así una gran base de datos a la que sea factible recurrir previo al inicio de un proyecto.

9) Conclusiones

En el ciclo de vida de un proyecto son múltiples los factores que afectan la confiabilidad. Uno de los elementos principales que influyen es la confiablidad humana. Para este propósito una ventaja competitiva de una empresa radica esencialmente en el valor agregado que adquiere la transformación de la información en conocimiento para el desarrollo de sus proyectos.

Dentro de la gestión de proyectos de MEL se pudo ver que, aunque existía el concepto de lecciones aprendidas, estas no estaban prestando el valor que deberían dentro del ciclo de vida de los proyectos, debido a, entre otras razones, a la cultura de lecciones aprendidas existente, la falta de un reservorio claro de información sobre proyectos anteriores, , falta de preparación de estos talleres y el deficiente seguimiento al conocimiento recopilado y principalmente la ausencia de un modelo de gestión y control , existiendo una oportunidad de desarrollar y diseñar de un sistema de gestión enfocado a aumentar la confiabilidad en los proyectos, mediante la sistematización de lecciones aprendidas.

La creación de una base de datos de lecciones aprendidas de proyectos anteriores es la línea base que permite capturar el conocimiento dentro de la organización de proyectos de MEL, pero no asegura por sí misma la gestión de confiabilidad de proyectos. Si bien es importante identificar las oportunidades y/o buenas prácticas en las distintas fases de vida de los proyectos, lo más desafiante es poder definir en forma efectiva un plan para su implementación. Dicho plan puede resultar ambicioso y abordar más de lo necesario. Sin embargo, esto puede complicar la implementación por el cada vez más escaso tiempo disponible. Por esto que para facilitar implementación y aplicación de este conocimiento, es necesario enfocarse en las lecciones de mas importancia y que pueden agregar más valor al proyecto. En definitiva, se debe establecer una línea base concreta y realista desde donde realizar un seguimiento medible y trazable.

Se analizó el diagrama de flujo de todas las funciones y actividades desarrolladas por la Vicepresidencia de Proyectos MEL, insertando un sub-proceso que permitiera aumentar la confiablidad en el ciclo de vida de los proyecto, a través de la gestión de las lecciones aprendidas a un costo optimizado y que contribuyera a aumentar el valor de los proyectos.

Debido a que prever y solucionar un problema en las etapas tempranas de proyecto es más fácil y económico que intentar remediarlo una vez ocurrido (durante la construcción y mucho más durante la operación), el rescate de lecciones aprendidas tiene un gran potencial, si se utiliza de manera adecuado y los involucrados le dan el grado de prioridad necesario, generara un impacto económico positivo durante el

desarrollo de los proyectos, mejorara la preparación de estos, eliminando la necesidad de contratar una empresa de contraparte asignándole la responsabilidad a la empresa de ingeniería, convirtiéndose en una poderosa herramienta de mejora continua. Los costos de implementación asociados al sistema de gestión son nulos si se comparan con los grandes beneficios económicos que ofrece, teniendo presente que cualquier nivel de esfuerzo en aumentar la confiabilidad de un equipo o sistema impacta de manera enorme en costos durante la operación y producción de la planta. Siendo así atractivo para la compañía.

Durante la implementación del sistema de gestión de lecciones aprendidas como piloto en la fase selección/definición del proyecto "Cambio de Variadores de Frecuencia por obsolescencia en Planta Los Colorados" se cumplieron los objetivos propuestos, se rescataron y capturaron lecciones, la base de datos demostró ser de fácil búsqueda, entendible y amigable, además las actividades no presentaron un impacto negativo a las funciones de la Vicepresidencia de proyectos. Ademas queda claro que para que el modelo de gestión de lecciones aprendidas tenga éxito, uno de los factores de vital importancia es el compromiso de todos los involucrados y que estos puedan asignarle a las lecciones aprendidas la importancia que se merecen.

Se concluye que el modelo es aplicable a la gestión de proyectos de Minera Escondida Ltda. y aporta valor considerando que los diseños de Ingeniería desarrollados capturaron en forma eficiente los defectos y experiencia de proyectos anteriores, reduciendo potenciales impactos de cambio de alcance y tiempo en la fase de construcción y también capturando requerimientos de diseño para la mantenibilidad y confiabilidad requeridos para la etapa de operaciones , dentro del ciclo de vida del proyecto.

La confiabilidad y la mantenibilidad de los equipos o sistemas del proyecto deben visualizarse y tener presente desde las etapas tempranas del proyecto, solicitando la participación en los talleres de lecciones aprendidas de personal clave del área de operaciones y mantenimiento quienes pueden aportar conocimiento en la gestión de lecciones aprendidas. El esfuerzo que se haga en incluir el conocimiento y las lecciones capturadas de otros proyectos impactara de gran manera en la operación y mantenibilidad de los sistemas y procesos.

10) Bibliografía

ABATTE PÉREZ, J. R. (2014). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE CAPITAL; LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE PROBLEMÁTICAS, Y APLICABILIDAD DE LA GESTIÓN POR COMPRMISO EN LA CADENA DE VALOR.* Santiago: Universidad de Chile.

Acuña, a. J. (2003). *Ingeneiria de la confiabilidad.* Editorial tecnologica de costa rica.

Amendola, L. (2002). *La confiabilidad desde el diseño en Proyectos de mantenimiento*. Obtenido de mantenimientomundial: www.mantenimientomundial.com

Babcock, P. (2004). Shedding Light on Knowledge Management . *HR MAGAZINE*.

Bennet Lientz, K. R. (2002). *Project Management for the 21st Century.* academic Press.

BHP. (2016). *Informe de sustentabilidad.*

BID, sector de conocimiento y aprendizaje. (2011). *Lecciones aprendidas.*

Bischoff, B. (2010). *Building a Lessons - Learnerd Culture.*

Bost, M. (2014). *Why is 'Reflection' So Important to Project Lessons Learned?* Obtenido de www.projectsmart.co.uk.

Canals, A. (2003). "La gestion del conocimento". En A. Canals, *Acto de presentación del libro Gestión del conocimento.* UOC.

Dressler, D. (2007). The Challenge of Lessons Learned: Overcoming Barriers to Successful Application. *JTP*.

Escobar, L. A. (2003). *Confiabilidad: Historia, estado del arte y desafios futuros.* Medellin, colombia: Universidad Nacional de colombia.

Fruchter, R. &. (2002). Knowledge Management for Reuse. *International Council for Research and Innovation in Building and Construction, Aarhus School of architecture.* Denmark.

Garcia, C. I. (2016). *¿Cómo sistematizar las lecciones aprendidas de los proyectos de desarrollo?* Obtenido de BID, abierto al publico: https://blogs.iadb.org/abierto-al-publico/2016/11/03/como-sistematizar-las-lecciones-aprendidas-de-los-proyectos-de-desarrollo/

Garcia, O. (2006). La confiabilidad Humana en la gestion de mantenimiento. *VII Congreso nacional de mantenimiento .* ACIEM.

HMD Project Managers. (10 de abril de 2016). *MDAP , Master direccion proyectos*. Obtenido de Las lecciones aprendidas del proyecto: http://www.uv-mdap.com/blog/estandarizacion-de-las-lecciones-aprendidas-parte-1/

HoP, Minera Escondida. (2017). *Manual de Proyectos de Capital Minera Escondida.* Antofagasta.

Ingenieria Hop. (2017). *Manual de proyectos MN-HP4-070-P-2 ver.2.*

Ingenieria HoP. (2018). *Manual de ingenieria terreno.* Antofagasta, Chile: HoP.

ISO. (2015). *ISO 9000 ,Sistemas de gestión de la calidad.*

ISOBLOG. (2015). *Nueva ISO 9001*. Obtenido de ISO 9001: Entendiendo el enfoque basado en procesos: https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2014/11/iso-9001-entendiendo-enfoque-basado-procesos/

JACOBS. (2016). *Lecciones aprendidas. Sistema de Calidad, Mejora de procedimientos e instructivos de trabajo/revision y aprobacion.* Santiago,Chile: departamento de gestion de calidad JACOBS.

KEYPRO ingenieria. (2017). *Nosotros*. Obtenido de Keypro.cl: http://www.keypro.cl/historia/

Larez, A. (9 de Mayo de 2016). *Confiabilidad desde el diseño para la concepción de la planta o proyecto*. Obtenido de Linkedin: https://es.linkedin.com/pulse/confiabilidad-desde-el-dise%C3%B1o-para-la-concepci%C3%B3n-de-o-l%C3%A1rez-cmrp

Lawless, J. (2000). Statistical in realiability. *Journal of the American Statistical Association*, 95.

Lin, Y. W. (2006). Enhancing Knowledge Exchange trough Web Map-Based Knowledge Management System in Construction: Lessons Learned in taiwan. *Automation in Construction, Vol. 15*, 693-705.

Lopez, m. C. (2016). *Método para la elaboración de lecciones aprendidas*. Obtenido de pmi-mad.org.

Mendoza, K. (7 de Mayo de 2013). *Importancia de la ingeniería de confiabilidad en la organización*. Obtenido de Gestiopolis:

https://www.gestiopolis.com/importancia-de-la-ingenieria-de-confiabilidad-en-la-organizacion/

MILAM, J. H. (2001). *Knowledge Management for Higher Education.* Obtenido de ERIC Digest: http://www.eric.ed.gov

Nokes, S. (2006). *La guía definitva de la gestión de proyectos .* Londres: Financial Times / Prentice Hall.

PDM, BHP . (2017). *Projet development manual.*

PMBOK. (2013). *GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA GESTION DE POYECTOS.* PMI.

PROMEC. (2018). *Analisis de lecciones aprendidas bombas de piso.* Antofagasta, chile.

