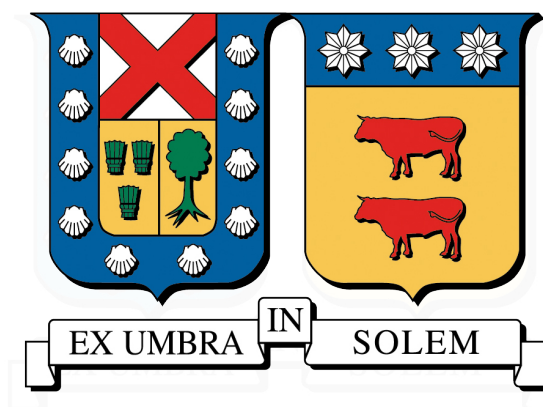


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
SANTIAGO- CHILE



**MEJORES PRÁCTICAS LEAN
EN UN PROYECTO DE MINERÍA SUBTERRÁNEA
CASO APLICADO PROYECTO NUEVO NIVEL MINA**

MARÍA IGNACIA PARDO RETAMAL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA : SR. CRISTIÁN CARVALLO G.
PROFESOR CORREFERENTE : SR. EDWARD JOHNS N.
PROFESOR CORREFERENTE : SRTA. EUGENIA CARRILLO N.

SEPTIEMBRE 2016

Agradecimientos

En esta última etapa me gustaría agradecer a todas las personas que fueron parte de ella, y que de alguna u otra forma dejaron una huella en el transcurso de este camino.

Primero agradecer a mi familia por todo el amor y enseñanzas que me han entregado y me han convertido en la persona que soy. A mis abuelos por su amor y entrega incondicional, a mis padres y hermano por su apoyo y confianza, y a mis tíos y primos por la constante preocupación y cariño.

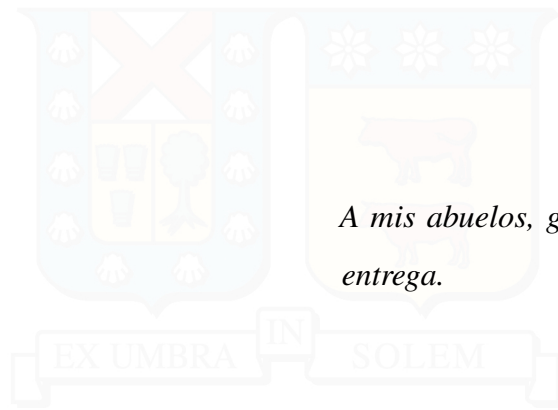
Como dejar de mencionar a mis amigos, que gracias a ellos todas las etapas de mi vida se han llenado de historias, risas, llantos y aprendizajes inolvidables. A mis amigas y amigos del colegio, porque hemos aprendido a continuar nuestra amistad a pesar de la distancia y el tiempo. A mis amigos de la universidad por las risas y apoyo en todas las etapas que hemos pasado desde que llegamos a Plan Común, los eternos días de estudio y de carrete, los paseos y todas las palabras de aliento, sin ustedes la estadía en la universidad no hubiera sido igual. A Javiera y su familia, por el acompañamiento desde el primer hasta el último día de universidad.

Gracias también a todos los que en este proceso me ayudaron y me ofrecieron una palabra de aliento cuando fue necesario.

Finalmente gracias a Eugenia por la oportunidad de trabajar y formar parte del proyecto, a Tamara, Victor y todos los que se dieron el tiempo de enseñarme y ayudarme en todo lo que necesité durante este proceso.

Cierro esta etapa con la mejor experiencia que pude imaginar.

¡Muchas gracias a todos!



A mis abuelos, gracias por su apoyo y entrega.

RESUMEN EJECUTIVO

La constante baja de la productividad en la industria minera versus el alza de los costos y el bajo precio del cobre actualmente, han llevado a Codelco, la cuprífera más grande de Chile, a buscar la excelencia operacional a través de la filosofía Lean. A su vez, la Vicepresidencia de Proyectos, quien se encuentra desarrollando la cartera de proyectos más ambiciosa en la historia de la Corporación, ha implementado un Servicio Piloto en torno a la productividad de las obras interior mina de dos proyectos estructurales en ejecución; Chuquicamata Subterránea y Nuevo Nivel Mina, logrando mejoras en los tiempos de las actividades relativas a la construcción. Es a partir de esta experiencia y del escenario actual del Proyecto Nuevo Nivel Mina, que se busca seguir promoviendo internamente las iniciativas de gestión a la productividad, de modo de favorecer su sostenibilidad en la organización.

Para incorporar las gestiones a la productividad como una práctica constante dentro del proyecto, se plantea un modelo de gestión que toma en cuenta los lineamientos y objetivos de la empresa, para incorporarlos a los procesos a través de tres ejes principales; (i) Procesos Operativos, (ii) Desarrollo de Personas y (iii) Sistema de Gestión. La implementación de estos ejes busca replicar una lógica de mejora continua basada en la filosofía Lean y sus herramientas, a través de la aplicación de tres ámbitos de acción bajo cada eje.

La implementación del modelo busca gestionar mejoras en todas las áreas del proyecto por medio de la identificación de pérdidas en los procesos, el fortalecimiento a la coordinación y planificación de los equipos, y el incentivo al compromiso de los involucrados, entre otros.

Finalmente se describen los avances que ha experimentado el proyecto en algunos de los ámbitos de forma particular, para luego diseñar y proponer un plan de trabajo según las oportunidades de mejora e hitos del proyecto durante un plazo de dos años.

Palabras Clave: Lean, Mejora Continua, Proyecto Minero, Modelo de Gestión.

ABSTRACT

The steady decline in productivity in the mining industry versus the rising costs and low copper prices currently, have led Codelco, the largest copper producer in Chile, to seek operational excellence through Lean philosophy. In turn, the Vice President Projects, who is developing the portfolio of more ambitious projects in the history of the Corporation, has implemented a pilot service around the productivity of the mine two structural projects underway inside works; Chuquicamata Subterránea and Nuevo Nivel Mina, achieving improvements in times of activities relating to construction. It is from this experience and the current scenario of the Nuevo Nivel Mina Project, which seeks to follow internal management initiatives promoting productivity, so as to promote sustainability in the organization.

Efforts to incorporate productivity as a constant practice in the project, a management model that takes into account the guidelines and objectives of the company, to incorporate processes through three main axes arises; (I) Operating processes, (ii) Development of People and (iii) Management System. The implementation of these axes seeks to replicate the logic of continuous improvement based on Lean philosophy and its tools, through the implementation of three action areas under each axis.

Implementation of the model seeks to manage improvements in all areas of the project through the identification of losses in the process, strengthening coordination and planning teams, and the incentive to the commitment of those involved, among others.

Finally the progress of the project has experienced some of the areas of particular form, then design and propose a work plan as opportunities for improvement and project milestones for a period of two years are described.

Keywords: Lean, Continuous Improvement, Mining Project, Management Model.

Índice de Contenidos

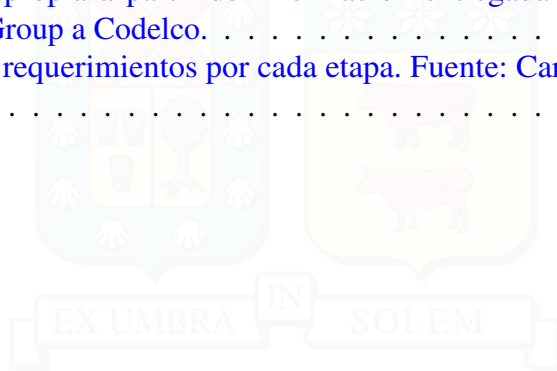
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Justificación del Tema	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Metodología	4
1.3.1. Recopilación de información	4
1.3.2. Descripción de la Productividad en el Proyecto	4
1.3.3. Creación de la Propuesta	5
1.4. Alcance	5
2. ESTADO DEL ARTE	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Industria Minera	6
2.1.2. Productividad en la Minería	8
2.1.3. Contexto Actual	10
2.1.4. Proyecto Nuevo Nivel Mina	12
2.1.5. Construcción de Túneles Mineros	13
2.2. Marco Teórico	14
2.2.1. Producción Toyota	15
2.2.2. Filosofía Lean	16
2.2.3. Lean Construction	20
2.2.4. Lean en la Minería	21
2.2.5. Herramientas Lean	23
2.2.6. Casos de Implementación Lean en Minería	24
2.2.7. Factores de Éxito en Implementaciones Lean	27
2.3. Propuesta Metodológica	29
3. DESARROLLO	31
3.1. Descripción de la Gestión de la Productividad en el Proyecto	31
3.1.1. Servicio Piloto de Mejoras a la Productividad	31
3.1.2. Encuesta a los Participantes del Servicio	35
3.1.3. Reconocimiento de las Oportunidades de Mejora del Proyecto	41
3.2. Propuesta: Modelo de Gestión de Productividad	43
3.2.1. Definición del Modelo para la Gestión de la Productividad	44

3.2.2. Formulación de la Implementación del Modelo	47
3.3. Estado Actual de la Implementación del Modelo	63
3.3.1. Generación de Iniciativas	64
3.3.2. Reuniones Efectivas	68
3.3.3. Estandarización y Reportabilidad	72
3.4. Diseño de un Plan de Trabajo Futuro	76
4. CONCLUSIONES	84
Bibliografía	87
A. Otros Conceptos y herramientas Lean	90
B. Detalle Servicio Piloto	92
B.1. Diagnóstico	92
B.2. Capacitaciones	96
B.3. Oportunidades de Mejora y Objetivos	96
B.4. Iniciativas Implementadas y Resultados Obtenidos	98
C. Encuesta	101
C.1. Cuestionario Utilizado	101
C.2. Detalle Resultados	104
D. Organigrama Proyecto NNM	107
E. Material de Apoyo	109
E.1. Ámbito: Reuniones efectivas	109
E.2. Generación de Iniciativas en Túneles y Adits	111
E.3. Reunión de Coordinación Túneles y Adits	114
E.4. Registro de Estándares OIM	116
E.5. Anexo Productividad	119

Índice de Tablas

2.1. Proyectos Estructurales de Codelco. Fuente: Consejo Minero (2016a) . . .	11
2.2. Comparación de la industria minera y automotriz. Fuente: Wijaya et al. (2008)	22
3.1. Cuadro Resumen de las iniciativas, las actividades realizadas y los resultados comparados al diagnóstico y la meta propuesta. Fuente: Elaboración a partir de la información extraída de DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2016).	33
3.2. Variables que fueron medidas con el cuestionario, según cada categoría. Fuente: Elaboración Propia.	36
3.3. Resumen de los factores considerados o no, por los artículos descritos en la sección 2.2.7. Fuente: Elaboración propia.	44
3.4. Factores de éxito que se busca abordar con cada uno de los ámbitos definidos. Fuente: Elaboración propia.	48
3.5. Resumen de las HH requeridas para la implementación de cada ámbito, y el costo asociado a ellas. Fuente: Elaboración propia según estimaciones acorde a la experiencia en el proyecto.	63
3.6. Cuadro resumen de los indicadores definidos para cada tema y quiebre a ser revisados en la reunión. Fuente: Elaboración propia.	70
3.7. Descripción de cada estándares operacionales. Fuente: Información entregada al proyecto por GEPRO.	74
3.8. Calificación de los ámbitos según los criterios a partir de un análisis propio según la experiencia en el proyecto y la organización. Fuente: Elaboración propia.	77
B.1. Datos por actividad en la frente. Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015)	94
B.2. Horas Hombre (HH) registradas según categoría de espera. Fuente: Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015)	95
B.3. Objetivos en tiempo para cada actividad al inicio del turno. (*) Depende de Condiciones de seguridad. Fuente: Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015)	97
B.4. Cuadro Resumen de las iniciativas, sus objetivos y participantes. Fuente: Elaboración Propia.	99

B.5. Cuadro Resumen de las iniciativas, las actividades realizadas y los resultados comparados al diagnóstico y la meta propuesta. Fuente: Elaboración a partir de DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2016).	99
E.1. Requerimientos para reuniones bajo la filosofía Obeya Room. Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por The Boston Consulting Group a Codelco.	109
E.2. Resumen de requerimientos por cada etapa. Fuente: Carrillo y Gutiérrez (2015).	120



Índice de Figuras

1.1. Índices de productividad laboral y remuneraciones entre 2005 y 2015. Fuente: Consejo Minero (2016b)	1
1.2. Esquema de la metodología utilizada. Fuente: Elaboración propia.	4
2.1. Producción de Cobre de Mina de Chile y el Mundo. Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de a partir de estadísticas de la producción minera publicada por Cochilco.	7
2.2. Esquematización de El Teniente y los niveles de explotación. Fuente: Codelco	12
2.3. Ciclo de Actividades Operacionales Unitarias. Fuente: Elaboración Propia con información de la empresa.	14
2.4. Casa del Sistema de Producción de Toyota Fuente: modificación Lean Manufacturing Hernández y Vizán (2013)	15
2.5. Distribución de las actividades de inicio de turno. Fuente: Elaboración propia	24
3.1. Esquema de la Metodología de Trabajo del Servicio Contratado. Fuente: Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015)	32
3.2. Tiempo promedio disponible en la frente después de la implementación de las iniciativas. Fuente: DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2016)	34
3.3. Resultados obtenidos de la encuesta. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las encuestas.	37
3.4. Resultados obtenidos de la encuesta para cada una de las variables por etapas del Servicio. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las encuestas.	37
3.5. Resultados obtenidos sobre el desempeño y participación de los involucrados. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las encuestas.	38
3.6. Resultados obtenidos de la encuesta para las variables concluyentes. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las encuestas.	39
3.7. Desempeño de la Vicepresidencia de Proyectos en megaproyectos en comparación a la industria. Fuente: Análisis realizado por la Gerencia de Construcción VP Codelco en enero del 2015.	41
3.8. Mapa de los procesos para la etapa de ejecución. Se indican con rojo (críticos) y amarillo (no tan críticos) los procesos que actualmente están vigentes en el PNNM. Fuente: Mapa de procesos nivel 2 desarrollado por el área de Calidad de la VP, con un análisis propio.	42

3.9. Propuesta modelo de gestión para la productividad del proyecto. Fuente: Elaboración propia.	45
3.10. Ámbitos de acción por cada eje. Fuente: Elaboración propia.	47
3.11. Diagrama de flujo del proceso de implementación de iniciativas. Fuente: Elaboración propia.	51
3.12. Etapas de implementación reuniones Obeya. Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada a Codelco por The Boston Consulting Group.	53
3.13. Propuesta de la rutina a seguir en las reuniones mensuales del Comité de Productividad. Fuente: Elaboración propia.	58
3.14. Ejemplo del contenido que debe tener cada estándar operacional. Fuente: Elaboración propia.	61
3.15. Ejemplo de los temas a preparar para un taller de lecciones aprendidas. Fuente: Elaboración propia.	62
3.16. Iniciativas llevadas a cabo según el ámbito correspondiente. Fuente: Elaboración propia.	64
3.17. Reporte general denominado A3 Madre, donde se realizaba el seguimiento global de las actividades, los datos mostrados corresponden a la semana del 06 al 12 de junio. Fuente: Elaboración propia.	66
3.18. Reporte A3 madre, correspondiente a la semana del 18 al 24 de julio del 2016. En este caso fue adaptado según los requerimientos de la iniciativa. Fuente: Elaboración propia.	67
3.19. Distribución de los paneles y la información dentro de la sala. Fuente: Elaboración propia.	71
3.20. Panorámica de una de las reuniones de coordinación bajo la metodología Obeya, donde se pueden observar los paneles pegados en las paredes de la sala. Fuente: fotografía tomada el 17 de agosto del 2016.	71
3.21. Mapa de los ámbitos según impacto esperado en las personas y la facilidad de implementación. Fuente: Elaboración propia.	78
3.22. Ruta a seguir para el eje de Procesos Operativos. Fuente: Elaboración propia.	80
3.23. Ruta a seguir para el eje Desarrollo de Personas. Fuente: Elaboración propia.	81
3.24. Ruta a seguir para el eje de Sistema de Gestión. Fuente: Elaboración propia.	82
3.25. Gráfico radial con el avance en el nivel de implementación de cada uno de los ámbitos. Fuente: Elaboración propia.	83
B.1. Porcentaje del tiempo promedio disponible en la frente de un turno de 12 horas. Fuente: Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015)	92
B.2. Distribución de las actividades, en un turno con colación intermedia y un turno con colación al final. Fuente: Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015)	93
B.3. Porcentaje por tipo de trabajo muestreado. Fuente: Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015)	93
B.4. Diagrama de Pareto según categoría de espera. Fuente: Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015)	95
B.5. Distribución de las actividades del inicio de turno. Fuente: Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015)	97