Rodriguez Gomez, D. (2006). *Modelos para la creacion y gestion del conocimento: una aproximacion teorica.* Obtenido de EDUCAR: :<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=342130826003>

Schuman, C. &. (2013). *Asset life cycle management: towards improving physical asset performance in the process industry.*

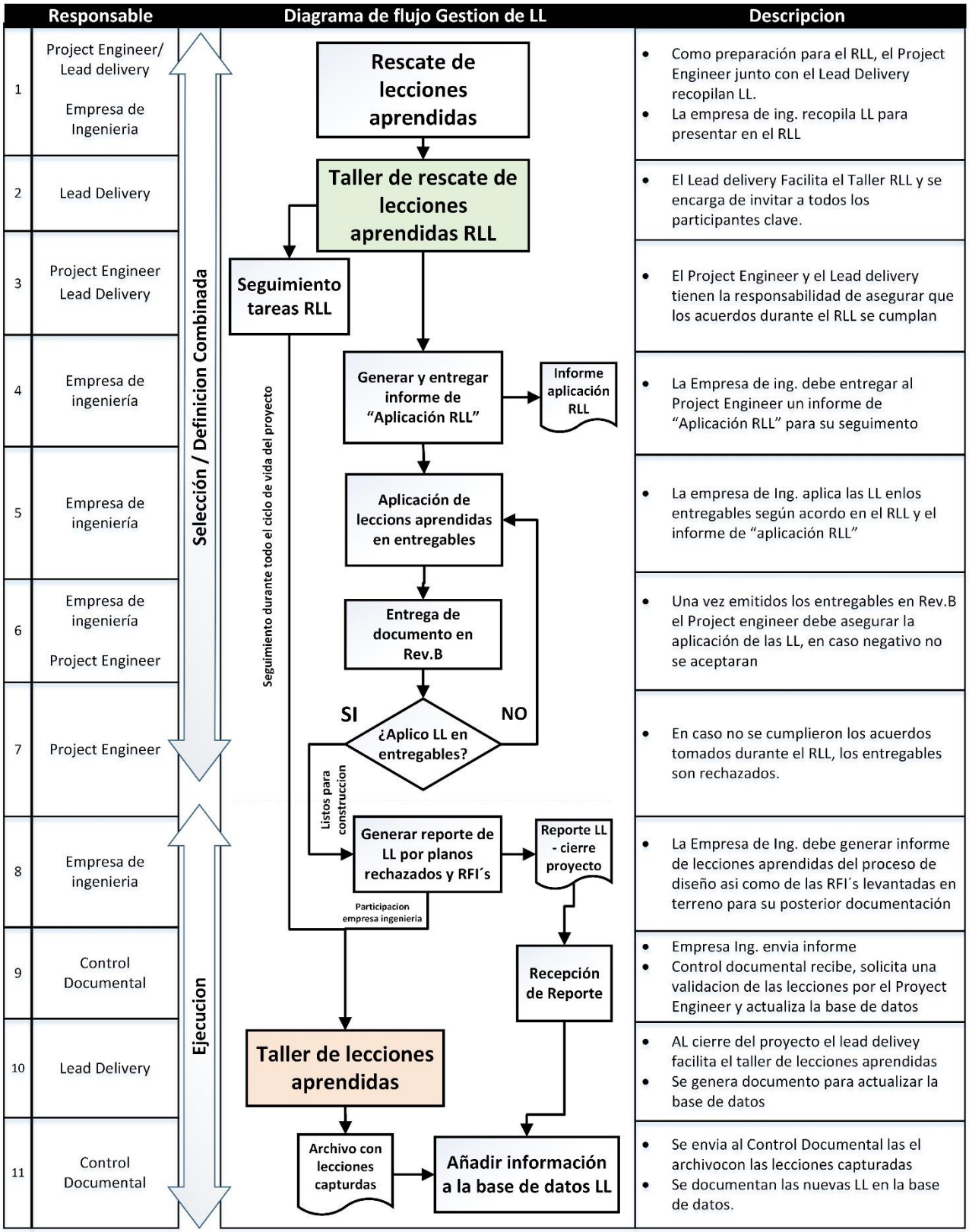
Technical & Development. (2017). *Lessons Learnt Process, Standar for Project - Minerals America.* Santiago, Chile: BHP Billiton.

Tiwana, A. (2002). *Knowledge Management Toolkit.* Prentice Hall PTR.

Zarbo, P. (2012). Lecciones Aprendidas de las Lecciones Aprendidas. *PM Word Journal*.

ANEXO 1

Diagrama de Flujo Gestión de lecciones aprendidas (Modelo)

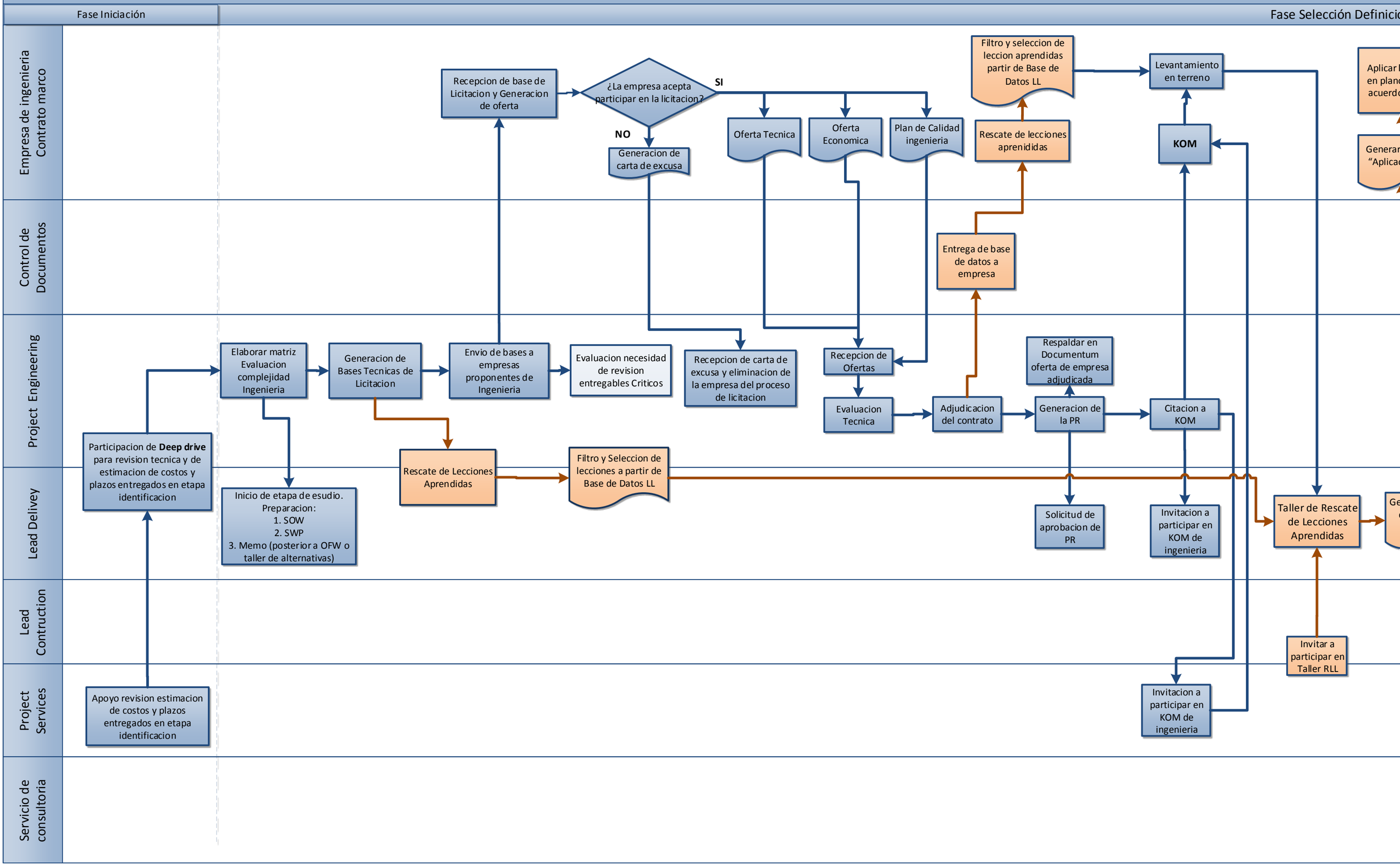

Responsable
Diagrama de flujo Gestion de LL
Descripcion
1
Project Engineer/ Lead delivery
Empresa de Ingenieria
Rescate de lecciones aprendidas
Como preparación para el RLL, el Project Engineer junto con el Lead Delivery recopilan LL.
La empresa de ing. recopila LL para presentar en el RLL
2
Lead Delivery
Taller de rescate de lecciones aprendidas RLL
El Lead delivery Facilita el Taller RLL y se encarga de invitar a todos los participantes clave.
3
Project Engineer Lead Delivery
Seguimiento tareas RLL
El Project Engineer y el Lead delivery tienen la responsabilidad de asegurar que los acuerdos durante el RLL se cumplan
4
Empresa de ingeniería
Generar y entregar informe de "Aplicación RLL"
Informe aplicación RLL
La Empresa de ing. debe entregar al Project Engineer un informe de "Aplicación RLL" para su seguimento
5
Empresa de ingeniería
Aplicación de leccions aprendidas en entregables
La empresa de Ing. aplica las LL enlos entregables según acordo en el RLL y el informe de "aplicación RLL"
6
Empresa de ingeniería
Project Engineer
Entrega de documento en Rev.B
Una vez emitidos los entregables en Rev.B el Project engineer debe asegurar la aplicación de las LL, en caso negativo no se aceptaran
7
Project Engineer
SI
NO
¿Aplico LL en entregables?
En caso no se cumplieron los acuerdos tomados durante el RLL, los entregables son rechazados.
Selección / Definicion Combinada
Seguimiento durante todo el ciclo de vida del proyecto
Listos para construccion
8
Empresa de ingenieria
Generar reporte de LL por planos rechazados y RFI´s
Reporte LL - cierre proyecto
La Empresa de Ing. debe generar informe de lecciones aprendidas del proceso de diseño asi como de las RFI´s levantadas en terreno para su posterior documentación
Participacion empresa ingenieria
9
Control Documental
Recepción de Reporte
Empresa Ing. envia informe
Control documental recibe, solicita una validacion de las lecciones por el Proyect Engineer y actualiza la base de datos
10
Lead Delivery
Taller de lecciones aprendidas
AL cierre del proyecto el lead delivey facilita el taller de lecciones aprendidas
Se genera documento para actualizar la base de datos
Ejecucion
11
Control Documental
Archivo con lecciones capturdas
Añadir información a la base de datos LL
Se envia al Control Documental las el archivocon las lecciones capturadas
Se documentan las nuevas LL en la base de datos.

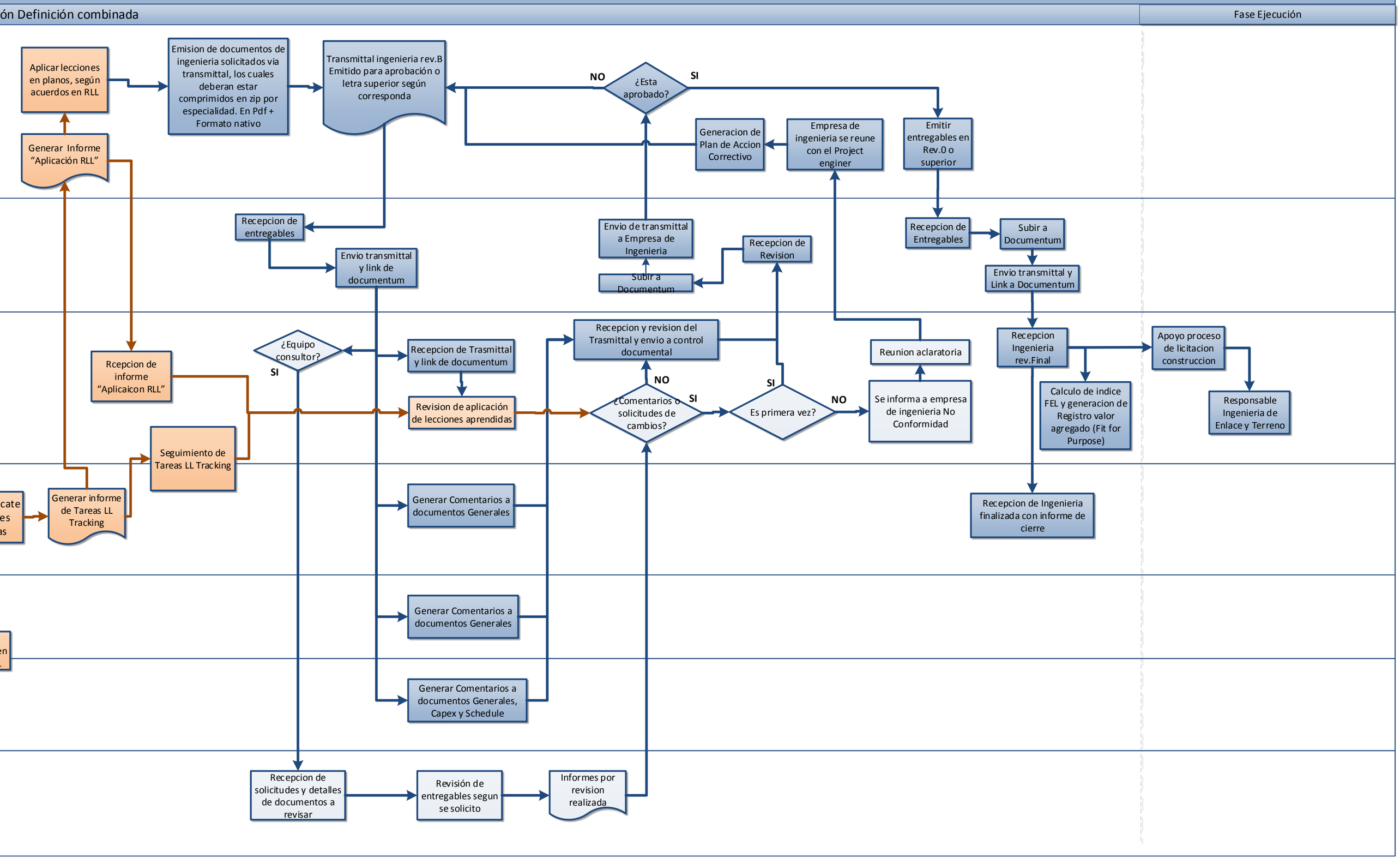
ANEXO 2

Diagrama de Flujo, proceso ingeniería HoP

(Actualizado considerando la gestión de lecciones aprendidas)

Proceso Selección/Definición-Proyecto




ón Definición combinada
Fase Ejecución
Aplicar lecciones en planos, según acuerdos en RLL
Emision de documentos de ingenieria solicitados via transmittal, los cuales deberan estar comprimidos en zip por especialidad. En Pdf + Formato nativo
Transmittal ingenieria rev.B Emitido para aprobación o letra superior según corresponda
NO
¿Esta aprobado?
SI
Generar Informe "Aplicación RLL"
Generacion de Plan de Accion Correctivo
Empresa de ingenieria se reune con el Project enginer
Emitir entregables en Rev.0 o superior
Recepcion de entregables
Envio transmittal y link de documentum
Envio de transmittal a Empresa de Ingenieria
Subir a Documentum
Recepcion de Revision
Recepcion de Entregables
Subir a Documentum
Envio transmittal y Link a Documentum
Rcepcion de informe "Aplicaicon RLL"
¿Equipo consultor?
SI
Recepcion de Trasmittal y link de documentum
Revision de aplicación de lecciones aprendidas
Recepcion y revision del Trasmittal y envio a control documental
NO
¿Comentarios o solicitudes de cambios?
SI
SI
Es primera vez?
NO
Reunion aclaratoria
Se informa a empresa de ingenieria No Conformidad
Recepcion Ingenieria rev.Final
Calculo de indice FEL y generacion de Registro valor agregado (Fit for Purpose)
Apoyo proceso de licitacion construccion
Responsable Ingenieria de Enlace y Terreno
Seguimiento de Tareas LL Tracking
Generar informe de Tareas LL Tracking
Generar Comentarios a documentos Generales
Recepcion de Ingenieria finalizada con informe de cierre
Generar Comentarios a documentos Generales
Generar Comentarios a documentos Generales, Capex y Schedule
Recepcion de solicitudes y detalles de documentos a revisar
Revisión de entregables segun se solicito
Informes por revision realizada

ANEXO 3

Pautas desarrollo del Taller Rescate de Lecciones Aprendidas

Pautas para el desarrollo del Taller
Rescate de Lecciones Aprendidas (RLL)

Objetivo

Entregar lineamientos generales para la planificación, el desarrollo y el cierre del taller que permita guiar al moderador en la conducción y las etapas que deben suceder con el obejetivo de lograr el compromiso y colaboracion de todos los participantes y que permita capturar el conocimiento y rescate de lecciones aprendidas para el proyecto a estudiar en la fase Selección/ Definición.

1. Previo al Taller

1.1 Recopilación de Lecciones aprendidas:

Como parte de la preparación del taller, el Lead Delivery junto con el Project Engineer deben recopilar lecciones de proyectos similares mediante herramientas como su experiencia previa y la Base de Datos de lecciones aprendidas existente. La recolección de información no debe limitarse solo a una etapa del proyecto, como por ejemplo Sel/Def, sino que debe abarcar lecciones que agreguen valor durante todo el ciclo de vida del proyecto. Las lecciones aprendidas recopiladas deben:

- Ser de todas las disciplinas que aplican al proyecto, es decir Mecánica, Eléctrica, etc.
- Abarcar la mayor cantidad de áreas posible, es decir HSE, ejecución, Ingeniería, etc.
- Estar en el formato de la base de datos de lecciones aprendidas HoP, para la posterior aplicación del “LL Tracking”
- Incluir lecciones que no aparezcan en la base de datos pero que según su experiencia aplican al proyecto.

Como parte de las bases de licitación, se le exige a la empresa de ingeniería que se adjudicó el contrato, realizar el mismo ejercicio anterior realizado por la HoP, con la diferencia de centrarse específicamente en lecciones aprendidas que apliquen a Diseños, Planos y entregables.

1.2 La Importancia de Asistencia de todos:

El Lead Delivery debe facilitar el Taller y velar por la asistencia de todos los stakeholders del proyecto. Debe realizar las invitaciones correspondientes y de ser necesario comunicase personalmente con los involucrados más relevantes. La ausencia de alguno de los invitados puede significar perder información, dificultar encontrar soluciones y la asignación de tareas.

2. Inicio del Taller: Alinear y fijar Objetivos

Es importante que la organización genere una “Cultura de Lecciones Aprendidas”, desde la alta gerencia hasta los niveles más bajos. Dado que no todo el mundo ve la verdadera importancia de las Lecciones aprendidas, esta es una instancia idónea para promover este mensaje de mejoramiento continuo. Es importante inculcar al personal que las Lecciones Aprendidas son siempre lo primero a tener en cuenta, en cualquier fase del ciclo de vida del proyecto, y con esto se lograra el objetivo de manera óptima.

El facilitador del taller debe lograr que todos presentes tengan claro el objetivo del taller y entiendan la importancia de este. Se recomienda apoyo de presentación visual.

2.1 La Relevancia de las lecciones Aprendidas:

"Durante el desarrollo de los proyectos no se pueden perder las oportunidades para documentar actividades y eventos, para esto, las Lecciones Aprendidas deben ser integradas en la cultura corporativa como "aprendizaje continuo"; es decir, que el registro de las experiencias no se puede dejar como una actividad más, que se debe realizar en la fase de cierre, sino que es necesario tenerlo en cuenta en todas las fases del ciclo de vida del proyecto. Además, es imprescindible que esta filosofía sea ampliamente comunicada."
Las lecciones tendrán un valor real cuando se apliquen y pongan en práctica durante el ciclo de vida del proyecto.

2.2 Objetivos del Taller Rescate de Lecciones Aprendidas:

- Identificar Lecciones de proyectos anteriores que apliquen al proyecto evaluado.
- Identificar soluciones a desafíos detectados y maneras de replicar las buenas prácticas.
- Asignar Tareas y Responsables para asegurar la aplicación de las lecciones identificadas a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- Finalmente agregar valor al proyecto.

3. Resumen del Proyecto a Estudiar

Para ayudar a que el Taller fluya de mejor manera, se debe informar a los presentes de manera breve los Objetivos y Alcances del proyecto, de tal manera que todos los asistentes al taller tengan los conocimientos mínimos para aportar con facilidad al proyecto. Algunos de los puntos importantes a tratar son:

- Objetivos y alcances definidos del proyecto.
- Ubicación del proyecto.
- Criterios de la Alternativa Seleccionada.
- Mencionar Proyectos similares en proceso o realizados anteriormente.