B.6. Distribución de las actividades de inicio de turno. Fuente: Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015)	98
B.7. Tiempo promedio disponible en la frente después de la implementación de las iniciativas. Fuente: DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2016)	100
B.8. Muestreo del trabajo después de la implementación de las iniciativas. Fuente: DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2016)	100
D.1. Organigrama del Proyecto Nuevo Nivel Mina. Fuente: Información entregada por el proyecto.	107
E.1. Panel estandarizado para mostrar cada indicador. Fuente: Información creada por The Boston Consulting Group y entregada a Codelco.	110
E.2. Panel estandarizado para mostrar cada indicador. Fuente: Información creada por The Boston Consulting Group y entregada a Codelco.	111
E.3. Ejemplo de la clasificación de actividades e interferencias. Fuente: Elaboración propia.	111
E.4. A3 correspondiente a la falla de equipos. Fuente: Elaboración propia.	112
E.5. A3 correspondiente a las interferencias durante el cambio de turno. Fuente: Elaboración propia.	112
E.6. A3 correspondiente a las interferencias por las actividades de seguridad. Fuente: Elaboración propia.	113
E.7. A3 correspondiente a las interferencias operacionales. Fuente: Elaboración propia.	113
E.8. Evaluación realizada a la reunión actual de coordinación para tener un diagnóstico inicial. Fuente: Elaboración propia.	114
E.9. Detalle de la rutina de la reunión de coordinación, identificando claramente los tiempos, responsables y temas a tratar. Fuente: Elaboración propia.	115
E.10. Informe ilustrativo del seguimiento a realizar por cada estándar. Fuente: Elaboración propia.	116
E.11. Ficha descriptiva de la Reunión Diaria de Seguridad. Fuente: Elaboración propia.	116
E.12. Ficha descriptiva de la Reunión Diaria Operacional. Fuente: Elaboración propia.	117
E.13. Ficha descriptiva del Sistema de Transporte. Fuente: Elaboración propia.	117
E.14. Ficha descriptiva del Sistema de Transporte al Inicio del Turno. Fuente: Elaboración propia.	118
E.15. Ficha descriptiva del Suministro de Shotcrete. Fuente: Elaboración propia.	118
E.16. Ficha descriptiva del Suministro de Shotcrete. Fuente: Elaboración propia.	119

1 | ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Justificación del Tema

Con el pasar de los años la industria minera ha debido enfrentar fuertes aumentos en los costos de producción, como la energía y el costo de las remuneraciones, acompañado de una fuerte tendencia a la baja de la productividad. Dentro de este marco es que se ha establecido una búsqueda mundial por prácticas y herramientas que ayuden a contrarrestar estos factores, y es aquí donde aparece la filosofía Lean; para contribuir en hacer más con menos, aumentando la productividad y disminuyendo los costos.

Productividad laboral en la minería del cobre y remuneraciones 2005 – 2015

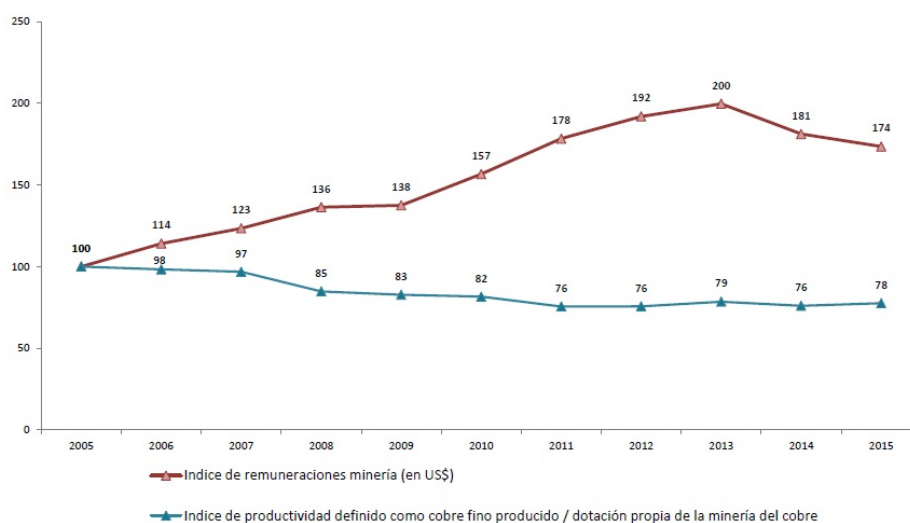


Figura 1.1: Índices de productividad laboral y remuneraciones entre 2005 y 2015. Fuente: [Consejo Minero \(2016b\)](#)

Codelco, como la cuprífera más grande de Chile, no queda fuera de esta búsqueda, haciendo un llamado general a mejorar la productividad de la empresa. Dentro de las divisiones se instala como eje estratégico principal la excelencia operacional, generando un lineamiento corporativo de transformación denominado “C+”.

La Vicepresidencia de Proyectos de Codelco, nombrada de ahora en adelante como VP, también tiene trabajo que hacer, según un análisis desarrollado por la Gerencia de Construcción de la misma, el desempeño de los megaproyectos a su cargo tiene desviaciones que mejorar en cuanto a costos y plazos. En particular el proyecto Nuevo Nivel Mina, según la estimación realizada, tendría una desviación en su fecha de entrega en alrededor de un 25 %, lo que es mayor al promedio de la industria y de la VP.

Para mejorar en estas materias es que en 2015 la VP emprende con un plan piloto de productividad en las obras interior mina de los proyectos mineros más grandes de la cartera actual; Nuevo Nivel Mina, ubicado en la División el Teniente y Chuquicamata Subterráneo, ubicado en la División Chuquicamata.

Dentro del contexto de este servicio, el diagnóstico realizado en el proyecto Nuevo Nivel Mina arrojó un porcentaje de tiempo utilizado en realizar actividades netamente productivas - que agregan valor - de un 43 %. Así, este piloto es desarrollado con el apoyo de terceros, quienes realizan el diagnóstico, una implementación de iniciativas de mejora y capacitaciones para el personal involucrado. [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

Por otro lado, sumado a este servicio, existe una necesidad en el proyecto de replicar las prácticas de mejoras a la productividad, tanto en la construcción de otras obras como en las áreas de gestión. Contrapuesto a esto, en el contexto actual del proyecto, no existe un sistema de gestión a la productividad establecido, que guíe y articule estas necesidades, esto sucede porque en general la productividad es considerada como un tema complementario a las labores diarias y no algo que se encuentre inmerso en ellas y en los procesos.

Por lo anterior, es preciso enmarcar todas las iniciativas asociadas a la productividad del proyecto en un sistema que las integre, y que capacite a trazar un camino concreto. Esto permitirá avanzar y cumplir metas en la productividad del proyecto, promoviendo su sustentabilidad e instalándose como prácticas constantes y no sólo ocasionales.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer un modelo que integre las iniciativas de productividad del proyecto Nuevo Nivel Mina, promoviendo la filosofía Lean de modo de favorecer la mejora continua y la sostenibilidad en el tiempo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Emplear las distintas herramientas asociadas a la filosofía Lean, de modo de promover la mejora continua en el proyecto.
- Evaluar la percepción del personal involucrado en el servicio piloto a través de una encuesta, logrando identificar los factores relevantes para el estado actual del proyecto.
- Contemplar a tiempo en la propuesta de implementación los factores críticos de éxito de la filosofía Lean.
- Proponer y describir mecanismos factibles que ayuden a dar sostenibilidad en el tiempo a las prácticas Lean.
- Dar cuenta de las iniciativas ya implementadas en el proyecto, evaluando la madurez del modelo para diseñar un plan de trabajo futuro.

1.3. Metodología

La realización de este trabajo y de la propuesta de implementación se realiza mediante las siguientes etapas:

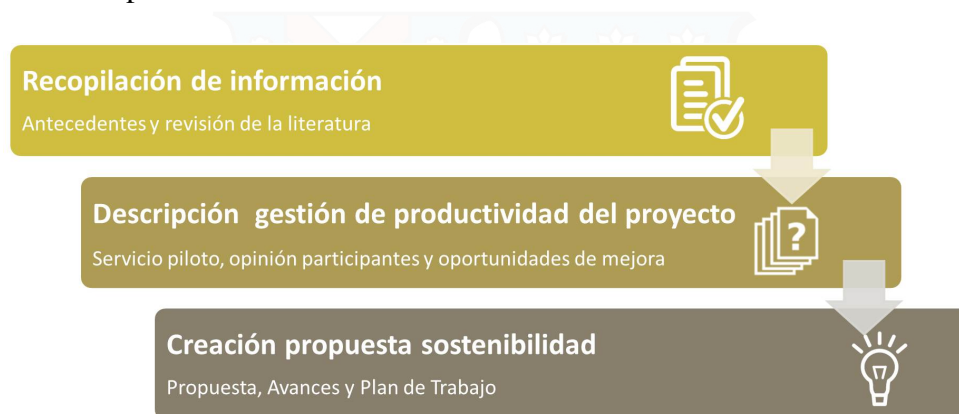


Figura 1.2: Esquema de la metodología utilizada. Fuente: Elaboración propia.

1.3.1. Recopilación de información

Hace referencia a la recopilación de los antecedentes necesarios para contextualizar sobre la industria minera, la situación de la productividad, de Codelco, y en específico del proyecto Nuevo Nivel Mina. Esto se realiza a través de estudios y estadísticas presentadas por entidades chilenas y de información entregada por el proyecto. También se incorpora una revisión de la literatura en cuanto a la filosofía Lean, que es la filosofía base de la excelencia operacional dentro de Codelco, puntualizando en sus adaptaciones a otras industrias, sus herramientas y algunos casos que se ha aplicado en la minería.

1.3.2. Descripción de la Productividad en el Proyecto

Además de conocer el contexto del proyecto y su situación actual, es necesario examinar lo que se ha realizado en temas referentes a la productividad, destacando lo más relevante que es el Servicio implementado a mediados del 2015 en las obras de interior mina con el apoyo de una Consultora, de aquí es posible detallar el diagnóstico, los focos de acción, las medidas implementadas y los resultados obtenidos, como también es oportuno rescatar la opinión que tienen los empleados que participaron de estas iniciativas y las oportunidades

de mejora que tiene el proyecto, para así lograr definir los siguientes pasos.

1.3.3. Creación de la Propuesta

Antes de proponer los ámbitos de acción para seguir implementando mejoras a la productividad en el proyecto, es relevante considerar los factores críticos de éxito al momento de implementar la filosofía Lean, definidos a partir de la experiencia de otras empresas o bien según el análisis de expertos.

Finalmente teniendo en consideración toda la información recopilada y las experiencias que tiene el proyecto y sus trabajadores en mejoras a la productividad, es posible desarrollar la metodología que se seguirá para implementar la filosofía Lean en el proyecto de forma perdurable en el tiempo.

1.4. Alcance

Este trabajo se enmarca en la etapa de ejecución inversional en la que se encuentra actualmente el proyecto Nuevo Nivel Mina, y considera tanto como el personal y las obras existentes a la fecha, limitándose a un alcance descriptivo a las características del proyecto y enfocándose en las dimensiones particulares que este tiene y que afectan la productividad.

Las propuestas realizadas no modifican el alcance físico de las obras ni la estructura organizacional del proyecto.

Considera también, que el área responsable de la implementación y control de la productividad del proyecto es Planificación Estratégica (PE), por tanto será ésta área quien se hará cargo de las propuestas realizadas, dejando libre espacio a modificaciones según sea necesario durante el desarrollo del proyecto.

La estructura propuesta en este trabajo no alcanzará a ser implementada en su totalidad, debido a la dedicación y extensión de tiempo que requiere. Por lo tanto la evaluación y seguimiento de cada uno de los factores que aborda quedará para futuras instancias de análisis.

2 | ESTADO DEL ARTE

Este capítulo da cuenta de los antecedentes necesarios del proyecto, la empresa y la situación de la industria en que se encuentra inmerso, para luego realizar una breve descripción de la literatura vigente sobre la cual se basa este trabajo.

2.1. Antecedentes

Actualmente es innegable la importancia que tiene la minería en la economía de Chile, lo que trae de la mano la relevancia de Codelco, y la necesidad de asegurar su subsistencia al largo plazo. La Vicepresidencia de Proyectos, quien es la encargada de la ejecución de los proyectos de la Corporación, y tiene la responsabilidad de buscar siempre la mayor rentabilidad, para asegurar la ejecución de la cartera actual de proyectos, propone instaurar la filosofía Lean en el Nuevo Nivel Mina, con el objetivo de mejorar la productividad, disminuyendo las pérdidas y avanzar hacia la excelencia operacional.

2.1.1. Industria Minera

La minería forma parte de la identidad de Chile haciendo innegable su importancia durante toda la historia de la nación, como bien hace referencia el Consejo Minero. Este sector ha tomado cada vez más protagonismo en el desarrollo económico de Chile, llegando a una participación en torno al 9 % del PIB del país y a su vez colaborando en el desarrollo y crecimiento de otras industrias. [Consejo Minero \(2016b\)](#)

Sin embargo, este crecimiento económico no sólo ha traído consigo mayores ingresos, sino que también mayores costos. Con el pasar de los años los costos asociados a factores como la energía, el ácido sulfúrico, la mano de obra, el alto nivel requerido para inversiones

y el elevado gasto en servicios de terceros han incrementado constantemente. En consecuencia los márgenes operacionales han disminuido con el tiempo, en tal magnitud que desde el año 2006 han caído en más de un 20 %. [Comisión Chilena del Cobre \(Cochilco\) \(2015a\)](#) Para poder enfrentar esta situación, las empresas han aumentado sus niveles de producción para lograr mantener su posición competitiva en el sector. Durante este periodo, si bien los costos aumentaron mundialmente, en Chile se alzaron de forma mucho más acentuada. [Comisión Chilena del Cobre \(Cochilco\) \(2015a\)](#)

Según un estudio de *benchmark* realizado por la [Comisión Chilena del Cobre \(Cochilco\) \(2015b\)](#), justamente describe los costos de producción y costos laborales como una desventaja relevante dentro de la competitividad mundial de la industria del cobre. Como también la baja ley promedio que presentan los yacimientos de Chile. A pesar de esto, nuestro país está ubicado dentro de los primeros cinco lugares, de un total de 13 países muestreados, denotando una ventaja significativa en potencial geológico y ámbitos político y legales. Sumado a esto, Chile cuenta con el 31 % de la producción mundial de cobre y un 30 % de las reservas globales actuales, posicionándose en el número uno del ranking internacional de producción de mina según toneladas. [Comisión Chilena del Cobre \(Cochilco\) \(2015b\)](#)

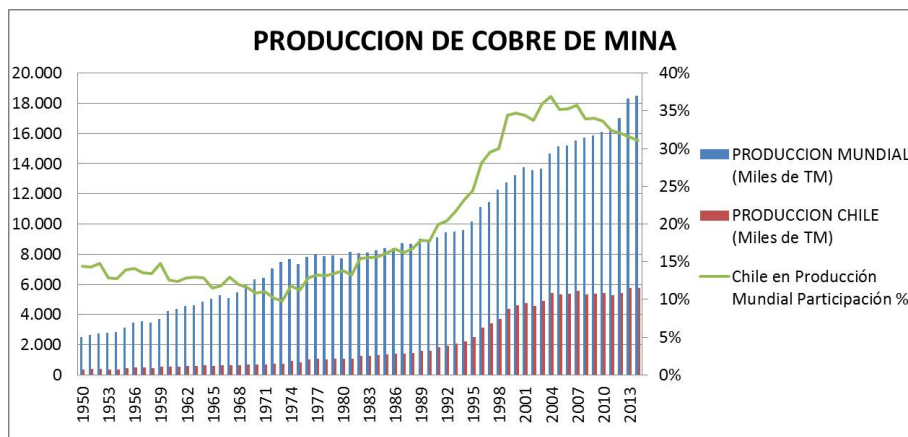


Figura 2.1: Producción de Cobre de Mina de Chile y el Mundo. Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de a partir de estadísticas de la producción minera publicada por Cochilco.