4. Rescate de Lecciones Aprendidas

4.1 Presentación de Lecciones Recopiladas HoP:

El project Engineer debe presentar las lecciones recopiladas previo al taller (ver punto 1.1 Recopilación de lecciones aprendidas). Se recomienda el uso del formato de la Base de Datos existente, inclusive el "Template LL tracking". Las lecciones deben aplicar a todo el ciclo de vida del proyecto.
El objetivo de este punto es validar y corregir las lecciones rescatadas por el equipo de la HoP, evaluar las lecciones de mayor impacto en el proyecto para proponer soluciones y tareas requeridas para su aplicación.

4.2 Presentación de Lecciones Recopiladas Empresa de Ingeniería:

Posteriormente la empresa de ingeniería debe presentar las lecciones recopiladas previas al taller (ver punto 1.1 Recopilación de lecciones aprendidas). Debe presentar como cada lección aprendida aplica a uno o más entregables. El objetivo de este punto es validar y corregir las lecciones rescatadas por la empresa de ingeniería (se recomienda solicitar lecciones empresa de ingeniería previo al taller y adjuntarlas en el mismo archivo presentado por la HoP, para que el taller sea mas fluido).
La empresa de ingeniería debe registrar lo acordado, añadir lecciones y asignaciones si se dieron, con el fin de preparar el "informe de Aplicación de Lecciones aprendidas"

4.3 BrainStorming Lesson Learned:

Se invita a todos los participantes que den sus puntos de vista, opiniones e ideas. La lluvia de ideas o BrainStorming no debe ser una sección del taller, sino un punto constante durante todo el taller. En caso sea necesario aparte un tiempo para este punto.
De mayor importancia es que se realice la lluvia de ideas durante las presentaciones de lecciones recopiladas, donde se pueden hacer correcciones, modificaciones y añadir lecciones que consideren aplican al proyecto.

5. Asignación de Responsabilidades y Tareas (LL tracking)

La parte más importante del Taller RLL es lo que suceda después de él, la manera en que se apliquen las lecciones rescatadas definirá finalmente si el taller fue exitoso o no.
Para Asegurarnos de que las lecciones agreguen valor real al proyecto, se deben asignar responsabilidades, tareas y fechas si corresponde, de manera específica para las lecciones de mayor impacto.
La empresa de ingeniería debe presentar en las siguientes 2 semanas el "Informe de Aplicación de lecciones Aprendidas" (Ver Anexo 9) y más adelante presentar los entregables en rev. B donde se aplicaron las lecciones al Project Engineer.
Se debe completar durante el Taller el "Template LL tracking", este punto puede presentarse durante el punto 4. Rescate de lecciones Aprendidas. El formato es el siguiente:

Lessons Learned												
N° LL	Nombre Proyecto	Área	Disciplina	Descripción Lección	Descripción Impacto	Impacto		Recomendaciones y Soluciones	Lesson Learnt Tracking			
						Nivel	(+) /(-)		Tarea	Responsable	Fecha	Comentario
1												
2												
3												
4												
5												
6												

Tabla 1. Template LL Tracking

6. Cierre del Taller

El Project Engineer en conjunto con el lead Delivery Agradecen la asistencia de todos los participantes, recalcando nuevamente la importancia de taller y motivando a los participantes a cumplir con las asignaciones propuestas. Recuérdeles que la parte más importante del Taller RLL es lo que suceda después de él.

ANEXO 4

Estandarización Captura de lecciones aprendidas

Dentro de la Head of Project

Estandarización
Captura de lecciones aprendidas, *Head of Project*

I. ¿Qué es una lección aprendida?

Las “Lecciones Aprendidas” (LL) es el conocimiento obtenido de experiencias en otros proyectos durante todo su ciclo de vida. Abarca tanto errores que deben evitarse como situaciones exitosas que debiesen ser replicadas, ambos con el objetivo de mejorar la eficiencia del proyecto.

Las lecciones aprendidas capturan evidencias e identifican tendencias y relaciones causa-efecto, acotadas a un contexto específico y sugieren recomendaciones prácticas y útiles para la aplicación o replicación del nuevo conocimiento en otros contextos, en el diseño y/o ejecución de otros proyectos o iniciativas que se proponen lograr resultados similares.

II. ¿Cómo queda bien definida una lección aprendida?

El contenido de una “lección aprendida” dependerá del enfoque, intención y uso que se les quiera dar, pero lo más importante es que la información a documentar sea lo sufrientemente clara para que esta pueda ser aplicada en un futuro proyecto. Las lecciones pueden ser extensas o no, esto variara según su ámbito de aplicación. Durante la captura o documentación de lecciones, se debe tener en cuenta que para que estas estén bien definidas deben poder responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Puedo aplicarlo a un nuevo proyecto? (discrimina si califica como lección o no)
2. ¿Qué fue lo que ocurrió?, ¿Cuál fue la lecciones a aprender?
3. ¿Cómo fue que ocurrió?, ¿Cómo se presentó o identifico la lección?
4. ¿Por qué ocurrió?, ¿Por qué se considera una lección aprendida?
5. ¿Consecuencias de lo ocurrido?, ¿Qué impacto tuvo en el proyecto?
6. ¿Cómo puedo aplicarlo a un nuevo proyecto?, ¿Qué debo cambiar, mejorar o implementar?

III. Ciclo de vida de las lecciones aprendidas

El ciclo de vida de las lecciones aprendidas va desde el Rescate de esta para su aplicación e implementación en futuros proyectos y una posterior identificación, captura y documentación en la base de datos, la cual servirá de herramienta para un posterior rescate. Finalmente esto se transforma en un ciclo de mejora continua. Ver Ilustración 1.

Ilustración 1 Ciclo de lecciones aprendidas en la HoP

IV. ¿Cómo documentar una lección aprendida?

Para facilitar la tarea de capturar y rescatar lecciones, se genera una base de datos de lecciones aprendidas, donde se plasma y documenta la información recolectada e identificada como útil, de un proyecto. La instancia más común donde se realizara la captura de lecciones aprendidas será durante el "Taller de lecciones aprendidas" al cierre del proyecto. Durante el taller de lecciones aprendidas se debe completar el siguiente formato (Ver tabla 1):

Proyecto-[NAME]			Lesson Learned		Impacto						
N°	Área	Disciplina	Descripción Lección	Descripción Impacto	Low				High	(positivo - negativo)	Soluciones/ recomendaciones
					1	2	3	4	5		
	Algunos Ej: -Ingenieria -Supply -Delivery -Cliente	Algunos Ej: -Mecánica/Piping -Contratos -Comisionamiento -Diseño	¿Qué fue lo que sucedió? Cual fue la lecciones aprendida?	¿Cómo paso? ¿Porque paso? ¿Qué ocasiono? Cual fue la consecuencia o impacto para el proyecto?	Marcar con una X el nivel de impacto que tuvo el proyecto, de 1 a 5, donde 5 es el mas alto					Se considera: **Impacto positivo**: Buenas practicas **Impacto negativo**: Oportunidad de mejora	¿Cómo puedo aplicarlo a un nuevo proyecto? ¿Qué debo cambiar, mejorar o implementar?

Tabla 2 Archivo Template Taller lecciones aprendidas

Antes de documentar una lección, para determinar si la información es o no una lecciones aprendida se debe realizar la siguiente pregunta, ¿Puede ser aplicado en otro proyecto? o ¿Agregara valor a un futuro proyecto?, si la respuesta es "NO", esta lecciones no debe ser documentada, si la respuesta es "SI", esta debe ser documentada en el formato presentado en la Tabla 1 como sigue:

Área: Grupo, departamento o fase que corresponde la lección dentro del ciclo de vida del proyecto. Vale decir: Ingeniería, Ejecución, Supply, HSE, Operaciones, etc. Por cada área se designan sub-campos o disciplinas.

Disciplina: Define explícitamente la aplicación que tiene dicha lección en un área determinada, como sub-campo de esta. Por ejemplo, el área de ingeniería posee disciplinas como: Mecánica/piping, eléctrica/instrumentación, Civil/arquitectura, etc. El área de ejecución posee disciplinas como: Construcción, Comisionamiento, licitación, etc.

Descripción de la lección: Explica de manera clara y resumida el detalle de la lección, se describe la buena o mala práctica de manera breve. Responde a preguntas como: *¿Qué fue lo que sucedió?, ¿Cuál fue la acción positiva replicar? o ¿Cuál es la oportunidad de mejora?*

Descripción del impacto: Se describe con más detalle que fue lo ocurrido y cuál fue la consecuencia o impacto del evento o lección. Responde preguntas claramente a 3 preguntas: *¿Cómo paso?, ¿Por qué paso?, ¿Cuáles fueron las consecuencias o impactos durante el proyecto?*

Impacto: Se le asigna un nivel de impacto del 1 al 5 donde 5 es el más alto, además, la lección clasifica en positiva (Buena práctica) o negativa (Oportunidad de mejora).

Recomendaciones y soluciones: En casos que apliquen se pueden definir acciones concretas a ejecutar, recomendaciones que podrían haber hecho la diferencia en el proyecto anterior. En este punto se le agrega valor a la lección y facilita la aplicación de la misma para futuros proyectos

V. Taller de lecciones aprendidas – Cierre proyecto

El taller de lecciones aprendidas al cierre del proyecto captura todas las lecciones se que presentaron durante el ciclo de vida del proyecto, la calidad del conocimiento recopilado durante este taller dependerá del nivel de asistencia a este, de la preparación previa de los asistentes y de la habilidad del facilitador para dirigir el taller y resumir de manera clara lo expresado por los involucrados.

Para desarrollar el taller de una mejor manera, el facilitador debe:

1. Invitar a todos los Stakeholders que participaron del proyecto y que puedan aportar información, solicitando que estos puedan llevar "lecciones aprendidas" que visualizaron durante el desarrollo del proyecto.
2. Presentar brevemente los objetivos y reglas del taller.
3. Hacer una breve reseña del proyecto y aspectos relevantes de este.
4. Seguir un orden a la hora de capturar lecciones, por ejemplo, solicitar lecciones en el siguiente orden:
    - HSE (Salud, seguridad y medio ambiente)
    - Cliente (Área de operaciones)
    - Ingeniería (Diseño, problemas en disciplina mecánica, eléctrica, etc.)
    - Ejecución (Construcción, Comisionamiento, Etc.)
    - Supply (Estrategias de contratos.)
    - Control & Governance
    - Permisos
    - Otros

5. Durante la captura de lecciones, realice las preguntas presentadas en la "sección II". Además puede realizar las siguientes preguntas para ayudar los asistentes:
    - ¿Qué fue hecho que debería ser repetido?
    - ¿Qué fue hecho que no deberíamos repetir?
    - ¿Qué no fue hecho y que deberíamos implementar?

6. Hacer el esfuerzo de completar todos los campos presentados en la tabla 1.
7. Agradecer la asistencia de todos.

Algunos de los errores que se deben evitar es documentar información que no se consideran lecciones aprendidas, sino más bien son hechos que ocurrieron y no presentan una idea o aporte para un nuevo proyecto. El facilitador debe tener presente que cada lección documentada debe poder ser entendida y aplicada por alguien que no participo en el proyecto.

VI. Documentar las lecciones aprendidas en la Base de datos.

Posterior al Taller de lecciones aprendidas, la información capturada en el formato mostrado en la Tabla1, debe ser enviada al "Control Documental" en formato nativo (Excel) y en PDF, este añadirá la información capturada durante taller en la Base de datos de lecciones aprendidas de la HoP.

ANEXO 5

Template “Informe de aplicación de lecciones aprendidas”

Archivo Template

Informe

Aplicación lecciones aprendidas fase Selección/Definición

[Nombre Proyecto]

Ingeniero Ejecutor : _____
Líder de disciplina : _____
Administrador de Proyecto : _____
Cliente : _____

Revisión	**Fecha**	**Emitido Para:**	**Ejecutó**	**Revisó**	**Aprobó**	**Cliente**

Empresa	Archivo Template Informe Aplicación de lecciones aprendidas	MINERA ESCONDIDA Operada por BHP Billiton Fecha:

1. Objetivo

Establecer una herramienta para el seguimiento y control para c/u de las lecciones aprendidas definidas en el taller de rescate de lecciones aprendidas (RLL) realizado el día XX/XX/XX y que son aplicables a los entregables de la fase selección/definición del proyecto XXXXXX que está siendo desarrollada por la empresa de Ingeniería XXXXXXX.

2. Alcance del trabajo

2.1 Analizar y vincular las lecciones aprendidas definidas en el archivo LL Tracking desarrollado en el taller de rescate de lecciones aprendidas (RLL), con los entregables de la fase selección/ definición del proyecto XXXXXXX donde las lecciones aprendidas aplique, de manera de identificar en que documento (Plano, Memoria de Cálculo, Especificación Técnica, etc.) del proyecto XXXXX se utilizará la gestión del conocimiento y se considerará en el diseño de la Ingeniería.

2.2 En caso de tomar lecciones de experiencia propias de la empresa, llene el detalle del punto 4. Donde se le pide completar el "N°" de la lecciones, utilice el que le asigno previamente en el punto 3. "Listado resumen". En la recuadro "lección tomada de:" agregue información relevante, como el nombre del proyecto anterior de donde se obtuvo la lección, o si fue durante un Lluvia de ideas, etc.

3. Listado de Entregables del proyecto donde aplica las lecciones aprendidas

Esta tabla debe ser llenada por la empresa de Ingeniería según lo definido en sección 2.1 del presente documento.

	Nombre Entregable	Código	N°LL	Resumen Lección
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Empresa	Archivo Template Informe Aplicación de lecciones aprendidas	MINERA ESCONDIDA Operada por BHP Billiton Fecha:

4. Detalle lecciones (Aporte de conocimiento Empresa de ingeniería)

N°	*Disciplina:*	*Lección tomada de:*
Descripción Lección:		
Descripción Impacto:		
Entregables en donde se aplicara		
Código	Nombre Entregable	Comentarios

N°	*Disciplina:*	*Lección tomada de:*
Descripción Lección:		
Descripción Impacto:		
Entregables en donde se aplicara		
Código	Nombre Entregable	Comentarios

ANEXO 6

Actualización Bases Técnicas de licitación

(Proyecto piloto Mejoras en Válvulas de Proceso Planta Concentradora los Colorados)

Actualización

Bases técnicas de licitación de Ingeniería

Mejoras en Válvulas de Proceso Planta Concentradora los Colorados

Se informa de modificaciones hechas en algunas secciones de las bases de licitación enviadas para el proyecto "Cambio de variadores de frecuencia planta CLC". Se agregan puntos relacionados con las tareas que debe efectuar la empresa de ingeniería en relación a la gestión de lecciones aprendidas y al levantamiento realizado en terreno.

2.2. Antecedentes Generales *(se agrega como 6° y 7° punto, lo siguiente:)*

- Realizar recopilación de lecciones aprendidas que tengan aplicación directa en el diseño de entregables, utilizado conocimiento propio de la empresa y base de datos entregada por la HoP, como preparación para el taller de rescate de lecciones aprendidas.
- Informe de levantamiento de terreno (según lo definido en sección 5.1.3 del Manual de Ingeniería MN-HP4-070-P-1 Ver 2).

7. Detalle de entregables ingeniería

(Se agregan 3 entregables a la lista de documentos generales, se destacan dentro de la tabla)

Tabla N°2: Listado de entregables exigidos a empresa de Ingeniería.

Documentos	Ing. Detalle
Generales	x
Informe de Cierre	x
Bases Técnicas de Licitación Construcción	x
Carta Gantt y dotación Estimada	x
Presupuesto de Inversión	x
Presentación del Proyecto	x
★ Informe de levantamiento de terreno	x
★ Taller de Rescata de lecciones aprendidas (incluye presentación)	x
★ Informe de aplicación de lecciones aprendidas	x
Plan de ejecución del proyecto (PEP)	x
Análisis de Constructibilidad e interferencias	x
Taller HAZOP (incluye presentación e informe)	x
Comisionamiento (incluye presentación e informe)	x
Reporte semanal de avance de ingeniería EPPR (Incluye avance Primavera P6)	x
Plan de Calidad para la ejecución	x

22. APLICACIÓN DE LECCIONES APRENDIDAS *(se añade este punto)*

22.1 Antecedentes Generales

La Gerencia de Ingeniería de la Head of Project, está liderando la implementación de un sistema que permita aumentar la confiabilidad en ciclo de vida de los proyectos mediante el desarrollo de un sistema de gestión sistematizado de las lecciones aprendidas de proyectos anteriores. Los objetivos específicos son:

Crear una herramienta de Gestión de la información mediante sistema interactivo de lecciones aprendidas de proyectos dentro del ciclo de vida del proyecto que llegue a ser utilizado como una herramienta dentro de la Vicepresidencia de proyectos

Capturar evidencias e identificar tendencias y relaciones causa-efecto, sugerir recomendaciones prácticas y útiles para la aplicación en el diseño y/o ejecución de proyectos multidisciplinarios (especialidades Mecánica-Piping, civil-Estructural, eléctrica-instrumentación)

Insertar un sub-proceso dentro del diagrama de flujo de las fases de Ingeniería y Ejecución de proyectos que permita garantizar Confiabilidad a partir de las lecciones aprendidas de proyectos anteriores.

Validación de la herramienta de Gestión de la información en un proyecto real para garantizar la confiabilidad en el ciclo de vida de los proyectos.

22.2 Implementación Sistema de Lecciones Aprendidas para el proyecto

Con apoyo de la base de datos de lecciones aprendidas suministrada por MEL y el conocimiento propio de la empresa, se deben identificar y recopilar lecciones de proyectos similares que tengan aplicación directa en el diseño de entregables, Estas lecciones aprendidas deben presentarse y validarse durante el “Taller de rescate de lecciones aprendidas”(RLL) desarrollado por la HoP posterior a la KOM del proyecto.

La empresa de ingeniería tendrá el deber de asistir al “Taller de rescate de lecciones aprendidas” (RLL), donde se identificaran lecciones que agreguen valor al proyecto, se validaran las lecciones presentadas y se asignaran tareas y responsabilidades. Durante el taller se deben presentar las lecciones recopiladas previamente por la empresa de ingeniería mostrando a que o cuales entregables aplicara cada lección. Se añadirán nuevas lecciones de ser necesario.

Una vez validadas en el Taller, las lecciones rescatadas deben ser plasmadas en el Template “Informe de Aplicación de Lecciones Aprendidas” (Ver anexo 2) y entregado al Área de Ingeniería HoP. Este informe permitirá realizar un seguimiento de la aplicación de las lecciones aprendidas durante el estudio y el diseño del proyecto.

- La empresa de ingeniería deberá velar por cumplir los acuerdos tomados durante el RLL y lo indicado en el "informe de aplicación de lecciones aprendidas", utilizando las lecciones aprendidas durante el diseño de planos, documentos y otros entregables del proyecto según corresponda.

- Durante la etapa de revisión de entregables se le dará un especial énfasis en el cumplimento de los compromisos y la aplicación de las lecciones. La empresa de ingeniería debe dejar registro de los errores y faltas detectados en los entregables.