Por su parte, Codelco siendo la empresa estatal más grande del país, suma el 30 % de la producción de cobre de mina de Chile con la totalidad de sus operaciones vigentes. Según este ambiente competitivo, tanto Codelco como la industria minera de Chile tienen el desafío de lograr gestionar medidas que ayuden a compensar estos factores de desventaja y

aumentar la productividad del sector, ya que esta afecta de forma directa la competitividad. [CLAPES UC \(2016\)](#)

2.1.2. Productividad en la Minería

Son variados los estudios que se han realizado en cuanto a la productividad del sector minero (Cochilco ha realizado variados informes sobre la productividad del sector minero ([Comisión Chilena del Cobre \(Cochilco\) \(2015b\)](#), [Comisión Chilena del Cobre \(Cochilco\) \(2014\)](#)), como también el Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales CLAPES UC ([Cerde et al. \(2014\)](#), [CLAPES UC \(2016\)](#)), concordando todos en que desde el año 2000 la Productividad, medida mediante la Productividad Total de los Factores (PTF), ha mostrado una disminución constante, llegando hasta una tasa promedio de disminución de 2,8 % anual.

Codelco se ha visto afectado de igual forma que la industria en general, experimentando esta tendencia decreciente. Pero desde el año 2008 que la Estatal ha mostrado un mejor comportamiento, deteniendo en cierto grado esta tendencia según especifica el estudio realizado por [CLAPES UC \(2016\)](#) sobre la productividad de Codelco. Esto se logra explicar gracias al significativo aumento de la producción, y el menor incremento del capital en comparación al sector, sumado a la menor tasa de contratación de personal (considera tanto mandantes como contratistas). Estos factores en estudio han permitido que la productividad de la Corporación se encuentre en promedio un 30 % encima del índice de la industria. [CLAPES UC \(2016\)](#)

En general, los estudios de productividad y sus respectivos análisis buscan aportar con una distinción de cuáles son los factores que afectan la productividad de la minería y como se ha dado su evolución en el tiempo. Esta información facilita al sector minero la toma de decisiones respecto a los focos adecuados para poder atacar la tendencia a la baja.

En la arista internacional, los análisis realizados sobre la industria canadiense no se alejan de los datos obtenidos en Chile. Canadá también ha experimentado descensos en la productividad, disminuyendo en un 0,94 % en promedio cada año desde el 2000. Según variadas hipótesis, algunas de las causas son la disminución en la relación del trabajo y el capital, y la divergencia entre los objetivos de rentabilidad y productividad en periodos de

altos precios del mineral. [Centre for the Study of Living Standards \(2009\)](#)

Sumándose a estas iniciativas, la [Corporación de Desarrollo Tecnológico \(CDT\) \(2014\)](#) presenta unas bases enfocadas en los factores que afectan la productividad en la construcción minera (desarrollo de túneles). Aquí se menciona que es en el área operativa donde se pueden evidenciar físicamente las ineficiencias de los procesos, ya que es el área dedicada a la ejecución del proyecto y a la optimización de los recursos. Este estudio ratifica que la primera línea de análisis debe ser como se utiliza el tiempo de trabajo, enfocando los esfuerzos en aumentar el tiempo efectivo y disminuir los tiempos no productivos, con un foco más al trabajo como proceso que al resultado. Luego de monitorear 6 proyectos desde su etapa de evaluación hasta su ejecución, se demuestra que un 37 % de la jornada se utiliza en el desarrollo directo de una actividad, un 12 % en actividades de apoyo, y el 51 % restante es improductivo. Además, se obtuvieron los principales indicadores de pérdida de recursos y que afectan las horas disponibles para la ejecución del trabajo, destacando:

1. Time Line (TL): este indicador permite mostrar gráficamente las horas disponibles para trabajar, es decir, considera en promedio los tiempos de entrada, salida, colación, inicio de actividades en la frente, etc.
2. Niveles de Actividad: considera los niveles de actividad entre los tiempos que agregan valor, dan soporte, detenciones autorizadas y tiempos que no agregan valor.
3. Workable Time (WT): este indicador representa los tiempos disponibles para trabajos dentro de la jornada, excluidos los tiempos de transportes, colación y detenciones autorizadas.
4. Tiempo No Utilizado (TNU): considera los tiempos que no agregan valor y las detenciones autorizadas. Según la muestra un 51 % de los recursos no se utilizan. De esto, un 32 % corresponde a actividades que no agregan valor como factores asociados a la mala planificación (que puede ser problemas desde ingeniería hasta planificación en la frente).

Finalmente se mencionan algunas recomendaciones al respecto de cómo establecer un seguimiento constante a la productividad del sector al manejar un sistema de información

que permita el monitoreo y *benchmarking* entre los proyectos; de una forma similar como ocurre con la seguridad y accidentabilidad, haciendo referencia a que *“todo esfuerzo constante por monitorear una variable provoca cambios positivos sobre ella si se toman acciones que promuevan el cambio”*.

2.1.3. Contexto Actual

La industria del cobre es sensible a los ciclos económicos, debido a que su uso sea mayoritariamente por el sector de la construcción y la tecnología. Actualmente el cobre se encuentra en un ciclo de bajos precios, elevados costos, baja productividad e incertidumbre económica. [Consejo Minero \(2016b\)](#)

Este escenario que enfrenta la industria deja de ser tan favorable y obliga a las empresas a ir transformándose con los cambios. Durante los últimos años se ha notado el envejecimiento de los yacimientos en Chile, el mineral extraído cada vez tiene menor ley ligado a un agotamiento de las reservas, lo que provoca la disminución de la producción y por ende un fin a la vida útil de dichos yacimientos.

A causa de estos factores es que actualmente se habla mucho sobre la productividad en la minería. Este tema se hace relevante ya que habla de la sustentabilidad y competitividad del sector al largo plazo. En un estudio que realizó la [Comisión Chilena del Cobre \(Cochilco\) \(2015b\)](#) y que utiliza la Productividad Total de Factores (PTF)¹, muestra que la productividad del sector disminuyó en un 20 % aproximadamente entre los años 2000 y 2013. [Comisión Chilena del Cobre \(Cochilco\) \(2015b\)](#)

En el caso de Codelco, este contexto provoca una disminución en la participación de mercado de la Corporación y un menor aporte financiero al Estado de Chile. Ante este escenario adverso ha comenzado a implementar diferentes medidas, siendo una de éstas disminuir los costos y aumentar los rendimientos, en el intento por aumentar su competitividad. Por esto la Vicepresidencia de Productividad y Costos está comenzando a

¹La Productividad Total de Factores (PTF) captura incrementos de esfuerzo que permiten producir más con los mismos factores. Es la contribución de la eficiencia restante en el proceso productivo de los factores de Trabajo (L) y Capital (K) a la producción (Y). Como: incorporación de nuevas tecnologías, mejores prácticas, ley del mineral. [Cerdeira et al. \(2014\)](#)

desarrollar la filosofía *Lean Management* en su agenda, incorporándola dentro de los ejes estratégicos de la productividad y llegar con ella hacia todas las divisiones.

Este lineamiento corporativo adquirió la marca de C+, para representar las prácticas de excelencia operacional que se quieren extender a toda las operaciones, y así lograr aumentar la productividad para ayudar a superar las adversidades actuales. [Codelco \(2015\)](#)

Paralelo a esto Codelco maneja un ambicioso plan de estudios y proyectos para lograr asegurar la producción al largo plazo y continuar con el aporte financiero al Estado. La actual cartera de proyectos es el escenario con mayor inversión que se ha visto en la historia de la empresa, la cual se gestiona y ejecuta a través de la Vicepresidencia de Proyectos (VP) de la Corporación, quienes diseñan construyen y ponen en marcha dichos proyectos.

La cartera de estudios y proyectos actuales involucran US\$18.000 millones, destacándose los proyectos de transformaciones o expansiones; Ministro Hales, Nuevo Nivel Mina de El Teniente, Chuquicamata Subterránea, Radomiro Tomic Sulfuros y Nuevo Sistema de Traspaso Andina, los que han sido denominados como los cinco proyectos estructurales de la VP.

Proyecto	Ubicación	Inversión Estimada MM	Producción KTPD	Ley Cobre	Año Inicio Producción
Ministro Hales	Calama, Región de Antofagasta	US\$3.083	50	0,96 %	2013
Chuquicamata Subterránea	Calama, Región de Antofagasta	US\$3.816	140	0,7 %	2019
Radomiro Tomic Sulfuros	Calama, Región de Antofagasta	US\$5.459	200	0,47 %	2019
Sistema Traspaso Andina	Los Andes, Región de Valparaíso	US\$1.323	94,5	0,76 %	2021
Nuevo Nivel Mina El Teniente	Machalí, Región de O'Higgins	US\$4.929	137	0,86 %	2022

Tabla 2.1: Proyectos Estructurales de Codelco. Fuente: [Consejo Minero \(2016a\)](#)

La Vicepresidencia de Proyectos en un paso por avanzar hacia el lineamiento de la excelencia operacional, y mejorar el desempeño de sus megaproyectos, comienza la implementación de la filosofía Lean en los dos proyectos de desarrollo minero más grandes;

Mina Chuquicamata subterránea y Nuevo Nivel Mina.

2.1.4. Proyecto Nuevo Nivel Mina

Ubicado en la comuna de Machalí, región de O'Higgins, el Proyecto Nuevo Nivel Mina (PNNM) tiene como propósito suplir la disminución de mineral procesado en planta debido al agotamiento de los actuales sectores productivos de la mina El Teniente.

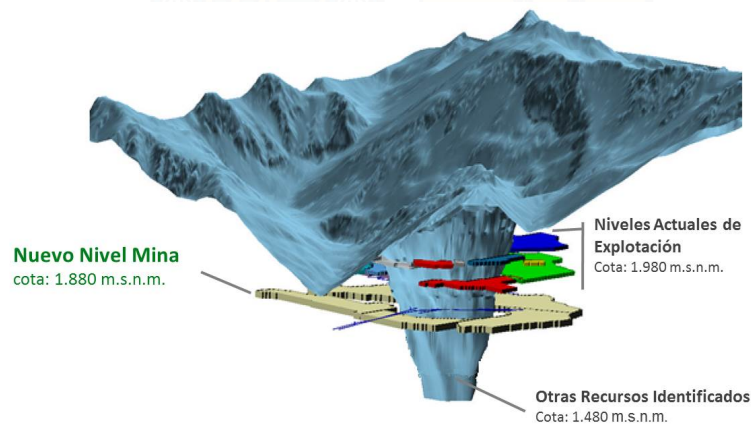


Figura 2.2: Esquematización de El Teniente y los niveles de explotación. Fuente: Codelco

Este nuevo nivel explotará mineral primario mediante el método *Panel Caving*. Este método involucra la construcción de un conjunto de niveles denominados: hundimiento, producción, transporte intermedio, chancado, drenaje y ventilación.

En materia de Infraestructura, se construirán dos túneles principales, uno para el transporte de personas y otro para el transporte de mineral. También se considera la construcción de una carretera con calzada bidireccional y una longitud aproximada de 16,2 km, incluyendo el suministro y construcción de siete puentes, enlace con la actual carretera del Cobre en el sector de Maitenes, construcción de tres túneles y otras obras asociadas.

Para el manejo del mineral se utilizarán equipos LHD, uso de camiones, estaciones de chancado primario en interior mina y transporte de mineral hacia superficie mediante correas transportadoras de gran capacidad. Sumado a esto, están las obras relacionadas con los nuevos servicios generales de la mina como son: sistema de ventilación, sistema de drenaje, sistema de suministro de agua, sistema de suministro de energía eléctrica, sistema de recepción y distribución de combustible, entre otros.

Este proyecto implica concebir, dimensionar, diseñar y construir las instalaciones de una mina nueva. La no realización del PNNM significaría reducir drásticamente los niveles productivos hasta el cierre de la División El Teniente.

2.1.5. Construcción de Túneles Mineros

El desarrollo o preparación de los túneles en la etapa de construcción, previo a la producción, se realiza por el modelo de perforación y tronadura convencional, que es definido por geología en las etapas de estudios previos al proyecto. Además de la técnica a utilizar, geología define el tamaño de la sección del túnel, lo que depende de los usos, y la cantidad de frentes de ataque, que hace referencia al punto donde se comienza a perforar y a avanzar.

El método varía según las necesidades de cada proyecto, pero las etapas son bastante generales. Según la descripción realizada por [Saavedra \(2015\)](#), estas etapas se dividen en:

1. Perforación: se refiere a la cavidad donde serán colocados los explosivos, con una longitud de avance de 3,5 mts aproximadamente.
2. Carguío de explosivos: los explosivos son puestos en las cavidades realizadas por los equipos de perforación, los que son retirados del frente de trabajo al igual que el personal posterior a realizar la carga.
3. Tronadura: es la liberación de energía por medio de los explosivos, lo que permite fragmentar la roca y desplazarla.
4. Ventilación: este paso se realiza sin la presencia de personal, ya que es donde se extraen los gases tóxicos provenientes de la tronadura de la roca. El lugar se monitorea con instrumentos que miden la concentración de gases, y cuando se cumplen las condiciones el personal puede volver a ingresar al área del frente.
5. Acuñadura: se desprende la roca suelta a través de una plataforma de levante.
6. Retiro Marina: se carga y transporta el material removido por medio de equipo LHD o camiones de bajo perfil.

7. Fortificación: se refiere al proceso de reforzar y recubrir el entorno de donde se desplazó el material para dar una mayor estabilidad y evitar derrumbes que puedan atentar contra la seguridad del personal. Esta fortificación se hace primero mediante la colocación de pernos y malla de acero, los que posteriormente son cubiertos por hormigón proyectado conocido como *shotcrete*.

Cada uno de estas actividades unitarias consume muchos recursos y tiempo y requiere de bastante planificación y preparación. Durante este ciclo de actividades se puede perder eficiencia por diversas razones, como experimentar retrasos; por disponibilidad de equipos, eventos sísmicos después de las tronaduras o averías repentinas en la maquinaria, lo que por consiguiente altera o retrasa el ciclo completo. En conclusión, la alta variabilidad en tiempo que puede tener cada una de las actividades no es menor.



Figura 2.3: Ciclo de Actividades Operacionales Unitarias. Fuente: Elaboración Propia con información de la empresa.

2.2. Marco Teórico

Dado que las propuestas realizadas en este trabajo están basadas en la filosofía Lean, es necesario contextualizar sobre ella, describiendo desde donde nace, sus principios, definiciones y herramientas, y finalmente su adaptación a la industria minera.

2.2.1. Producción Toyota

Después de la segunda guerra mundial en Toyota desarrollaron un nuevo sistema donde manejaban poco inventario y los trabajadores aportaban en la toma de decisiones, produciendo sólo lo justo y necesario en el momento que el cliente lo solicitaba. Este sistema de producción de Toyota (Toyota Production System) dio lugar a la Producción Lean conocida internacionalmente gracias al libro “La Máquina que cambió el mundo” de Womack y Jones en 1996. [Poppendieck y Llc \(2002\)](#)

El sistema de producción de Toyota (TPS por sus siglas en inglés) idealmente se debe implementar como una filosofía en toda la organización y contar con el compromiso de la dirección, siendo un proyecto a largo plazo. [de Diego et al. \(2009\)](#) Es por esto que se representa con una casa, como se muestra en la figura 2.7. Donde debe ser implementado desde sus cimientos, manteniendo los pilares firmes, y siendo el centro de la casa las personas y los equipos auto gestionados y orientados a la mejora continua, mediante la reducción de residuos (mudas).