- Una vez finalizado el diseño y entregados los entregables del proyecto la empresa de ingeniería debe generar un reporte de lecciones aprendidas por planos rechazados en el formato de la base de datos entregada por MEL

Modificación Anexo 1 (PCLC-2738-000-00-BBT-0001_0_ESTIMACION ENTREGABLES REVISIÓN INGENIERÍA) (se añaden 3 actividades relacionadas con las lecciones aprendidas y el levantamiento en terreno)

	Tipo de Documento	Cantidad
ACTIVIDADES GENERALES		
Recopilación de Antecedentes	ACT	
Levantamiento de Terreno	ACT	
Informe de Cierre	IT	
Bases Técnicas de Licitación Construcción	IT	
Carta Gantt y dotación Estimada	IT	
Presupuesto de Inversión	IT	
Presentación del Proyecto	IT	
Informe de levantamiento de terreno	IT	
Taller Rescate de lecciones aprendidas (incluye presentacion de lecciones previamente recopiladas)	IT	
Informde de Aplicación de lecciones aprendidas	IT	
Plan de ejecución del proyecto (PEP)	IT	
Análisis de Constructibilidad e interferencias	IT	
Taller HAZOP (incluye presentación e informe)	IT	
Comisionamiento (incluye presentación e informe)	IT	
Reporte semanal de avance de ingeniería	IT	
EPPR (Incluye avance Primavera P6)	IT	
Plan de Calidad para la ejecución	IT	
TOTAL		**0**

ANEXO 7

Base de datos lecciones aprendidas

(Disciplina mecánica y Piping)

Lessons Learned

Quitar filtro

Actualizar Buscador

N° LL	Nombre Proyecto	Fecha	Área	Disciplina	Descripción Lección	Descripción Impacto	Nivel	(+) /(-)	Recomendaciones y Soluciones	Palabra clave	se obtuvo la Información de:
9	Control material particulado CLS	FY18	Ingeniería	Mecánica	El sistema de extracción de polvo provoca como efecto secundario una baja de la Temperatura	Los trabajadores agradecen un ambiente de trabajo mas agradable.	2	+	Replicar según corresponda	Polvo temperatura extracción	Talle de lecciones aprendidas-Cierre proyecto
12	Control material particulado CLS	FY18	Ingeniería	Mecánica	Acceso a Dampers eléctricos para personal de mantención no fue visualizado en etapa de ingeniería.	Por no prever esta situación fue necesario realizar una estructura móvil con el fin de acceder a estos equipos. Durante el proyecto se realizaron andamios para acceder (en etapa constructiva) pero estos fueron desarmados y armados repetidas veces.	4	-	Prever situaciones similares y diseñar acceso según corresponda.	dampers acceso personal andamios	taller de lecciones aprendidas ITO
15	Control material particulado CLS	FY18	Ingeniería	Mecánica	No se considero efectos segundarios causados por el funcionamiento de equipos, durante el diseño.	El ruido alto de los ventiladores axiales molesta a los trabajadores	3	-	Considerar efectos contradictorios de equipos en el diseño de ingeniería.	Ventiladores ruido	Talle de lecciones aprendidas-Cierre proyecto
25	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Uso erróneo de las unidades de medida en indicación de elevaciones.	Se emite Plano P/aprobación "Isométrico línea". Elevación y coordenadas esta en Metros y debe ser milímetros. Además : No es posible rastrear línea completa en planos de disposición general y P&ID.	3	-	La empresa de ingeniería debe asegurar que los planos conversen entre si y respeten la disposición general. Elevación y coordenadas debe ser en milímetros.	Plano Isométrico línea - Cañería coordenadas	Plano pendiente aprobación transmittal- (3145-Dt-P-DOC-DW-308_B) "Isométrico línea".
28	Control material particulado CLS	FY18	Ingeniería	Mecánica	Identificación de interferencia que no fueron capturadas en la etapa de ingeniería	No se puede realizar una ingeniería de detalle ni básica de manera correcta sin tener conocimiento de la situación actual en terreno, ni los cambios que se han realizado con los años.	5	-	Se deben realizar los levantamientos necesarios por las empresas de ingeniería	levantamientos interferencias planos	Talle de lecciones aprendidas-Cierre proyecto
32	Control material particulado CLS	FY18	Ingeniería	Mecánica	Los planos Vendor de filtro catridge llegan de manera tardía en la fase de ejecución	Empresa de ingeniería emite Plano listo para construcción (Rev.0) sin recibir el plano Vendor	5	-	Identificar planos relevantes sin información Vendor y emitir los planos en Rev.P en la etapa Sel/Def	suministros especificación técnica equipos recepción Vendor filtro	Talle de lecciones aprendidas-Cierre proyecto
34	Control material particulado CLS	FY16	Ingeniería	Mecánica	Para juntas y uniones en ductos se debe seguir los estándares de la compañía	Se emite Plano P/aprobación "Spool ductos detalles". No se deben usar las juntas remachadas con remaches POP de aluminio pues no se aceptan. No queda claro el método de unión de ductos, se debe informar tipo de unión y flange.	3	-	Se deben definir bien los remates de los ductos pues no se entiende, mejorar definición de trazado y bordes. Revisar normas de compañía sobre el tipo de remachas que se aceptan.	plano detalle ductos spool uniones juntas estándares	Plano pendiente aprobación transmittal - (2122-ALS-DT-M-DOC-DW-022_B) "Spool ductos detalles".
41	Control material particulado CLS	FY16	Ingeniería	Mecánica	Dibujo y presentación de plano deficientes.	Se emite Plano P/aprobación "Disposición general ductos de extracción de polvo, sección A". El Plano es tan grande que es poco visible y tiene poca legibilidad en el PDF. Además: No existen las indicaciones de las elevación en el plano y faltan diámetros de algunos elementos.	4	-	Mejorar la legibilidad del dibujo en PDF. Se deben indicar el nombre de los elementos que acompañan al ducto.	Plano disposición general elevaciones cotas diámetros legibilidad dibujo ductos ductilería	Plano pendiente aprobación transmittal -(2122-ALS-DT-M-DOC-003_B) "Disposición general ductos de extracción de polvo, sección A".
42	Control material particulado CLS	FY18	Ingeniería	Mecánica	Problemas para la inspección y mantención de equipos.	La tolva de recepción de material no tiene una tapa de inspección en ninguno de sus cuatro costados.	5	-	Es necesario instalar una tapa con el fin de abrir y poder retirar el material con apoyo de camión supersucker en caso de atollo de material	Criterio diseño mantención mantenimiento tolva inspección	Talle de lecciones aprendidas-Cierre proyecto
43	Control material particulado CLS	FY18	Ingeniería	Mecánica	Deficiencias en sistema de filtro de aire extracción	No existe rejilla antes del filtro. Existe la posibilidad que pasen cuerpos extraños (solidos) aguas arriba del extractor de aire	5	-	Se debe instalar en algún punto de la tuberías de succión del filtro catridge, una rejilla con el fin de "detener" aquellos cuerpos solidos que pudiesen venir aguas arriba del extractor de aire-polvo . Junto a esto es necesario instalar una estructura para inspeccionar de vez en cuando esta rejilla y eliminar cuerpos extraños	Criterio Diseño filtro succión extracción aire solidos	Talle de lecciones aprendidas-Cierre proyecto
60	Planta abatimiento efluentes - PCS	FY17	Ingeniería	Piping	Se entregan planos de Piping incompletos sin piezas y equipos necesarios.	Se emite Plano P/aprobación "Disposición, Selección y detalles Piping sobre Parrones". Se solicito : Generar piezas de ajustes; Generar Bypass en Flujometros; Asegurar espaciamiento entre equipos y Piping.	4	-	Se debe tener presente que todos los planos entregados conversen de manera efectiva entre si. Tener presente detalles como cotas y Bypass en flujometros.	Plano Disposición general - Incompleto plano ajustes piezas	Plano pendiente aprobación transmittal MWH - (PCS-DT-DOC-DW-018_B). "Disposición, Selección y detalles Piping sobre Parrones".

Lessons Learned

Quitar filtro

Actualizar Buscador

N° LL	Nombre Proyecto	Fecha	Área	Disciplina	Descripción Lección	Descripción Impacto	Nivel	(+) /(-)	Recomendaciones y Soluciones	Palabra clave	se obtuvo la Información de:
62	Suministros Agua de expansión Norte 9	FY17	Ingeniería	Mecánica	Se debe tener claro las fuerzas que actúan en diseño de estructuras y soportes.	Se emite Plano P/aprobación "Diseño de soporte SP-002". El soporte solo se diseño para soportar 01 cañería cuando debieron ser 02.	4	-	Revisar la carga real sobre el soporte antes de diseñar. Se siguiere considerar la colocación de diagonales inferiores en caso mayor carga de la esperada.	Plano diseño soporte - estructura cañería tubería	Plano pendiente aprobación transmittal - (P1105-DT-M-DOC-DW-116-B). "Diseño de soporte SP-002".
71	Control material particulado CLS	FY16	Ingeniería	Mecánica	La ductileria debe diseñarse de tal manera de no acumular polvo y de acuerdo con el material a transportar.	Se emite Plano P/aprobación "Disposición general de ductos de extracción de polvo". El ducto de absorción de polvo sobre la correa posee dos valles innecesarios (el ducto es en forma de bañera, provoca zona baja y podría acumular polvo). Se debe eliminar esta disposición y ser RECTA, ya que no se indica ninguna restricción para esto. Otras conexiones de ducteria son intrincadas o con curvas innecesarias, se debe corregir de manera recta para no acumular polvo. Además: No se indican elevaciones y algunos diámetros, existe un soporte de ducto que no esta especificado en ningún plano.	5	-	El diseño de la ducteria debe ser de tal manera de reducir la acumulación de polvo. Se deben evitar las zonas bajas. Indicar elevaciones y diámetros de todos los elementos.	Plano Disposición general - Ducto acumula polvo. Disposición	Plano pendiente aprobación transmittal - (2122-ALS-DT-M-DOC-DW-005_B) "Disposición general de ductos de extracción de polvo, secciones E,F,G y H"
73	Control material particulado CLS	FY16	Ingeniería	Mecánica	Mala disposición en ramales de ductos . Ausencia de referencias de instalación.	Se emite Plano pendiente aprobación (2122-ALS-DT-M-DOC-002_B) "Disposición general ductos de extracción de polvo, planta 1° nivel". Se solicita cambiar la disposición de ductos debido a que se pude dar acumulación de polvo. Las desviaciones y los ramales no deben ser de 90°, en el peor de los casos considerar curvas extendidas. Se deben generar ejes para ubicar los ductos y entregar referencias de instalación.	5	-	Mantener velocidades e instalar curvas, balancear el sistema, evitar puntos bajos y de conflicto. Se recomienda revisar el trazado de ducto central para mejorar el sistema. Se sugiere una desviación de ramal de 45°	Plano Disposición General - ramales ductos ductileria curvas	Plano pendiente aprobación transmittal -
74	Control material particulado CLS	FY16	Ingeniería	Mecánica	La ductileria debe diseñarse de tal manera de no acumular polvo y de acuerdo con el material a transportar.	Se emite Plano P/aprobación "Disposición general ductos de extracción de polvo". No se entiende porque se utiliza la sección rectangular en el primer tramo de la ducteria, se debe justificar su uso y tener cuidado de la formación de dunas; Cuidar también el porcentaje de polvo a capturar. Se deben generar ramales diagonales no con formas intrincadas ni en 90°.	5	-	Justificar geometría de ductos. Se recomienda ramales con 45°. Se deben evitar las zonas bajas en ducteria, para evitar la acumulación de polvo Se deben indicar el nombre de los elementos que acompañan al ducto.	Plano disposición general - ductos ductileria ramales polvo geometría extracción}	Plano pendiente aprobación transmittal - (2122-ALS-DT-M-DOC-002_B) "Disposición general ductos de extracción de polvo, planta 1° nivel".
75	Control material particulado CLS	FY16	Ingeniería	Mecánica	Los equipos deben ser definidos y caracterizados con todos los datos según corresponda.	Se emite Plano P/aprobación "Captador de polvo - Filtro de manga". El plano debe tener los siguientes datos: Caudal; Área de filtración; Velocidad de filtración; Tipo de membrana; Cantidad de membranas; Presión de Aire requerido; Datos operativos; Esquema de revestimiento y otros según corresponda.	4	-	Se recomienda incluir Hoja de datos o hacer referencia en el plano a una hoja de datos con las especificaciones correspondientes.	Plano de Detalles - Especificación técnica Equipos - filtro captador polvo datos	Plano pendiente aprobación transmittal - (21222-ALS-DT-M-DOC-014_B) "Captador de polvo - Filtro de manga".
79	Control material particulado CLS	FY16	Ingeniería	Mecánica	Se debe justificar el diseño de los espesores de ductos.	Se emite Plano P/aprobación "Spool ductos detalles". Se debe corregir espesor de chapa, que es de 2 mm y debe ser mínimo de 4 mm. Se debe revisar la deformación (Flecha) del ducto debido a acumulación de polvo en el interior y la distancia que este tiene a los soportes.	4	-	Se deben definir bien los remates de los ductos pues no se entiende, mejorar definición de trazado y bordes. Explicar y mejorar el criterio utilizado para el diseño del espesor de los ductos	Plano de detalles - espesores ductos flanges	Plano pendiente aprobación transmittal - (2122-ALS-DT-M-DOC-DW-022_B) "Spool ductos detalles".
80	Control material particulado CLS	FY16	Ingeniería	Mecánica	No se indican espesores ni tipos de unión en ducto y flanges.	Se emite Plano pendiente aprobación "Spool ductos detalles". Se debe entregar información de espesores en los ductos y el método de unión. No queda claro el método de unión de ductos, se debe informar tipo de unión y flange.	4	-	Revisar que los planos contengan la información solicitada antes de enviarlos a revisión. Se debe explicar mejor el criterio utilizado para el diseño del espesor de ductos.	Plano de detalles - espesores ductos flanges	Plano pendiente aprobación transmittal - (2122-ALS-DT-M-DOC-DW-023_B; M-024_B) "Spool ductos detalles".
101	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Diseño de disposición de Válvulas debe tener presente el manejo de la operación manual de estas.	La posición de las válvulas existentes impiden que puedan ser operadas, ya que se encuentran en altura.	3	-	Se pueden hacer plataformas de acceso. Válvulas encadena que puedan ser utilizadas desde el primer piso plano.	Plano de detalle - Operación válvula	Minuta levantamiento aprendizajes

Lessons Learned

Quitar filtro

Actualizar Buscador

N° LL	Nombre Proyecto	Fecha	Área	Disciplina	Descripción Lección	Descripción Impacto	Nivel	(+) /(-)	Recomendaciones y Soluciones	Palabra clave	se obtuvo la Información de:
104	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Se realizan mejoras incorporando válvulas de corte tipo poste para un acceso mas rápido y expedito.	Se tenia cámaras de válvulas de corte bajo tierra en cámaras sub-estándar y de difícil acceso, como solución se cambian por válvulas tipo poste con su correspondiente protección contra impactos que permite acceso mas rápido y expedito. Estimación de Costo capital US$ 200.000.	3	+	Evaluar y aplicar según corresponda.	Especificaciones técnicas de válvulas- Mejoras operaciones	Registro Valor Agregado
105	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Los planos de especialidades deben conversar con los de disposición general.	Se emite Plano P/aprobación "Isométrico línea". Se debe asegurar dimensionamiento respecto a planos de disposición general, planta y secciones. No es posible rastrear línea completa general.	3	+	La empresa de ingeniería debe asegurar que los planos conversen entre si y respeten la disposición general.	Plano Isométrico - Simbología	Plano pendiente aprobación transmittal - (3145-Dt-P-DOC-DW-286_5_B) "Isométrico línea"
106	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Se debe definir de manera correcta el criterio usado para la selección de materiales a utilizar en cañería.	Se emite Plano P/aprobación "Isométrico línea". No existe requerimiento en particular para que la cañería (elegida por empresa ASTM A106 Gr B) no sea ASTM A53 Gr B SCH 80 sin costura para diámetros menores o iguales a 2". Se solicita incluir un "o" en piping clases.	3	+	Justificar selección de material de cañería. Dejar abierta la alternativa a utilizar otra cañería. Desarrollar memorias de calculo de ser necesario.	Plano Isométrico - Cañería coordenadas	Plano pendiente aprobación transmittal - (3145-Dt-P-DOC-DW-308_B) "Isométrico línea"
107	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Falta de información en el plano, se deben indicar canalizaciones y soportes de tuberías.	Se emite Plano P/aprobación "Plano de Vista y secciones". Se genera duda por donde canaliza la tubería, Bajo piso? Por viga?, Columna? . No se especifica el soporte de la cañería. Además: No se indican notas con requerimientos de aislación, tracking y pintura.	4	-	Se deben indicar canalización y soportes de tuberías. Se deben indicar notas de requerimientos importantes.	Plano de Vista y secciones- vista canalización tubería	Plano pendiente aprobación transmittal - (3145-Dt-P-DOC-DW-021_B) "Plano de Vista y secciones".
108	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Se deben terminar los planos antes de ser enviados a revisión.	Se emite Plano P/aprobación "Plano de Vista y secciones". Se entregan planos incompletos. Falta de diseño de todas las vistas del plano. No se entregan detalles del piso segundo nivel.	3	-	Plano debe ser terminado antes de someterlo a revisión. Entregar detalles de piso o referenciar plano civil donde se realiza.	Plano de Vista y secciones- vista incompleto	Plano pendiente aprobación transmittal - (3145-Dt-P-DOC-DW-021_B) "Plano de Vista y secciones"
109	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	La empresa de ingeniería debe diseñar de tal manera que construcción no genere trabajo adicional.	Se emite Plano P/aprobación "Plano de Vista y secciones". El plano se esta imponiendo una futura RFI al dejar "a confirmar en terreno según interferencias" la elevación para el trazado bajo plataforma. Se debe generar Levantamiento a nivel de sortear lo indicado.	5	-	Realizar un Levantamiento en la etapa de Ingeniería de detalle por parte de la empresa de ingeniería. Ir a terreno de ser necesario. No se debe exponer a futura RFI.	Plano de Vista y secciones - RFI Trazado bajo plataforma	Plano pendiente aprobación transmittal - (3145-Dt-P-DOC-DW-021_C) "Plano de Vista y secciones".
110	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Existen Problemas con la disposición de los Gabinetes en la correa.	Se emite Plano P/aprobación "Plano de Vista y secciones Correa SAG 1". Se debe indicar donde se especifica el tipo de gabinete. Hay Gabinetes faltantes en sector de la correa. No hay vista que muestre la distribución en el plano vertical de los gabinetes.	3	-	Se debe generar vista plano vertical de gabinetes. Especificar tipo de gabinete	Plano de Vista y secciones - problemas gabinetes	Plano pendiente aprobación transmittal - (3145-Dt-P-DOC-DW-023_B) "Plano de Vista y secciones Correa SaG 1".
111	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Falta de Sprinkier para la correa de nivel inferior.	Se emite Plano P/aprobación "Plano de Vista y secciones, Rociadores correa SAG 3". Se debió considerar Sprinkier como protección para la correa que pasa por debajo, principalmente en la cola. Este error no se corrige en Rev.C lo cual provoca que el plano se vuelva a rechazar.	4	-	La recomendación March indica la instalación de rociadores automáticos convencionales del tipo seco (presurizado con aire) debido al riesgo de congelamiento, para cubrir correa transportadora desde la polea de cola hasta la polea de cabeza. Se debe tomar en consideración los comentarios hechos en Rev.B o en caso contrario dar las razones pertinentes que lo refuten.	Plano de Vista y secciones Rociadores - sprinkier correa	Plano pendiente aprobación transmittal - (3145-Dt-P-DOC-DW-026_B; 026_C) "Plano de Vista y secciones, Rociadores correa SAG 3"
112	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	No se indica detalle de soporte de tubería en pared. No se indica detalle montaje de Válvula cañería seca.	Se emite Plano P/aprobación "Plano de Vista y secciones, Rociadores correa SAG 3". Se solicita indicar como va la tubería en la pared, mostrar detalle soportes o indicar plan relacionado. Además: En notas se indica detalle de montaje válvula cañería seca pero este no esta en el plano ni tiene referencia.	3	-	Se debe indicar detalle de soporte de cañerías. Se deben mostrar detalles de montaje	Plano de Vista y secciones Rociadores - soporte tubería - Válvulas	Plano pendiente aprobación transmittal - (3145-Dt-P-DOC-DW-026_B; 026_C) "Plano de Vista y secciones, Rociadores correa SAG 3"