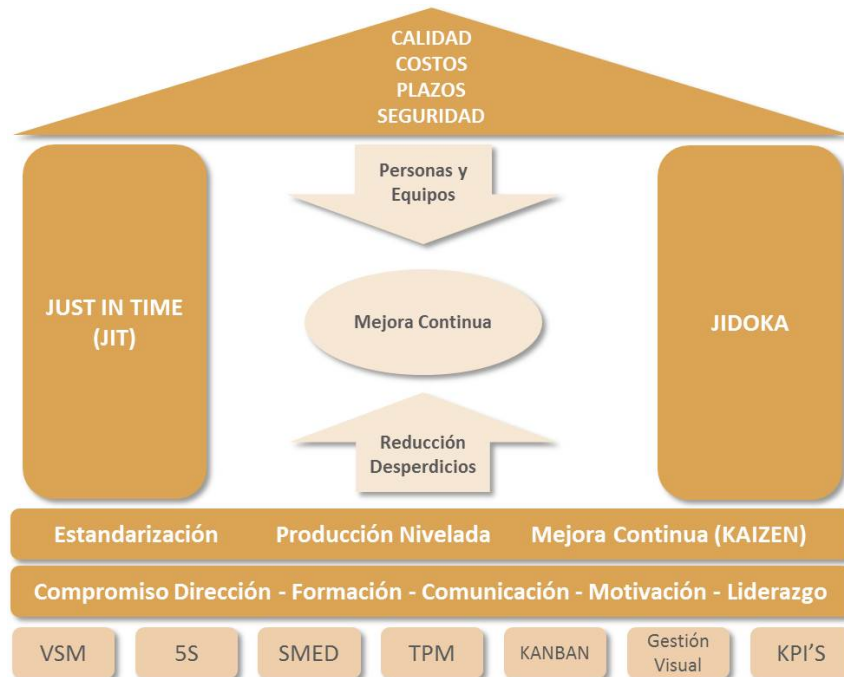


Figura 2.4: Casa del Sistema de Producción de Toyota Fuente: modificación Lean Manufacturing [Hernández y Vizán \(2013\)](#)

En los pilares de esta casa están las herramientas más conocidas; *Just in Time* (JIT) que se refiere a la fabricación en el momento justo con la cantidad requerida y *JIDOKA* la que no deja pasar ningún defecto en la fase de producción. Las bases de la casa consideran procesos estandarizados y nivelados, así como la mejora continua o Kaizen, y las características del recurso humano de la organización; como lo es el compromiso de la dirección, la formación, comunicación y liderazgo que se necesitan para lograr implementar este sistema de manera consistente en el tiempo. Y finalmente el techo de la casa son los resultados: mayor calidad, menores costos, menores plazos de entrega y mejor seguridad. [de Diego et al. \(2009\)](#)

De forma adicional, en la parte inferior se mencionan algunas de las herramientas que pueden ser utilizadas tanto para el diagnóstico, implementación o seguimiento a los procesos según se requiera en cada tipo de organización.

2.2.2. Filosofía Lean

Por su parte el *Lean Management* proporciona un modo de trabajar con un *feedback* inmediato en los esfuerzos para convertir los desechos en valor, haciendo más y más con menos y menos – menos esfuerzo humano, menos equipamiento, menos tiempo y menos espacio- acercándose aún más a ofrecer a los clientes aquello que quieren exactamente. [Womack y Jones \(1997\)](#)

Principios Lean

Según el libro de [Womack y Jones \(1997\)](#), los 5 principios que propone la filosofía Lean para conseguir la excelencia son los siguientes:

1. **Valor:** el valor lo define el consumidor final, y es significativo cuando se expresa en términos de un producto específico que satisface las necesidades del consumidor a un precio concreto y en un momento determinado y siendo el productor quien crea este valor. El valor debe ser definido ignorando las tecnologías y activos actuales y replanteando las empresas actuales sobre la base de una línea de producto con equipos de productos especializados, formándose una idea clara de lo que realmente se necesita.

2. **Flujo de valor o cadena de valor:** son todas las acciones específicas requeridas para pasar un producto por las tres áreas de gestión críticas: solución de problemas, gestión de la información y transformación física. Esta definición casi siempre revela la existencia de grandes cantidades de desechos o pérdidas.
3. **Flujo:** luego de ser eliminados los desechos en la cadena de valor, se debe realizar una reorganización completa, es decir, concentrarse en el producto y sus necesidades y no en las maquinarias por ejemplo, de forma que las actividades estén en un flujo continuo. La introducción del flujo en la producción logra reducir un 50 % el plazo de desarrollo del producto, un 75 % el procesamiento de pedidos y un 90 % la producción física.
4. **Pull:** ahora las nuevas capacidades de diseñar, programar y producir lo que el consumidor quiere en el momento preciso provoca que sean los clientes quienes atraigan o tiren (*pull*) el producto según sus necesidades.
5. **Perseguir la Perfección:** Los cuatro principios mencionados anteriormente una vez implementados se convierten en un círculo que deja al descubierto los residuos y hace que el valor fluya de mejor forma, causando que las organizaciones comiencen a pensar que la perfección no es inalcanzable a un largo plazo, confiando en el sistema y la organización.

Además de estos principios de tipo más operacionales o técnicos, [Hernández y Vizán \(2013\)](#) hace referencia a los principios del tipo más humano y de la manera de trabajar, mencionando entre otros:

- Formar líderes de equipo que asuman el sistema y lo enseñen a otros.
- Crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua.
- Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
- Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.

Desperdicios

Como bien se mencionó, la filosofía Lean busca mejorar los procesos eliminando todos los residuos e incrementando el valor agregado. Los residuos son entendidos como las actividades que consumen recursos y no agregan valor ante los ojos del cliente. Así se identificaron siete tipos de desperdicios: (i) sobreproducción, (ii) exceso de inventario, (iii) transporte innecesario, (iv) desplazamiento innecesario, (v) tiempos de espera, (vi) productos defectuosos y (vii) sobre-procesamiento, agregando a estos un octavo; (viii) la creatividad desaprovechada de los empleados por el autor de “The Toyota Way”, quien también menciona que “La mayoría de los procesos en los negocios son un 90 % de residuos y un 10 % de trabajo con valor agregado”. [de Diego et al. \(2009\)](#)

Estos desperdicios según [Poppendieck y Llc \(2002\)](#) se definen como:

- (i) Sobreproducción: producción excesiva de piezas, información o productos terminados que aumentan los niveles de inventarios, gastos financieros, espacio, maquinaria y mano de obra.
- (ii) Exceso de Inventario: la previsión inexacta y un flujo desequilibrado son algunas de las razones que pueden causar el aumento del inventario, provocando papeleo costos y espacios adicionales.
- (iii) Transporte: el transporte de materiales o personas que se desplacen por largas distancias duplicando los tiempos de producción o manipulación. Esto puede deberse a la mala coordinación o distribución en el lugar de trabajo.
- (iv) Desplazamiento Innecesario: movimiento de maquinarias o personas que no añaden valor al producto o servicio, causados por falta de organización, distribución y métodos de trabajo inconsistentes.
- (v) Tiempos de Espera: personas o máquinas esperando por materiales, herramientas, mantenimientos o el término de algún proceso antecesor.
- (vi) Productos Defectuosos: productos con errores que hacen necesario una repetición del trabajo o proceso, causando devoluciones de los clientes y su insatisfacción. Estos

defectos pueden ser provocados por mano de obra incapacitada o falta de procesos estandarizados.

- (vii) Sobre-Procesamiento: obtener el producto o servicio deseado procesado más veces de lo necesario por falta de mantenimiento en las maquinarias o por la combinación de procesos.
- (viii) Creatividad Desaprovechada de los Empleados: desaprovechar el conocimiento, ideas y habilidades de los trabajadores al no considerarlos, perdiendo oportunidades de mejora.

Mejora Continua

Dentro de la filosofía y desde sus inicios con Deming en temas de calidad, el ciclo de la mejora continua es un pilar fundamental dentro de las organizaciones para conseguir mejores resultados, enfocándose constantemente en disminuir los desperdicios. El ciclo de la mejora continua se realiza como un proceso que inicia con pequeñas innovaciones y mejoras realizadas por los empleados, las cuales van progresando y acumulando con el espíritu de buscar siempre la perfección, y logrando finalmente mejores resultados en costos, tiempos y calidad. [Hernández y Vizán \(2013\)](#) Sin embargo, lograr que los empleados piensen de esta forma implica un cambio cultural, con los inconveniente que esto pueda significar, pero una vez que se logra ayuda a que los beneficios logrados sean persistentes en el tiempo.

En definitiva, y como menciona [Sánchez et al. \(2012\)](#), el *Lean Management* es un sistema integrado de gestión, que busca alcanzar la máxima eficiencia con el menor costo y el mínimo de desperdicios, adoptando finalmente una filosofía de gestión basada en la mejora continua. Para lograr esto se actúa sobre la variabilidad (pérdidas) y la inflexibilidad, consiguiendo mejoras en los costos, tiempos y calidad.

En el contexto de las otras industrias la construcción es una de las primeras en adoptar la filosofía Lean gracias al ingeniero Lauri Koskela, quien en los años 90 planteó esta nueva filosofía de producción hacia la construcción. [Pons Achell \(2014\)](#)

2.2.3. Lean Construction

Lean Construction abarca la aplicación de los principios y herramientas de la filosofía Lean en el proceso completo de los proyectos, considerando; diseño, ingeniería, ejecución, ventas y hasta la administración y mantenimiento del edificio. Bajo esta filosofía, la construcción se transforma en un trabajo que busca la excelencia y la maximización del rendimiento para el cliente en todas las fases del proyecto. [Pons Achell \(2014\)](#)

Debido a que todas las actividades consumen tiempo y dinero se debe poner el foco en la reducción o eliminación de las actividades de flujo, es decir, aquellas que no agregan valor, como las esperas, transportes e inspecciones (Figura 2.8) y a su vez hacer más eficiente los procesos de conversión para lograr una eficiencia global.

A continuación se mencionan algunos principios presentados por [Koskela \(1992\)](#) para el diseño y mejora de los procesos de flujo que han tenido resultados de mejora considerable en la eficiencia:

- Reducir la proporción de actividades que no agregan valor.
- Aumentar el valor de salida a través de la consideración sistemática de las necesidades del cliente.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir tiempos de ciclos.
- Simplificar al minimizar el número de pasos o partes.
- Aumentar la flexibilidad de salida.
- Aumentar la transparencia del proceso.
- Enfoque de control en el proceso completo.
- Construir la mejora continua en el proceso.
- Mejora el flujo de equilibrio con la mejora de la conversión.

La identificación de las actividades que no agregan valor, es una de los puntos de partida en la implementación de Lean Construction, ya se asume que al eliminarlas aumenta la productividad. Para lograr esto se utilizan distintas técnicas como; (i) muestreo del trabajo, (ii) encuestas de detenciones y (iii) cartas de balance de las cuadrillas. [Botero y Álvarez \(2003\)](#)

En el caso del muestreo del trabajo, las observaciones se categorizan en tiempos según:

- Trabajo Productivo (TP): es el tiempo dedicado a la construcción en sí, por ejemplo pegar ladrillos.
- Trabajo Contributorio (TC): es el tiempo utilizado en actividades de apoyo a la construcción, como las mediciones.
- Trabajo No Contributorio (TNC): aquí se considera el tiempo ocupado en labores que no agregan ningún valor, y por lo tanto se considera como pérdida pura. Por ejemplo las esperas por transportes o los tiempos utilizados en rehacer un trabajo.

En un diagnóstico realizado a siete empresas de la industria de la construcción en Chile, presentado en 2015, respecto a las prácticas Lean, el 90 % de los directivos de ellas piensa que Lean es primordial para la mejora en los negocios. Además de esto una de las herramientas más usadas para sostener estas prácticas en el tiempo era el sistema *Last Planner* aunque este tenía algunas diferencias en cuanto al nivel de implementación en cada empresa. [Salvatierra et al. \(2015\)](#)

Last planner System (LPS) es planteado por [Ballard y Howell \(1993\)](#) y nace a partir de Lean Construction, para poder aumentar la confiabilidad en la planificación y así aumentar la productividad.

2.2.4. Lean en la Minería

Los beneficios que proporciona la aplicación de conceptos y prácticas Lean han llevado a aplicar esta metodología a la industria minera también. A pesar de las diferencias que se puedan observar entre la industria automotriz (donde nace la filosofía Lean) y la industria

minera, existe la oportunidad de aplicar con éxito los principios dada la visión común que tienen, como bien menciona. [Wijaya et al. \(2008\)](#)

- Se basan en procesos de negocios eficaces y eficiencia dentro de la cadena de valor.
- Existen esfuerzos por maximizar la eficiencia operativa.
- La cadena de suministro es extensa.
- Enfoque implacable en la seguridad.

En contraparte, las diferencias existentes entre ambas industrias son las que implican las consideraciones y desafíos en adaptar los valores y necesidades que conlleva la aplicación de la filosofía.

Industria Minera	Industria Automotriz
Exigencia Física del Entorno	Entorno Ambiental
Incertidumbre del Entorno	Ambiente de Trabajo Estable
Equipos Repartidos Geográficamente	Plantas Compactas
Materias Primas Viabes	Materias Primas Controladas
Ubicaciones Remotas	Ubicación en Grandes Ciudades

Tabla 2.2: Comparación de la industria minera y automotriz. Fuente: [Wijaya et al. \(2008\)](#)

En primera instancia la filosofía Lean establece que se debe definir el valor por parte del cliente, pero en el caso de la minería de metales, estos son productos estándares con características únicas; sin especificaciones, y calidad y precio establecidos en el mercado. De esta forma, el foco del valor se debe establecer según el papel de los *stakeholders* (sociedad, gobierno y medios de comunicación) que tienen interés en la calidad de los procesos, el rol con el medio ambiente, la prosperidad económica y el bienestar de los trabajadores. En segundo lugar, la definición de los desperdicios en la minería según [Wijaya et al. \(2008\)](#) serían los siguientes:

- (i) Sobreproducción: el mercado de metales se considera estable por lo tanto la sobre producción en cuanto a mineral neto es irrelevante, ya que el mercado la absorbe en su totalidad.
- (ii) Tiempos de Esperas: tiempo de inactividad de los equipos móviles, el cual en la minería subterránea es muy bajo.
- (iii) Productos Defectuosos: aquí nuevamente se debe considerar el entorno de la minería, donde por culpa de la naturaleza muchas veces es necesaria la reparación.

- (iv) **Sobre-Procesamiento:** sucede cuando las dimensiones del túnel exceden las requeridas. Esto puede deberse tanto a la naturaleza de la roca como al exceso de trabajo en el frente (acuñadura excesiva).
- (v) **Transporte:** esto depende de la elección del tipo de transporte, la ruta o el tipo de material a transportar.
- (vi) **Desplazamiento Innecesario:** relacionado a la baja estandarización de cómo se realiza el trabajo.
- (vii) **Creatividad Desaprovechada de los Empleados:** se considera la baja utilización de los recursos humanos en cuanto a horas de trabajo. Este factor posee un gran potencial para mejorar dentro de la industria minera, por lo tanto es quizás el que necesita más foco.

Dentro de los casos que se ha aplicado Lean en la industria minera, se observan tres áreas con mayor potencial de implementación; talleres de máquinas, desarrollos horizontales y verticales (trabajo en la frente) y trabajos de desarrollos complementarios (como ventilación). En estos casos las prácticas comunes son la eliminación de residuos en los procesos, cubriendo en menor medida la participación de los trabajadores; que según la literatura es la medida que más esfuerzo debe abarcar. [Loeew \(2014\)](#)

2.2.5. Herramientas Lean

De la filosofía Lean se desprenden variadas herramientas a utilizar que ayudan a ordenar procesos e identificar pérdidas, a continuación se describen las más relevantes para este trabajo:

- **Ciclo de Deming:** se compone de las etapas: Planificar – Hacer – Revisar – Actuar (Plan-Do-Check-Act), siendo esta secuencia repetitiva para la resolución de problemas, basada en la mejora continua. [Womack y Jones \(1997\)](#)
- **Obeya Room:** su traducción es sala de Guerra, y es una herramienta de control visual que sirve para ver gráficamente la situación de un proyecto, a través de paneles,

gráficos y esquemas que hacen visibles las desviaciones de los diferentes KPI. La idea es que esta información sea constantemente actualizada para tener los datos vigentes y facilitar a la supervisión la toma de decisiones para el cumplimiento de los estándares. [de Diego et al. \(2009\)](#)

- **Reporte A3:** es una herramienta que ayuda a la resolución de problemas y la toma de decisiones, y sigue un orden según el ciclo de mejora continua o ciclo de Deming. Utilizar esta herramienta permite un mejor foco en el proceso y los resultados, como también ayuda a dar una mejor visualización de las problemáticas al ser breve y resumido. [Creus \(2012\)](#)

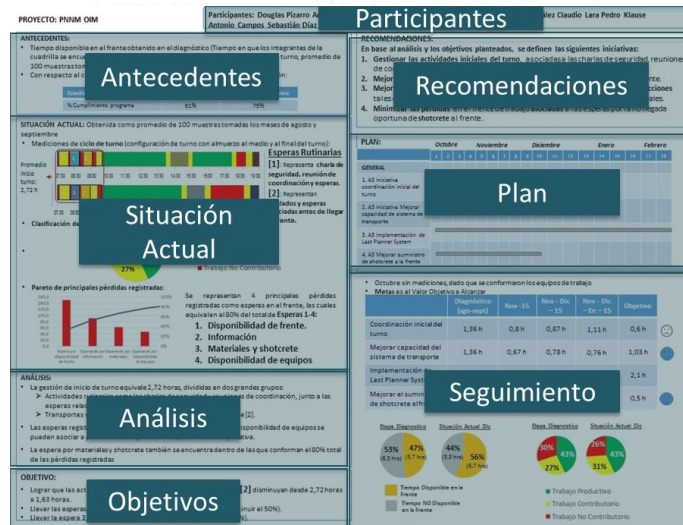


Figura 2.5: Distribución de las actividades de inicio de turno. Fuente: Elaboración propia

- **VSM:** Value Stream Map, se refiere a mapear el flujo de valor identificando todas las actividades que ocurren y que le entregan valor al producto o a la familia de productos. [Womack y Jones \(1997\)](#)

2.2.6. Casos de Implementación Lean en Minería

A pesar que no se encontraron casos reales en minería donde se haya aplicado Lean en toda una organización, como aconseja la literatura, si se han instaurado ciertas prácticas en áreas específicas. Desde el año 2000 que se tienen registros de estas aplicaciones, con una publicación de [Loeow \(2014\)](#), donde se da cuenta de trabajos estandarizados,

mantenimiento productivo (TPM por sus siglas en inglés), flexibilidad, VSM, trabajadores multifuncionales, normalización y mejora continua. En el caso de la estandarización, se señala que esta debe implementarse con cierta flexibilidad, dado el entorno de la minería que es mucho menos estable que el de una fábrica productiva.

En específico se encontró un caso de aplicación del método de Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés), en las maquinarias utilizadas en minería, donde se buscaba optimizar los procesos de reparación y servicio. Este proceso se llevó a cabo dentro del proyecto “Adaptación e implementación de la metodología de Lean en las minas de cobre” co-financiado por el Centro Nacional de Polonia para la Investigación y Desarrollo, esto debido al hecho de que en todo el mundo había sólo unos pocos intentos de implementación Lean en el ambiente minero. [Chlebus et al. \(2015\)](#)

A continuación se describe uno de los casos encontrados en la literatura, donde se implementan conceptos Lean para mejorar la productividad en dos minas distintas, ubicadas en Brasil. [Klippel et al. \(2008\)](#)

Caso 1: La Aplicación de la Administración *Lean* en la Industria de Minería.

En el sector sur de Brasil, a dos empresas mineras (fluorita y amatista) se les implementó una nueva forma de dirección, integrando los conceptos de construcción del sistema Lean y los conceptos de técnicas tradicionales de minería e ingeniería industrial. Para esto primero se definieron los temas a tratar según los conceptos y técnicas que deben ser integrados entre la producción Lean y la minería, luego se definió como método de investigación la encuesta-acción. De aquí se realizaron encuentros teóricos con los trabajadores de las empresas y se les dieron tareas prácticas para recoger y analizar datos de la minería subterránea. Luego de analizar y evaluar los datos, se propusieron innovaciones en la gestión.

1. Caso fluorita En esta mina primero se midieron los tiempos utilizados en operaciones esenciales los que eran sólo de un 45,5 % del total. En operaciones auxiliares se dedicó un 39,4 % y en un 15,1 % en actividades como esperas, interrupciones por falta de ventilación u otras consideradas desecho.

Este análisis de tiempos permitió identificar las principales causas de pérdidas en las

operaciones, por lo que se adoptaron las siguientes medidas:

- Se organizaron equipos de perforadores para las operaciones esenciales, para proporcionar un valor adicional a los tiempos.
- Las válvulas de cierre para la perforación estaban muy lejos, por lo que se dejó a un trabajador a cargo, evitando el transporte de los mismos perforadores.
- Se aumentó la calidad y la cantidad de las herramientas dentro de la mina.

Estas medidas permitieron aumentar el tiempo utilizado en operaciones esenciales hasta un 60,7 %, y disminuyendo el tiempo en tareas auxiliares a un 33,5 % y los desechos a un 5,8 %. Estas mejoras también permitieron disminuir los costos en un 32,9 % y aumentar la producción y la productividad en un 43,6 %.

2. Caso amatista

En este caso los principales problemas identificados fueron la necesidad de eliminar el polvo de perforación, así como la eliminación de los gases de detonación, ya que son perjudiciales y disminuyen la expectativa de vida de los trabajadores y calidad.

Los datos obtenidos acá muestran que un 45,47 % del tiempo se utiliza en procesos que agregan valor, por lo que es necesario realizar mejoras en estos tiempos. La principal causa del tiempo perdido se debe a un sistema de ventilación ineficiente que es la causa de las mayores esperas.

Después de la implementación de mejoras al proceso de perforación se logró aumentar el valor en un 16,6 %, disminuyendo a su vez las esperas en un 18,7 %, y lo más importante mejorar la calidad de vida de los trabajadores gracias a la reducción de concentración de polvo al interior de las galerías.

Finalmente, los resultados indican la reducción del costo de la producción y aumento de la productividad, y la mejora de la calidad de vida de trabajadores.

Caso 2: División El Teniente

En Chile, el caso más cercano de mejoras a la productividad basadas en la filosofía Lean y que intenta replicarlas en toda la organización, es el cambio que está haciendo la

División El Teniente desde el año 2011, y que a la fecha cuenta con un departamento de Excelencia Operacional que se encarga de definir las prioridades y focos de acción.

En la División se decidió formalizar las aplicaciones de mejora continua para aumentar la productividad, utilizando una metodología base. Este proceso se realizó con el apoyo de una consultora que generó un piloto específicamente en la mina Diablo Regimiento. Luego de algunos meses, se logró aumentar en un 27 % la producción de la mina respecto al diagnóstico.

Estos cambios se lograron en base a 3 pilares Lean; estándares operativos, sistema de gestión y desarrollo de las personas. Para esto se formaron agentes de cambio dentro de la empresa, que ayudaron a las áreas intervenidas para velar por la obtención de resultados.

Actualmente la División El Teniente está en una etapa donde busca involucrar a todos los *stakeholders* de la operación, como lo son: mantenimiento, abastecimiento, reparaciones de infraestructura, entre otros. Esto con el fin de obtener mejores resultados de negocio.

[Alvarado y Gacitua \(2016\)](#)

2.2.7. Factores de Éxito en Implementaciones Lean

En el contexto del análisis de la literatura también se identificó que algunos artículos comentan los factores que se deben tener en cuenta para lograr el éxito al momento de implementar la filosofía Lean. Dentro de estos se rescataron tres artículos; el primero realiza una comparación de dos proyectos Lean implementados en la misma empresa manufacturera en años distintos, el segundo da cuenta del diseño de un modelo de implementación validado por profesionales Lean y empresas que han participado en proyectos asociados, y finalmente el más actual agrupa los factores de éxito y barreras sobre la implementación y aplicación de Lean Construction identificados en 30 publicaciones de diferentes países.

1. En una comparación realizada por [Scherrer-Rathje et al. \(2009\)](#), donde se reflexiona sobre las diferencias en dos proyectos Lean implementados en la misma empresa productora; el primero en el año 1997 considerado un fracaso, y el segundo realizado en 2006 y considerado un éxito. A través de entrevistas con los trabajadores de la manufacturera se obtuvieron seis lecciones aprendidas, para que otras organizaciones

pudieran considerar al momento de implementar Lean.

- El compromiso es necesario para lograr un acceso más fácil a los recursos necesarios, a una toma de decisiones más rápida y a una comunicación fluida.
- La autonomía de los trabajadores ayudará a crear una cultura de solución de problemas.
- Comunicar a los empleados las metas instauradas y el proceso de mejora, de manera de aliviar la tensión y responder a las dudas.
- Mecanismos para asegurar que Lean sea sostenible al largo plazo, y los empleados con el tiempo no retomen el modo “antiguo” de hacer las cosas.
- Comunicar los logros obtenidos desde un principio, para que así todos puedan entender mejor los beneficios de Lean.
- Evaluación continua y medición durante el periodo de implementación, para asegurar acciones correctivas inmediatas ante los errores que se cometan.

2. A partir del análisis del estado del arte, la experiencia de un Instituto en proyectos de implementación Lean, y un trabajo conjunto con profesionales y expertos del sector, [Sánchez et al. \(2012\)](#) logran combinar estrategias definidas para lograr una implementación de Lean Management más sólida, con el diseño de un modelo que contempla en un primer nivel como factores claves el liderazgo, la comunicación, la planificación, la formación, operativa, mejora continua y el seguimiento y medición. Recomendando priorizar estos factores para una fase de implantación:

- Contar con el compromiso de la dirección y un facilitador como agente de cambio.
- Fomentar la participación de los empleados, el liderazgo y su formación en Lean.
- Identificación de las pérdidas, con un seguimiento y medición adecuados.
- Selección adecuada de las herramientas Lean.

3. En un análisis más actual, en base a las múltiples experiencias reportadas a partir de 30 publicaciones entre los años 1998 y 2014 sobre implementaciones de Lean Construction, [Cano et al. \(2015\)](#) lograron clasificar las barreras y los factores de éxito en tres grandes pilares: personas, procesos, y gestión de producción y procesos logísticos. Donde los factores críticos de éxito definidos por cada pilar son:
 - Personas: contar con una formación adecuada en cuanto a la filosofía, mejorar la motivación por medio de un sistema de incentivos, contar con el compromiso y una definición clara de roles y responsabilidades.
 - Procesos de producción: mejorar la gestión de la cadena de producción, mejorando la comunicación, coordinación y procesos de gestión.
 - Gestión de producción y procesos logísticos: apunta a establecer metas del proceso a corto y largo plazo, constituir un comité de mejoramiento responsable e incorporar las lecciones aprendidas.

2.3. Propuesta Metodológica

Luego de conocer el contexto en el que se encuentra la industria minera, en temas de productividad y además tener como base una filosofía que busca mejorar la productividad capaz de adaptarse a la industria, y que entrega un abanico de posibles herramientas. Es posible plantear un modelo que ordene y delimite las iniciativas del proyecto en cuanto a la productividad, y que le permita trazar un camino hacia la excelencia operacional bajo la filosofía Lean.

En el contexto particular del proyecto, desde el piloto que ya se implementó se puede obtener con más claridad las brechas que tiene la construcción en cuanto al avance de las obras en los túneles mineros. Es por esto, que a través de la encuesta se buscó conocer la experiencia de aquellos que participaron en esta implementación, tanto mandante como contratista, y saber si están de acuerdo con lo realizado y si consideran que es prudente seguir con este tipo de intervenciones, de modo de contar con su apoyo al continuar con estas mejoras. Esta encuesta también permitió identificar las brechas que deben ser

abordadas en el proyecto actualmente para mejorar su desempeño, esto a partir de la misma opinión de los encuestados.

Luego, para llevar a cabo la definición del modelo, fue necesario identificar los factores críticos a tener en cuenta al momento de implementar la filosofía Lean, y que se consideran a partir de lecciones aprendidas o bien confirmación de expertos. Además basándose en la representación del sistema de Toyota que contiene los componentes clave de la productividad, se definieron los ejes de acción, y como estos se integran e interactúan en el modelo de gestión propuesto.

Paso siguiente se concretizaron los ámbitos de acción que tendrá cada uno de los ejes para implementarse en el proyecto, describiendo su finalidad, recursos a utilizar (externos o internos) y cómo debiese funcionar cada uno, así como las iniciativas que se pueden derivar de ellos.

Finalmente se sugiere un plan de trabajo que incluye todo lo anterior, en cuanto al orden de implementación y el estado que se quiere llegar idealmente en el ciclo de vida del proyecto.

3 | DESARROLLO

3.1. Descripción de la Gestión de la Productividad en el Proyecto

Dentro del proyecto se han realizado iniciativas para ayudar a mejorar la productividad, pero siempre con un foco en los procesos operativos de la construcción. La más importante de ellas es la definición y asignación de un servicio de apoyo con una empresa externa, para mejorar las iniciativas de productividad del contratista en las obras interior mina, a través de la implementación de la filosofía Lean en terreno, que se describe a continuación.

3.1.1. Servicio Piloto de Mejoras a la Productividad

La Gerencia de Ingeniería y Constructibilidad de la VP contrató una Consultora para que realizara un servicio piloto de mejoras en la productividad, con la implementación de la filosofía Lean. Este servicio se realizó dentro de dos proyectos; Chuquicamata Subterránea y Nuevo Nivel Mina, específicamente en el área operativa de la construcción, con un enfoque tanto metodológico, estratégico y cultural.

La metodología de este servicio se despliega en tres etapas, más la capacitación constante a los *stakeholders*. En la primera etapa se hace un diagnóstico del estado actual de los procesos, en torno al ciclo minero del desarrollo de túneles, posteriormente se realiza el diseño de las mejoras y finalmente su implementación y evaluación.

Todos los datos que se presentarán a continuación fueron presentados a Codelco en un Informe el 26 de octubre del 2015, y son específicamente del Proyecto Nuevo Nivel Mina (PNNM) y de las actuales obras en interior mina (OIM). (Ver Anexo B para más detalles).

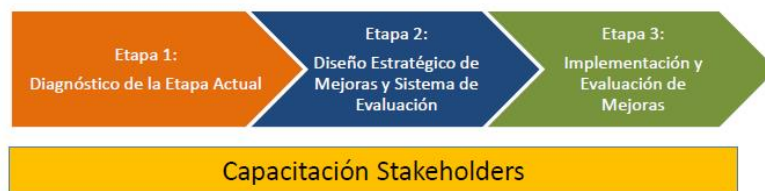


Figura 3.1: Esquema de la Metodología de Trabajo del Servicio Contratado. Fuente: [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

Etapas 1: Diagnóstico

El diagnóstico se realizó entre julio y septiembre del 2015, recopilando datos en terreno de los distintos frentes. Para mostrar la información se utilizaron las herramientas y metodologías del tipo; ciclos de turno, muestreo del trabajo, ciclos de frente y encuesta de detenciones.

De los resultados en general, se destaca que un 52 % del tiempo los trabajadores no están realizando actividades propiamente del ciclo minero, sino que se destina para actividades de traslados, esperas, charlas y otros. Y sólo un 48 % del tiempo de trabajo está disponible para realizar trabajos en la frente.