Lessons Learned

Quitar filtro

Actualizar Buscador

N° LL	Nombre Proyecto	Fecha	Área	Disciplina	Descripción Lección	Descripción Impacto	Nivel	(+) /(-)	Recomendaciones y Soluciones	Palabra clave	se obtuvo la Información de:
115	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	En planos de vistas y secciones se deben mostrar los detalles de Canalización y soporte en tuberías	Se emite Plano P/aprobación "Plano de Vista y secciones, Edificio almacenamiento reactivos". No queda claro por donde se canalízala tubería. No queda claro como se soporta. No queda claro si la canalización es bajo piso, por viga o por columna. Este error se extiende a plano Rev. 0.	2	-	Se debe generar detalle de canalización y soporte de tubería	Planos falta de canalización tubería	Plano pendiente aprobación transmittal - (3145-DT-P-DOC-DW-033_B) "Plano de Vista y secciones, Edificio almacenamiento reactivos".
117	Control material particulado CLS	FY17	Ingeniería	Mecánica	La empresa de ingeniería debe considerar la detención y mantención de los equipos en la etapa de diseño.	No existe forma alguna de poder retirar el tornillo mecánico para mantención sin vaciar la tolva. En caso de que el tornillo falle esto generara problemas en los tiempos de detención establecidos.	5	-	Se debe prever detenciones y mantenciones en los diseños.	plano disposición general - maquinaria equipos tornillo mecánico mantención detenciones	taller de lecciones aprendidas ITO
136	Bombas de Piso Molienda / Flotación CLC	FY18	Ingeniería	Piping	No se sortearon las interferencias en la etapa de diseño.	Los trazados de piping fueron erróneos al no sortear las reales interferencias. La materialidad de las cañerías (Acero, revestimiento interior en goma con flanges), dificulta modificación. Especificación errónea de la clase de los flanges; Estas modificaciones de trazados generan trabajos adicionales, aumentando Plazo y costo en la Ejecución del cliente.	5	-	Realizar levantamiento efectivo en fase Sel/Def. La empresa de ingenieria suguiere que en etapa de Ejecución se realice: Apoyo Terreno turno 4x3 y 7x7. Realizar Aclaraciones de Ingeniería; Inspecciones de Materiales; Participación caminatas Punch List; Validación replanteo en Gabinete	Plano de disposición general (layout)- interferencias levantamientos mecánica	Taller de lecciones aprendidas emitido por PROMEC
141	Bombas de Piso Molienda / Flotación CLC	FY17	Ingeniería	Mecánica	Se deben especificar los equipos y suministros (flanges) de manera correcta	Se genera RFI, La presión requerida para los flanges era de 150 lb, pero se diseño para 300 lb, se solicito cambio en Rev.B, pero el plano llego apto para la construcción sin estas modificaciones. No se pudieron realizar montajes de manera correcta dado que estos poseen distintas cantidad de perforaciones. Las empaquetaduras poseen el mismo problema. Finalmente se tubo que cortar engomado de líneas, cortar flages de 300 lb, soldar flages de 150 lb , y reponer engomado. Gran impacto en tiempo y costos.	5	-	Realizar estudios mas detallados y informar criterios de selección de materiales. Corregir y aplicar modificaciones y solicitudes hechas en Rev.B.	Especificaciones técnicas equipos - flange estudio selección especificación RFI	RFI EBCO
142	Bombas de Piso Molienda / Flotación CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Interferencias en trazado realizado para líneas de Piping.	Se generan RFIs, Se generan PDN. En trazado realizado para líneas de Piping, se encuentra interrumpido por interferencias que se producen con estructura existente en mas de un punto, Interferencias con piping existente, etc. Esto dado por las cotas indicadas en planos de ingeniería. Impacto en costo y tiempo. Empresa de ingeniera genera perdidas, manda personal a terreno 4x3.	5	-	Se deben realizar los levantamientos necesarios por las empresas de ingeniería, pues a futuro presentara una perdida mayor. No deben confiarse de planos antiguos, corroborar en terreno.	Plano disposición general (layout) cañerías tuberías interferencias levantamientos RFI-PDN	RFI EBCO
144	Bombas de Piso Molienda / Flotación CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Existen Válvulas innecesarias en el diseño de la red de piping	Se genera RFI, la red de piping constaba con valvulas cuya funcion podia ser cubierta por otras valvulas agua abajo. Se indica eliminar la válvula sobrante.	3	-	Se debe identificar válvulas innecesarias en la etapa de diseño de la red de piping, evitar solucionar en ejecución.	Listado de Válvulas - RFI bombas equipos red diseño	RFI salfacorp. OVERHAULL-bombas de piso
157	Mejor diseño de descarga y transporte OVERFLOW espesadores de relave - PCLC	FY17	Ingeniería	Piping	Falta de especificaciones en el diseño de Tuberías	Se genera plano P/aprobación "Disposición trazado de Cañería". No se indica si la tubería requiere o no revestimiento interno. No se incluye cámara de inspección y medición de flujo. No se indican ángulos en curvas y codos de la tubería.	3	-	Empresa de ingeniería no debe dejar pasar estos puntos en planos similares. Asignar encargado.	Plano Disposición General Trazado Cañería	Plano pendiente aprobación - Transmittal - (2240-ALC-DT-P-DOC-DW-103 rev.B) "Disposición trazado de Cañería".
170	Habilitación Taller cambio de Neumáticos	FY18	Ingeniería	Piping	Diseño de soportes para montaje gabinete contra incendios mal definidos.	Se genera plano P/aprobación "Gabinetes contra incendios, Planta". Se deben mejorar la definición de los soportes para montaje de gabinetes. El plano no incluye especificación de los Gabinetes y Hoja de datos. Además no se indican Planos de montaje y detalle de Gabinetes.	4	-	Empresa de ingeniería no debe dejar pasar estos puntos en planos similares. Asignar encargado.	Plano disposición general de piping (Layout) - Gabinete contra incendios	Plano pendiente aprobación transmittal KEYPRO - (P450-AMN-DT-P-DOC-DW-019 Rev.B). "Gabinetes contra incendios, Planta".

Lessons Learned

Quitar filtro

Actualizar Buscador

N° LL	Nombre Proyecto	Fecha	Área	Disciplina	Descripción Lección	Descripción Impacto	Nivel	(+) /(-)	Recomendaciones y Soluciones	Palabra clave	se obtuvo la Información de:
172	Sistema de Extracción de Gases Talleres mina	FY18	Ingeniería	Mecánica	Plano no genera mas información de la ya existente en la ingeniera básica.	Se genera plano P/aprobación "Montaje de inyectores de aire 797 / 797P".Plano no aporta mas detalles de lo mostrado en planos de Ing. Básica. Se repiten vistas que no generan valor (Iguales en ambos talleres expuestos en plano). Además no se especifican detalles de uniones y montaje en vigas y soportes	3	-	Las vistas mostradas en los planos deben agregar información al proyecto.	Planos de Montaje inyectores de aire - valor aporte	Plano pendiente aprobación transmittal KEYPRO - (P440-AMN-DT-M-DOC DW-025 Rev.B). "Montaje de inyectores de aire 797 / 797P"
173	Sistema de Extracción de Gases Talleres mina	FY18	Ingeniería	Mecánica	No se indican especificaciones de Revestimiento, Pintura y Aislación en diseño.	Se genera plano P/aprobación "Montaje de inyectores de aire 797". No se muestran ni indican Sellos ni fijaciones , ni tipo de revestimiento.	4	-	Se debe incluir Cuadro de cubicaciones de materiales para Sellos y fijaciones.	Planos de Montaje inyectores de aire - Pintura aislación	Plano pendiente aprobación transmittal KEYPRO - (P440-AMN-DT-M-DOC DW-026 Rev.B). "Montaje de inyectores de aire 797".
174	Red contra incendios CLC	FY17	Ingeniería	Piping	Falta indicar simbología de elementos, distribución de soporte y dirección de flujo.	Se emite Plano P/aprobación "Isométrico línea". En ninguna parte se indica simbología de codos soldados, etc. No se indica distribución de soportes. No se Indica dirección del flujo	3	-	Agregar simbología y distribución de soportes en planos Isométricos	Plano Isométrico - Simbología	Plano pendiente aprobación transmittal - (3145-Dt-P-DOC-DW-286_5_B) "Isométrico línea"
175	Sistema de Extracción de Gases Talleres mina	FY18	Ingeniería	Mecánica	Empresa de ingeniería debe tener presente consideraciones de diseño dadas por Mantenimiento	Se emite Plano P/Aprobación "Diagrama de Cañerías e instrumentación". Empresa de ingeniería emitió plano en rev.B sin tomar en consideración optimizaciones hechas por Mantenimiento un mes atrás. Esta consistía en reducir la cantidad de extractores a la mitad aumentando su capacidad al doble.	4	-	Se deben aplicar consideraciones y cambios solicitados por el cliente. El diseño siempre debe tener en consideración la facilidad de operación y mantención.	Plano Diagrama de Cañerías - mantención mantenimiento	Plano pendiente aprobación transmittal KEYPRO - (P440-AMN-DT-M-DOC DW-032 Rev.B). "Diagrama de Cañería e instrumentación"
181	Planta abatimiento efluentes - PCS	FY18	Ingeniería	Mecánica	Cambio de tipo de Bomba debido a que no se especifico para trabajar según las condiciones reales.	Se emite RFI, Se especificaron Bombas tipo Centrifugas, pero como esta debe realizar manejo de Lodos no es recomendable de este tipo, debido al alto nivel de desgaste, abrasión y eficiencia. Se propone cambio a Bomba de Cavidad progresiva de tornillo.	4	-	Se debe realizar un estudio de las condiciones y materiales de operación de las bombas. Revisar y corroborar con Vendor si equipo es recomendado para trabajo. Usar bomba de tornillo si se manejan lodos.	Especificación técnica Equipos - Bombas	RFI N°2
182	Planta abatimiento efluentes - PCS	FY18	Ingeniería	Mecánica	Uso de acople especial en bombas debido a químicos corrosivos.	Se emite RFI, Se especificaron Bombas tipo Centrifugas, horizontales pero no es especifico acople ni materialidad, debido a que estas trabajaran con químicos corrosivos (como Acido sulfúrico, Soda, Cloruro férrico, etc.) se deben utilizar Acoples Magnéticos en Bombas centrifugas.	3	-	Especificar Bombas con sus acoples correspondientes en la etapa de ingeniería, considerando tipo de fluido a impulsar.	Especificación técnica Equipos - Acoples	RFI N°4
184	Sistema de Transferencia de Cobre entre naves EW	FY18	Ingeniería	Mecánica	Mala especificación del conjunto Actuadores/Válvula para aplicación On/Off	Se detecta error funcional en la etapa de Comisionamiento, se debe corregir en terreno y causa impacto en programacion.	3	-	Implementar check list de equipos críticos en el proyecto a ser revisados durante la etapa de estudios. El cliente debe aprobar la Ingeniería de detalle desarrollada. Involucrar al cliente en etapas tempranas de desarrollo (Def)	Listado de equipos mecánicos - válvulas	Taller de lecciones aprendidas Cierre proyecto
216	Bombas de Piso Molienda / Flotación CLC	FY18	Ingeniería	Mecánica	La selección de la Válvula de agua dilución no fue adecuada	Se trabo la válvula debido no estar diseñada para trabajar con agua de proceso (con porcentaje de solidos)	3	-	Se deben realizar estudios de selección de equipos. Entregar criterios de selección de equipos.	Válvula - selección de equipos	Taller de lecciones aprendidas - Cierre proyecto