Al clasificar este tiempo disponible en la frente en los tipos de trabajo que se realizan a través de un muestreo, se obtuvo que sólo un 26 % es utilizado en trabajos productivos, un 32 % en trabajos contributivos y 42 % en trabajos no contributivos, es decir, que no agregan ningún valor.

Etapas 2: Oportunidades de Mejora Determinadas

Luego de analizar el diagnóstico de las actividades se definió en conjunto (Codelco – Consultora) que el enfoque debía estar en aumentar el avance diario del desarrollo de los túneles, aumentando la cantidad de disparos diarios. Por lo tanto todas las medidas de mejora que se proponen e implementan apuntan a este objetivo.

Se identificaron oportunidades de mejora orientadas a dos ejes:

1. Aumentar el tiempo disponible en la frente: con esto se pretende aumentar el tiempo que las cuadrillas están en la frente para ejecutar tareas. Mejorando la información disponible y disminuyendo los tiempos de las actividades al inicio del turno.

2. Aumentar la eficiencia del tiempo disponible en la frente: para que que este tiempo se ocupe de forma eficiente se buscó mejorar los flujos de información, la distribución de materiales (*shotcrete*) y la coordinación de las cuadrillas.

Etapas 3: Iniciativas Implementadas y Beneficios Obtenidos

Se definieron cuatro iniciativas para atacar las oportunidades de mejora planteadas anteriormente. Para cada iniciativa se conformó un grupo multidisciplinario que trabajó durante 4 meses, implementado mejoras y realizando el seguimiento apropiado de las actividades por medio de la herramienta A3.

En el siguiente cuadro se resumen las actividades realizadas y los resultados obtenidos para cada una de estas iniciativas al cierre de esta etapa en febrero del 2016:

Oportunidad	Grupo	Iniciativa	Tareas Realizadas	Diagnóstico (hr)	Meta (hr)	Resultado (hr)
Aumentar Tiempo Disponible en la Frente	1	Coordinación Inicio de Turno	- Estandarización de Charla - Instalación de Pañoles - Instalación de Bodega Epp's en Junta	1,36	0,77	0,8
	2	Mejora Sistema de Transporte	- Nuevo Ingreso/Salida Furgón para Supervisores - Contratación 2 conductores por turno	1,36	1,03	1,2
Aumentar Eficiencia del Tiempo en la Frente	3	Implementación de Last Planner	- Instauración Reuniones Semanales - Instalación Pizarras (Estado frentes, restricciones, CNC, PPC)	4,3	2,1	1,42
	4	Mejora del Suministro de Shotcrete	- Mejora Comunicaciones (áreas de abastecimiento UCL y SNV) - Creación Nuevo Estándar para Solicitud de Shotcrete	1,1	0,5	0,75

Tabla 3.1: Cuadro Resumen de las iniciativas, las actividades realizadas y los resultados comparados al diagnóstico y la meta propuesta. Fuente: Elaboración a partir de la información extraída de [DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2016\)](#).

Además de la disminución de los tiempos que se observa en la tabla anterior, se volvieron a medir las horas disponibles para trabajar en la frente, logrando promediar una hora más, con una disminución de un 4 % en el tiempo dedicado a trabajos que no agregan valor. A pesar de no poder aumentar los tiempos productivos, sí se logró disminuir las pérdidas, lo que da cuenta de un resultado de todas formas beneficioso para el proyecto.

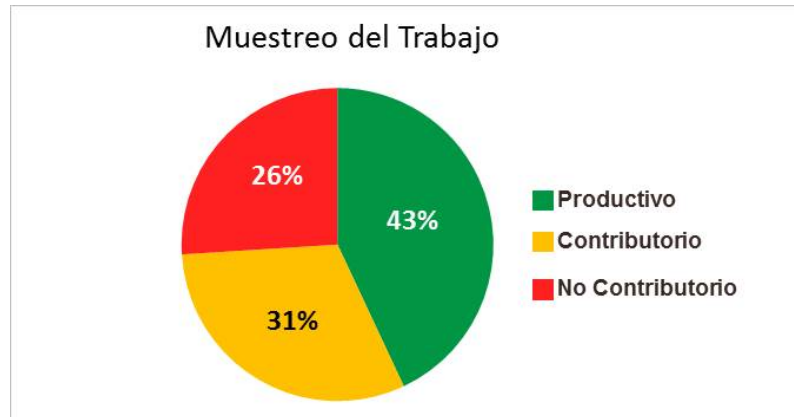


Figura 3.2: Tiempo promedio disponible en la frente después de la implementación de las iniciativas. Fuente: [DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2016\)](#)

Sumado a estos resultados, en el proyecto se pudo observar que el promedio de disparos diarios (avances) realizado a la fecha del diagnóstico (julio 2015) eran de 5 unidades, y el promedio obtenido en mayo del 2016 fue de 7 disparos. Es difícil atribuirle este aumento en los avances diarios solamente a las mejoras implementadas por este Servicio, ya que además cambiaron otros factores complementarios en las obras, pero sin duda iniciativas como la aplicación de *Last Planner* que buscan aumentar la confiabilidad de la planificación, contribuyeron fuertemente a estos beneficios [DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2016\)](#).

Etapas 4: Capacitaciones

De forma paralela se capacitó tanto a personal de Codelco VP como de la empresa contratista a cargo de las obras. Las capacitaciones se realizaron en todos los niveles de la organización; estratégico, táctico y operacional². Esto para lograr acoplar los conocimientos sobre la filosofía *Lean*, sus metodologías y herramientas, y además ayudar a fomentar el liderazgo y la mejora continua.

²Estratégico: supervisión gerencial y de administración del contrato. Táctico: supervisión a nivel de jefatura de las áreas multidisciplinarias. Operacional: supervisión en terreno.

3.1.2. Encuesta a los Participantes del Servicio

Luego de haber implementado este piloto surge la necesidad de conocer la opinión de las personas que participaron en las diferentes iniciativas y saber, desde sus propias percepciones y según sus labores diarias, si están de acuerdo con todo lo realizado y si se experimentaron beneficios o no. Además a través de preguntas abiertas se busca identificar potenciales mejoras y brechas que no se hayan detectado durante el Servicio.

El total de las personas involucradas en los grupos de iniciativas fueron 28, entre ambas empresas, mandante y contratista. En su gran mayoría los participantes son de un nivel jerárquico de supervisión y tienen sus lugares de trabajo en terreno (interior mina), por tanto la recolección de los datos se realizó de forma presencial a través de un cuestionario impreso entregado en sus lugares de trabajo (*ver anexo C.1*). Se eligió este método porque tiene las ventajas de ser anónimo, fácil de responder y recolectarse con mayor rapidez.

Finalmente se obtuvo respuesta de 20 participantes³, correspondiente a un 87 %, de los cuales un 90 % son de género masculino y un 10 % femenino, con una edad promedio de 47 años y una experiencia en el rubro minero de 17 años en promedio.

El cuestionario se dividió en 2 partes, la primera contaba con afirmaciones referentes a cada una de las variables definidas, y las respuestas eran en base a una escala de Likert con 5 niveles. La segunda contaba con 2 preguntas abiertas referentes a las barreras que podrían impedir estas mejoras y medidas que según su opinión podrían mejorar la productividad.

Cabe señalar además que los resultados que se presentan a continuación aplican sólo a esta muestra en particular, en tiempo y lugar, no son extrapolables ni generalizables a otros grupos.

³Debido al término del contrato que se encontraba vigente en febrero, 5 participantes no respondieron la encuesta, porque ya no se encontraban en las obras, específicamente las personas vinculadas al contrato de Melon.

Parte 1.

En esta primera parte se dividió en las siguientes categorías, con sus respectivas variables cada una:

Categoría	Variables
I. Contexto	Productividad Autonomía
II. Servicio de Mejora	Conocimiento previo filosofía Aplicabilidad Metodología
a. Diagnóstico	Representación datos Recolección datos Comunicación diagnóstico
b. Capacitaciones y/o Talleres	Conocimiento previo filosofía Conocimiento adquirido Aplicabilidad Metodología Mejora Continua
c. Diseño e Implementación Mejoras	Identificación y liberación de restricciones Relación mandante-contratista Liderazgo
d. Evaluación y Seguimiento	Representación variables Seguimiento variables Beneficios
III. Desempeño Personal y Grupal	Participación personal Participación grupal Trabajo en equipo Compromiso Comunicación y difusión
IV. Conclusiones	Motivación Mejora Continua Autonomía Relación mandante-contratista

Tabla 3.2: Variables que fueron medidas con el cuestionario, según cada categoría. Fuente: Elaboración Propia.

Dentro del análisis de los resultados en general todos respondieron de forma muy positiva, existiendo casi una nula diferencia entre las apreciaciones de los contratistas versus el mandante.

Del análisis los resultados más relevantes para este trabajo son los siguientes:

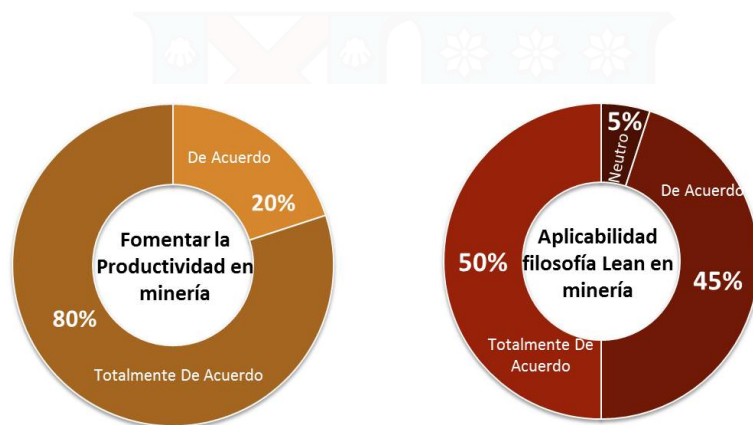


Figura 3.3: Resultados obtenidos de la encuesta. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las encuestas.

En términos generales, el 100 % de los participantes están de acuerdo en que se debe fomentar las mejoras a la productividad y a un 95 % les hace sentido que sea basándose en la filosofía Lean.

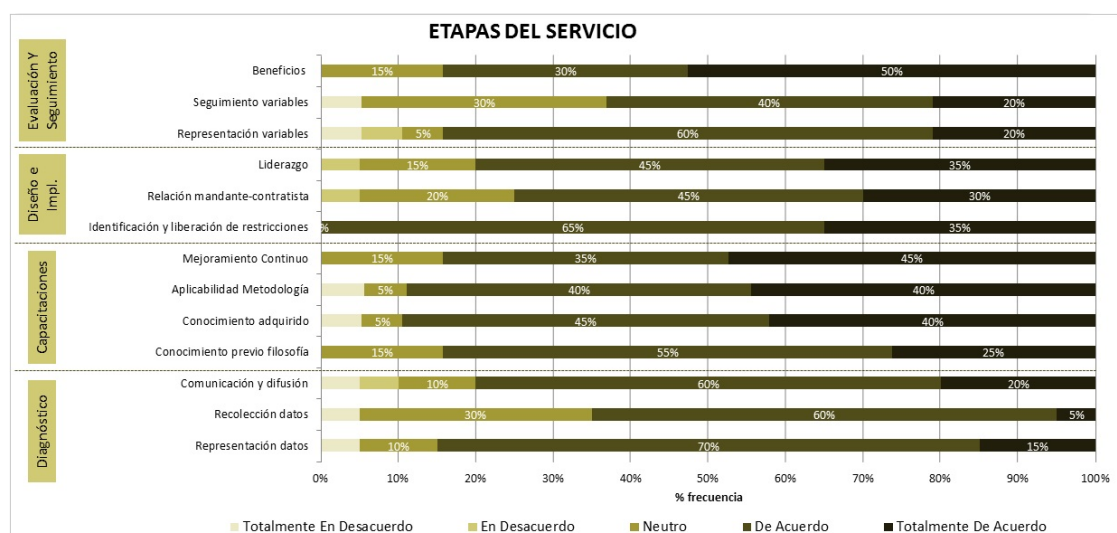


Figura 3.4: Resultados obtenidos de la encuesta para cada una de las variables por etapas del Servicio. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las encuestas.

Luego al evaluar las etapas del Servicio, se destaca que la recopilación y representatividad de los datos que se obtuvieron en el diagnóstico les hizo sentido a un 65 % y 85 % respectivamente. En el caso de las capacitaciones, un 85 % aprendió conceptos nuevos y un 80 % está de acuerdo que estos conceptos son aplicables en sus trabajos. El hecho de que la filosofía que se busca utilizar como base les haga sentido a los trabajadores que finalmente serán quienes la implementen en terreno es sumamente importante. Esto se complementa con una disposición del 80 % a seguir mejorando y aprendiendo a través de nuevas capacitaciones, ya que además se sienten capaces de identificar las falencias en los procesos y generar planes para liberarlas.

Y finalmente, con un 80 % de acuerdo, los participantes percibieron beneficios generados por las mejoras implementadas, lo que también es muy relevante ya que esto motiva a los trabajadores para seguir mejorando ya que si se pueden observar beneficios de estos esfuerzos.

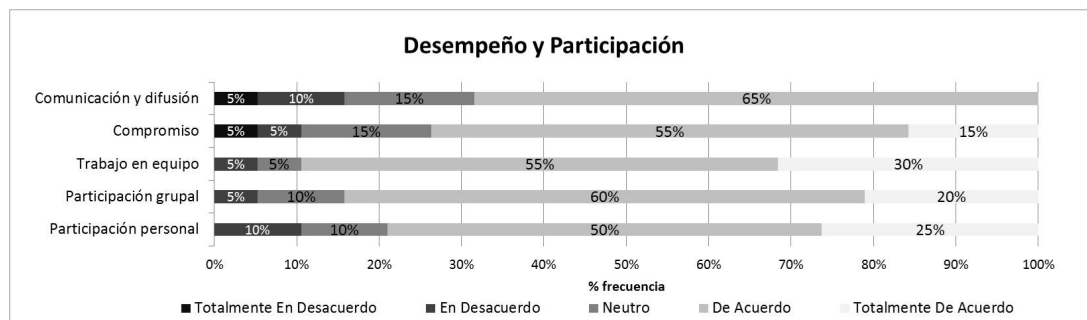


Figura 3.5: Resultados obtenidos sobre el desempeño y participación de los involucrados. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las encuestas.

Adicionalmente del desempeño y participación evaluado por ellos mismos, se valora el trabajo en equipo por los grupos de cada iniciativa y la participación grupal con un 80 %.

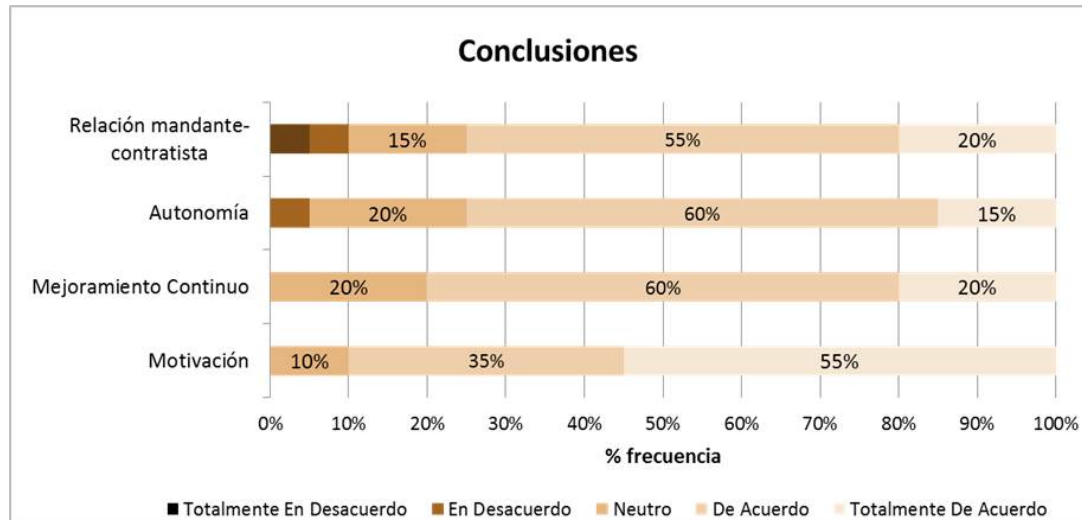


Figura 3.6: Resultados obtenidos de la encuesta para las variables concluyentes. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las encuestas.

Para continuar con cualquier tipo de mejora a la productividad es necesario contar con una actitud de mejora continua y el compromiso por parte de los involucrados, además de lograr un aprendizaje de todas las iniciativas y herramientas que se han aplicado, para contar con mayor autonomía y compromiso ante iniciativas que mejoren la productividad en el Proyecto o en la Vicepresidencia. Con esta encuesta se buscó dar respuesta a estas interrogantes, conocer si los participantes están dispuestos y se sienten preparados para continuar con estas mejoras sin el apoyo de externos.

Según la percepción general rescatada, con un 82 % de acuerdo, los participantes creen que están preparados para continuar con iniciativas de mejora de forma autónoma, y un 90 % tiene la disposición de participar nuevamente en este tipo de iniciativas. Estos resultados dan el elemento de impulso para continuar y no perder la práctica con la filosofía.

Parte 2.

Según las respuestas obtenidas se clasificaron en diferentes parámetros, para poder obtener un análisis más general y recopilar los temas que realmente se puedan abordar con este tipo de mejoras.

Dentro de las medidas propuestas las más relevantes fueron:

- Planificación: se repitió en un 20 % de los participantes, y las sugerencias van desde

mantener la implementación de Last Planner para las planificaciones diarias, hasta llevar un control más eficiente de la planificación.

- **Comunicación:** mencionada en un 10 % de las respuestas, hace referencia al flujo de información entre Codelco y con el contratista, mejorando la canalización de ésta información.

- **Ingeniería:** mencionada también en un 10 % de las respuestas, se propone mejorar las definiciones de ingeniería, y a incorporar controles de este tipo para la extracción de marina.

En el caso de las barreras, según la opinión de los encuestados las más frecuentes fueron:

- **Personas:** aquí hablan de la resistencia de los trabajadores a los cambios, cultura, motivación y mejor gestión por parte de los líderes. Estos conceptos se repitieron en un 25 % de las respuestas.

- **Planificación:** también mencionada como barrera la mala planificación.

Con menos frecuencia en las respuestas, pero que también fueron mencionados y son relevantes para este trabajo son (*Ver anexo C.2 con el detalle de todos los resultados*):

- **Organización:** hace referencia a la burocracia dentro de la organización.

- **Conocimiento metodología:** da cuenta de una falta de conocimiento de la metodología por parte de la supervisión.

De forma concluyente, esta encuesta ha permitido conocer la favorable disposición que tienen los trabajadores, que ya han participado en intervenciones de productividad, en participar nuevamente de éstas y hacerse cargo de forma particular de seguir con esta mejora continua. Además de exponer los factores que según su criterio hacen falta mejorar en el proyecto.

3.1.3. Reconocimiento de las Oportunidades de Mejora del Proyecto

Según un cálculo realizado por la Gerencia de Construcción funcional de la VP, se estima que el proyecto Nuevo Nivel Mina tenga un 44 % de desviaciones en el desempeño de costos, y un 27 % de desviación en el cumplimiento de los plazos⁴, ambas cifras superiores a la industria y al desempeño en general de la VP en los megaproyectos.

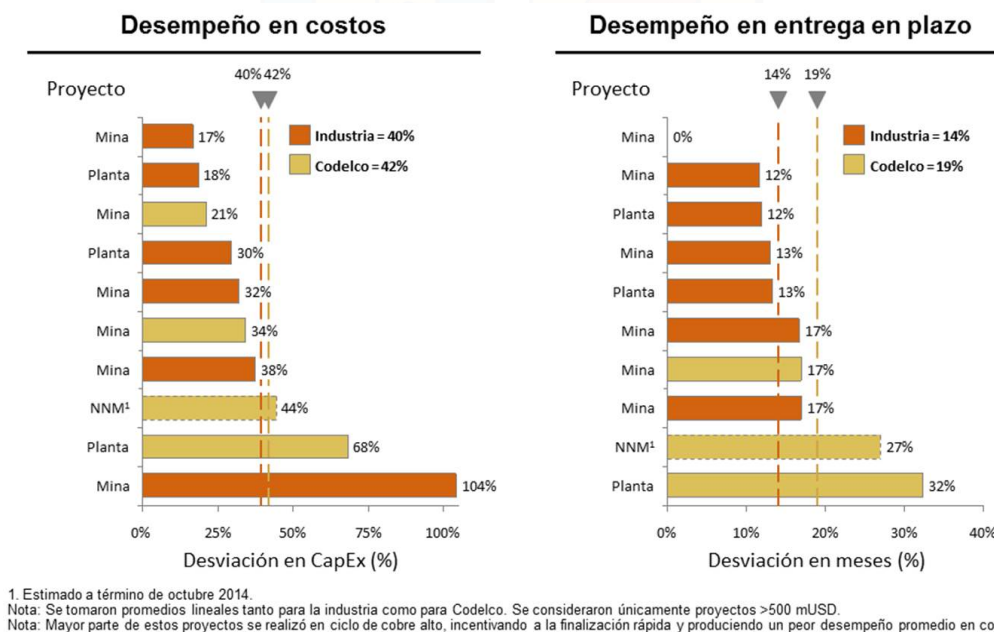


Figura 3.7: Desempeño de la Vicepresidencia de Proyectos en megaproyectos en comparación a la industria. Fuente: Análisis realizado por la Gerencia de Construcción VP Codelco en enero del 2015.

Además, y considerando que el gran cliente del proyecto es la División El Teniente, quién requiere de su desempeño óptimo en plazos y calidad para poder continuar con el nivel de producción que mantiene hasta el momento. Todo esto alienta a pensar que aún hay mucho que hacer para mejorar el desempeño global, y a seguir implementando iniciativas basadas en una filosofía de mejora continua como Lean, y que induce a eliminar los desperdicios y perseguir la perfección para entregar el máximo valor al cliente.

Dentro de la etapa inversional que vive el proyecto actualmente, los procesos más importantes que está llevando a cabo son; la gestión de ejecución de la construcción, en

⁴Cifras se encuentra en un nuevo análisis debido a los cambios que ha enfrentado el proyecto desde el 2015.

específico la administración de ésta, la ejecución del diseño de la ingeniería y el control de cambios, riesgos, costos y programa, entre otros.

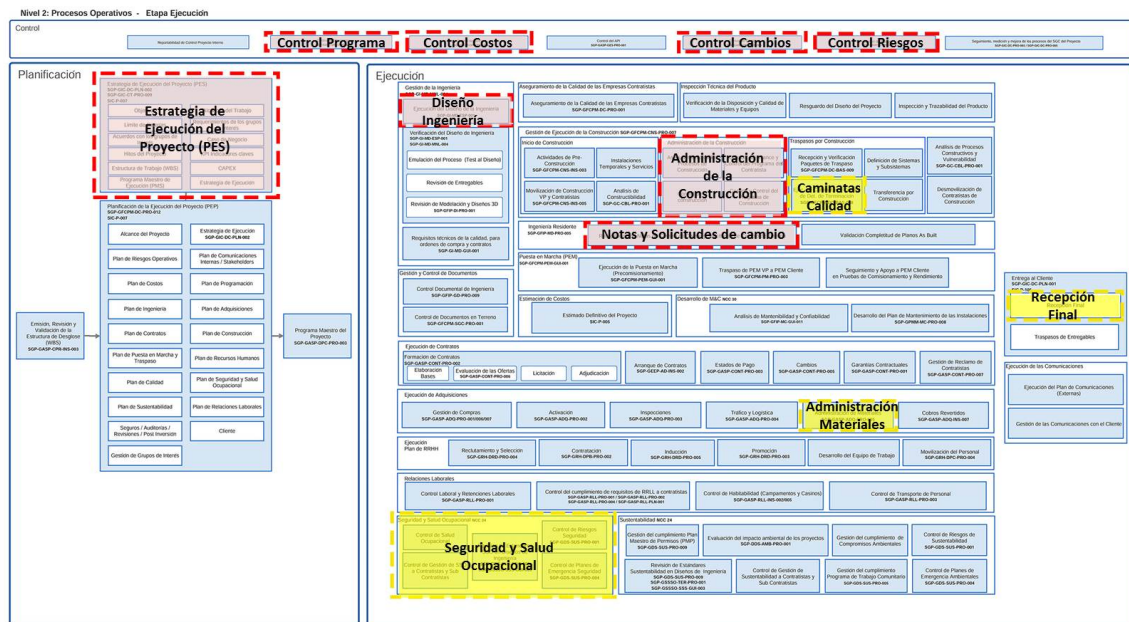


Figura 3.8: Mapa de los procesos para la etapa de ejecución. Se indican con rojo (críticos) y amarillo (no tan críticos) los procesos que actualmente están vigentes en el PNNM. Fuente: Mapa de procesos nivel 2 desarrollado por el área de Calidad de la VP, con un análisis propio.

Complementario, también se están realizando desarrollos en el diseño de ingenierías que se encuentran en una etapa de pre-factibilidad.

En el caso de construcción fue posible obtener una base de la situación en las obras interior mina, a partir del servicio piloto y confirmar que es posible mejorar los tiempos productivos de los contratistas y que aún existen brechas que se pueden atacar. Los temas que aquí fueron abordados y que afectan la actualidad de las obras, también pueden afectar en los futuros desarrollos de túneles que tendrá el proyecto, por lo que es necesario considerarlos en las propuestas futuras de productividad.

Para ingeniería, y como se menciona en los resultados de la encuesta, se requiere mejorar las definiciones de las ingenierías debido a los constantes cambios que se han generado en el proyecto. Además según un diagnóstico presentado en abril del 2015, por la consultora The Boston Consulting Group, los procesos de ingeniería tienen una planificación inefectiva, subestimando plazos de entrega y esfuerzos requeridos. Los atrasos que conlleva subestimar los plazos pueden impactar el avance de los procesos constructivos,

por lo que se requiere mejorar la planificación y control de ingeniería.

A partir del mismo diagnóstico realizado en abril del 2015, se identificó que existe una baja retención y apalancamiento del conocimiento generado en la VP, debido a la rotación y un sistema de gestión del conocimiento poco eficiente.

Luego de identificar las oportunidades que tiene el proyecto para mejorar, y los factores que según los encuestados se deben abordar de forma de facilitar las mejoras a la productividad, es necesario plantearse como se va a realizar.

3.2. Propuesta: Modelo de Gestión de Productividad

En este proceso se identificó la necesidad de gestionar la productividad del proyecto completo, es decir, de todas las áreas de la organización. Para esto es necesario definir una base que permita sustentar estas prácticas, ya que actualmente el proyecto ni la VP cuentan con algún sistema, o procedimiento establecido para gestionar la productividad, por lo tanto todas las mejoras que se realizan en torno a la productividad del proyecto o de un proceso en particular son consideradas como complementarias a las tareas diarias, y no como algo esencial que debe estar inmerso siempre en todas las actividades.

Por lo anterior, se decide proponer un modelo de gestión que entregue un orden y un sentido global, y que permita abordar las diferentes brechas que se vayan identificando en el tiempo, utilizando como base la filosofía Lean y sus herramientas.

En la literatura no existe una estrategia definida o un método comprobado para implementar Lean en la totalidad de la organización, pero sí se pueden obtener, según algunos artículos, los aspectos que se deben considerar para facilitar el camino al éxito. Para realizar la propuesta es necesario reconocer estos factores para tenerlos en cuenta en el proceso de la implementación, así según una agrupación realizada para resumir los artículos descritos en la sección [2.2.7](#) los factores a considerar son:

Artículo	Compromiso	Comunicación	Planificación/Coordinación	Seguimiento y Medición	Metas Definidas	Formación	Roles y Responsabilidades	Liderazgo
Scherrer-Rathje et al. (2009)	✓	✓	×	✓	✓	×	×	×
Sánchez et al. (2012)	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓
Cano y Rivera (2015)	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	×

Tabla 3.3: Resumen de los factores considerados o no, por los artículos descritos en la sección 2.2.7. Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Definición del Modelo para la Gestión de la Productividad

Al definir el modelo se consideró importante mantener siempre como input los lineamientos estratégicos de la Corporación y los objetivos y estrategias del proyecto, ya que servirán como eje de ruta para la toma de decisiones; con respecto a los recursos disponibles, los temas relevantes a ser abordados y las condiciones existentes para la implementación.

Considerando los factores descritos en la sección anterior, y siguiendo la representación del sistema de Toyota ilustrado en la figura 2.4, que puntualiza elementos claves a tener en cuenta en la gestión de la productividad, y por lo tanto en la construcción de esta propuesta, se definieron tres ejes base: (i) la cultura y el desarrollo de las personas que son el eje conductor de cualquier sistema, (ii) los procesos operativos, que consideran todas las áreas, como construcción, calidad, ingeniería, entre otros en las diferentes etapas del proyecto⁵, y que finalmente son donde se realizarán las acciones correctivas, y (iii) los mecanismos de gestión que permiten establecer el control, las relaciones, los principios y objetivos específicos dentro de este gran sistema, basándose en la filosofía Lean y sus herramientas.

⁵Etapas de Pre-Factibilidad, Factibilidad y Ejecución Inversional.



Figura 3.9: Propuesta modelo de gestión para la productividad del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

La relación entre estos ejes se considera de forma recíproca, es decir, las mejoras realizadas en los procesos operativos nacerá a partir del impulso de las personas, siguiendo con la estandarización y registro por parte del sistema de gestión, quien también controlará el desempeño de los trabajadores al implementar dichas mejoras.

Además, cada eje debe llevarse a cabo mediante la lógica de la mejora continua del proyecto, eliminando todo aquello que no agregue ningún valor por medio de la intervención o la implementación de iniciativas a los procesos productivos, y a través de las distintas herramientas que se extienden de la filosofía Lean. Como consecuencia de estas mejoras, la mentalidad y conducta de los trabajadores debe ir cambiando hacia la excelencia, es decir, que se sigan involucrando en mejorar los procesos, mejorando el trabajo en equipo, la comunicación, el liderazgo y la motivación de siempre seguir buscando la perfección, completando de ésta forma dicho círculo virtuoso.

Derivando todo esto en el objetivo final, que es lograr un desempeño más eficiente en costos, plazos y calidad con un alto nivel para el cliente⁶, y que finalmente está dentro de

⁶Se considera como el cliente de la VP a la Corporación en sí y cada una de sus Divisiones. Para el caso del PNNM el cliente final es la División El Teniente, son ellos quienes recibirán el desarrollo de las obras para comenzar con la explotación y producción.

los objetivos de la VP, que es capturar la promesa ofrecida de los proyectos privilegiando estos aspectos con un alto estándar.

Este desempeño más eficiente también se puede medir en cada una de las áreas como el cumplimiento efectivo de las planificaciones, el cumplimiento del presupuesto, los disparos/día o los metro/mes de los avances constructivos, entre otros.

Los ejes principales se describen a continuación:

- I **Procesos Operativos:** el foco debe estar en fortalecer la eficiencia de los procesos, la planificación, comunicación e involucramiento de los entes responsables, a través del análisis de los procesos y la generación de iniciativas complementarias, siempre orientados a cumplir de forma óptima en términos de plazos, costos y calidad.
- II **Desarrollo de las personas:** es necesario potenciar las capacidades y habilidades blandas de los trabajadores, de modo de mejorar la actitud con la que enfrenten los cambios y contribuyan a ellos, fomentando siempre la motivación, compromiso, liderazgo y comunicación dentro de la organización. Este eje es clave dentro del modelo, ya que se debe instalar de forma sostenible en las personas este cambio de mentalidad hacia la mejora continua, para que así toda la organización se oriente a seguir con este desarrollo.
- III **Sistema de Gestión:** este sistema es el facilitador de las actividades que tengan que ver con la coordinación, registro, seguimiento y control de todo lo que se llegue a instaurar en el proyecto para gestionar la productividad.

Dentro del contexto actual y como se ha mencionado, Codelco está instaurando la mejora de la productividad en todas sus divisiones, donde se busca la excelencia operacional de los procesos a través de la filosofía Lean. A consideración de esto, la propuesta se enmarca dentro de los lineamientos que maneja la Corporación en el corto y mediano plazo. De esta misma forma, el proyecto está en una etapa de validación de su constructibilidad⁷, por tanto generar buenas prácticas en la construcción es uno de sus focos en el corto plazo,

⁷En proceso de validar obras de construcción estratégica para la ventilación y los accesos del Nuevo Nivel Mina.

como cumplir con un óptimo desempeño en plazos y costos de los contratos actuales y futuros.

Se debe reparar que dentro de las consideraciones del modelo, el líder y facilitador de la gestión de la productividad será el área de Planificación Estratégica (PE) del proyecto, debido a su rol transversal dentro de la organización, alcance y objetivos (*ver anexo D para detalles del área*), además de la experiencia previa en productividad que tienen las personas que aquí se desempeñan. Esto determina la importancia que ésta área tiene para el desarrollo e implementación del modelo.

3.2.2. Formulación de la Implementación del Modelo

Luego de tener claro el modelo, fue necesario definir los ámbitos de acción para bajar esto hacia una implementación concreta dentro del proyecto, y en particular la etapa y los procesos que se encuentra desarrollando actualmente.

Apuntando a que todos los procesos y personas repliquen una lógica de mejora continua basada en la filosofía Lean y sus herramientas, se definieron en total nueve ámbitos de acción bajo el alero de los ejes principales del modelo, distribuidos como se muestra en la siguiente figura:



Figura 3.10: Ámbitos de acción por cada eje. Fuente: Elaboración propia.

Con la definición de estos mecanismos de acción se busca abordar, en la medida de lo posible dentro del proyecto, los principios de la filosofía Lean y los factores de éxito identificados en la sección 2.2.7 y resumidos en la tabla 3.3.

Ámbitos	Compromiso	Comunicación	Planificación/Coordinación	Seguimiento y Medición	Metas Definidas	Formación	Roles y Responsabilidades	Liderazgo
Análisis de procesos críticos		✓	✓	✓	✓	✓		
Generación iniciativas complementarias		✓	✓	✓	✓	✓		
Reuniones Efectivas	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Capacitaciones			✓			✓		
Líderes de Productividad	✓	✓	✓	✓			✓	✓
Reconocimiento buenas prácticas	✓	✓						
Comité Productividad	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Sistema Gestión de Desempeño (SGD)	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
Estandarización y Report.		✓	✓		✓	✓		

Tabla 3.4: Factores de éxito que se busca abordar con cada uno de los ámbitos definidos. Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, para el eje de Procesos Operativos, se consideró clave mejorar la planificación y coordinación de los equipos de trabajo mediante reuniones efectivas, así como mejorar los procesos a través de su análisis e identificación de pérdidas, y complementando mediante la estandarización de iniciativas que apuntan a buscar mejoras en las actividades complementarias que aportan a los procesos.

En cuanto al Desarrollo de las Personas, como se identificó anteriormente es necesario que la organización, como Proyecto o Corporación, se haga cargo de la formación de los empleados en la filosofía Lean con capacitaciones y talleres para fortalecer sus conocimientos y habilidades. También se considera incentivar el compromiso y participación con la definición de nuevos roles y una distinción hacia las mejores prácticas.

Finalmente, bajo el alero del Sistema de Gestión, se propone implementar un Comité que fortalezca el rol específico en la organización e instaure el proceso de mejora de

productividad en todas las áreas del proyecto, además de llevar la administración del modelo con metas definidas y un seguimiento adecuado, buscando con esto el compromiso y participación activa de la alta dirección del proyecto. Apoyando esta administración, se pretende también incluir las metas de la gestión de productividad en el Sistema de Gestión de Desempeño de la Corporación, facilitando de esta forma el control y aumentando el compromiso de todos los involucrados. Y finalmente aprovechar todas las mejoras obtenidas con la definición de estándares y mecanismos de reportabilidad, como la gestión de lecciones aprendidas.

Ejecución de los Ámbitos de Acción

A continuación se describen las características de cada uno de los ámbitos de acción señalados en la figura 3.10:

1. **Análisis de procesos críticos:** hace referencia al mapeo de los flujos de valor, es decir, realizar un paso a paso de las tareas que se realizan en los procesos productivos críticos que tienen las áreas del proyecto, de modo de identificar aquellas que no agregan valor y eliminarlas o minimizarlas. Esto permitirá evolucionar a procesos más eficientes y a personas más involucradas en ellos.
 - Objetivos: el objetivo principal de esto es identificar aquellas actividades que no agregan valor para el resultado final, de modo de poder minimizarlas o eliminarlas.
 - Personal clave: personal implicado en las actividades a mapear, líder de productividad del área correspondiente, y apoyo del área de Planificación Estratégica (PE) con conocimientos en herramienta Value Stream Mapping. Además de contar con el área de Calidad (procesos) como asesor.
 - Herramienta Lean: Value Stream Mapping (VSM).
 - KPI: tiempos del proceso productivo antes y después de la intervención.
 - Metodología: realizar como mínimo 4 talleres o sesiones de trabajo de 2 horas cada una.

- Sesión 1 y 2: taller con el personal clave donde se explica brevemente la finalidad del taller, los conceptos y herramientas a utilizar y se levanta la información del estado actual de las actividades paso a paso.
- Sesión 3: taller para definir como sería el proceso idealmente, tomando compromisos que sean factibles para mejorar el estado actual de las actividades.
- Sesión 4: mapear el proceso ideal que se quiere llegar en un futuro y realiza un seguimiento a los compromisos definidos en la sesión anterior.

Controlar el tiempo de las actividades para identificar si se logró mejorar, si no fue así entonces se debe volver a tomar las medidas, además de nuevos compromisos para mejorar en sesiones adicionales.

2. **Generación de Iniciativas Complementarias:** hace referencia a la creación en general de iniciativas para mejorar distintas actividades complementarias a los procesos productivos, como el transporte del personal o las actividades de inicio del turno en el caso de la construcción. Para esto, se definieron los pasos a seguir de una forma estandarizada para cualquier actividad y área.

- Objetivos: estandarizar la implementación, control y seguimiento de cualquier iniciativa en general hacia las actividades complementarias.
- Personal clave: personal implicado del área, con apoyo metodológico inicial de Planificación Estratégica (PE).
- Herramienta Lean: Reporte A3.
- KPI: a definir según el tipo de iniciativa y el área.
- Metodología: cualquiera sea la mejora que se desee realizar ésta debe partir de un diagnóstico de la situación actual y luego un análisis sobre lo que tiene mayor potencial para ser mejorado. A partir de esto se pueden definir grupos de trabajo por cada compromiso o medida que decida accionar, de manera que se cree un plan de trabajo continuo a ser controlado con responsables y metas definidas. En este ámbito también se deben definir sesiones de trabajo periódicas que tengan la finalidad de comunicar el diagnóstico para que todos los participantes

estén informados, tomar acuerdos para la definición de los grupos de trabajo y las medidas a implementar, comunicar los avances a partir del seguimiento y control de lo planificado las veces que sean necesarias y finalmente decidir el cierre de la iniciativa y los siguientes pasos. En la siguiente figura se especifica con mayor detalle este proceso:

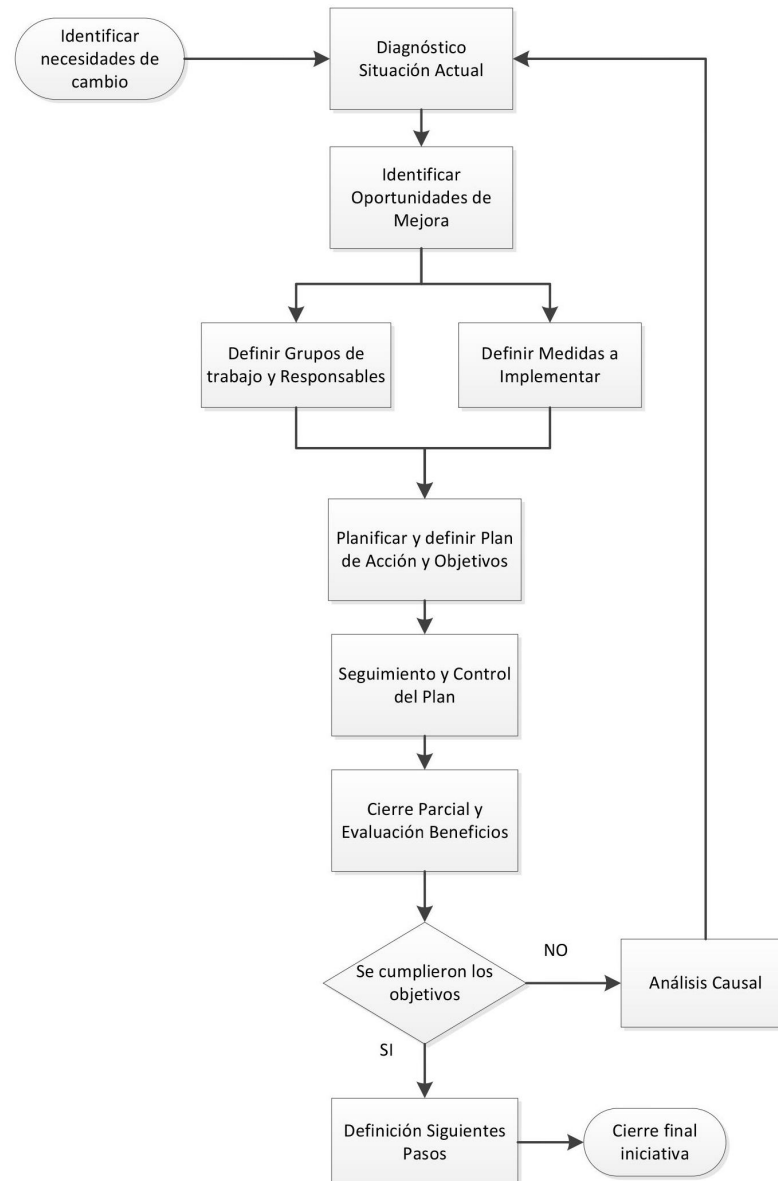


Figura 3.11: Diagrama de flujo del proceso de implementación de iniciativas. Fuente: Elaboración propia.

3. **Reuniones Efectivas:** las reuniones son una importante actividad que se desarrolla en todas las organizaciones y sus respectivas áreas, con el fin de resolver problemas y tomar decisiones respecto a ellos. En general las reuniones duran mucho tiempo y no generan las gestiones que efectivamente se requieren para resolver problemas o alcanzar las metas. Según un diagnóstico realizado a la VP el año 2015 por la consultora The Boston Consulting Group, se identificó que no se utilizan herramientas que faciliten la gestión diaria y permitan anticipar problemas, ni reuniones de gestión que incorporen sistemáticamente información actualizada del avance del proyecto. Es por esto que con la implementación de reuniones estandarizadas dentro de las áreas de trabajo del proyecto se pretende:

- Eliminar el comportamiento en “silo” que caracteriza a la organización, mejorando la comunicación y coordinación de los equipos.
- Enfocar la reunión de manera ejecutiva, hacia las excepciones y actividades críticas (semáforos en rojo), disminuyendo la duración de la reunión.
- Alinear las prioridades al programa y comunicarlas oportunamente.
- Mejorar la efectividad y rapidez en la toma de decisiones gracias a la información gráfica y visible.

- **Objetivos:** aumentar la eficiencia de los equipos de trabajo, a cualquier nivel de la organización, facilitando la comunicación y la toma de decisiones mediante reuniones estandarizadas con información visible y una rutina dinámica (la reunión se realiza de pie con información gráfica en la sala). Esto también permitirá llevar un mejor control y seguimiento a las metas, mejorando su cumplimiento.
- **Personal clave:** líder del equipo de trabajo (jefe, director o gerente según sea el caso), personal del área de programación y control (PyC) relacionado al equipo y personal considerado relevante a asistir. Apoyo metodológico por parte de PE.
- **Herramienta Lean:** Obeya Room.
- **KPI:** aumento en los indicadores de performance utilizados en la reunión y

cumplimiento de la rutina diseñada.

- **Metodología:** la implementación de reuniones efectivas se llevará a cabo por medio de 3 etapas; diagnóstico de las reuniones actuales, o bien la oportunidad de instaurar una reunión de equipo si no la hay, seguido del diseño de la reunión y como última etapa la implementación de ésta. Se estima que la duración total del acompañamiento por parte de PE, será de 3 meses, desde el diagnóstico hasta una evaluación final para dejar al equipo que continúen por su lado.

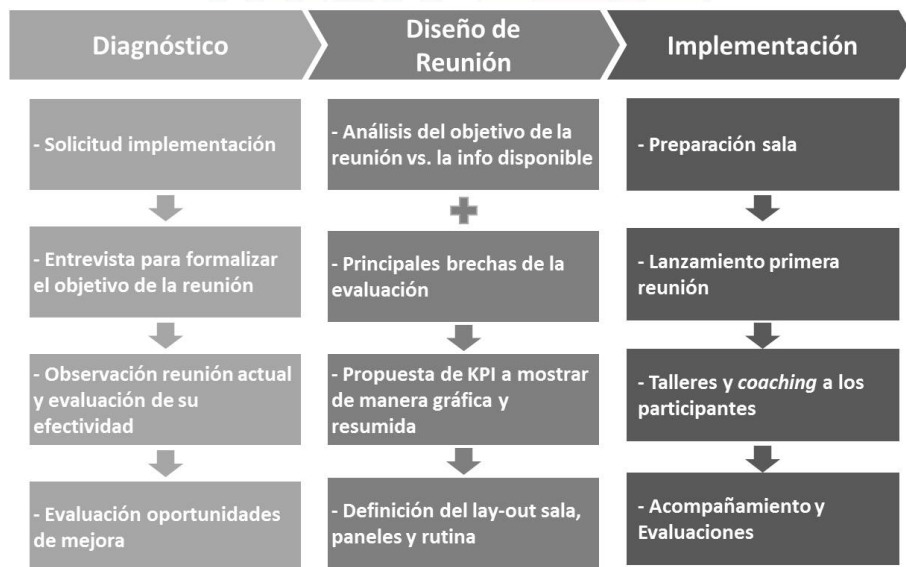


Figura 3.12: Etapas de implementación reuniones Obeya. Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada a Codelco por The Boston Consulting Group.

En la primera etapa de diagnóstico se realiza una solicitud por parte del área que quiera implementar reuniones tipo Obeya, o bien como una propuesta de Planificación Estratégica (PE). Paso siguiente es conocer o entregar los objetivos de la reunión, junto con los participantes, para que luego el área de PE pueda realizar una evaluación de la reunión actual (*ver pauta de evaluación en anexo E.1*) y una identificación de las oportunidades de mejora existentes.

En la segunda etapa PE procede a realizar una propuesta de la nueva reunión a partir del análisis de la información y las brechas identificadas. Con esta información se definen indicadores relevantes a ser mostrados de manera gráfica

en distintos paneles instalados en la sala. Se termina esta etapa con la propuesta del layout de los paneles, los indicadores, roles y la rutina (*ver ejemplo del despliegue de indicadores y rutina, en anexos E.1 y E.1 respectivamente*). Cabe señalar que es importante trabajar los indicadores a mostrar con cada uno de sus responsables, de manera que ellos los comprendan a cabalidad para que puedan explicarlos y que les haga sentido para mejorar su gestión.

Como tercera etapa y final, por parte del acompañamiento de PE, es la implementación de la reunión. Esta etapa comprende desde la preparación de la sala y el lanzamiento de la primera reunión, hasta talleres y *coaching* a los participantes para mejorar actitudes y conductas en pos de la reunión. Es clave que los profesionales que tengas roles definidos, como el moderador y el líder, sepan cómo deben comportarse y sean un ejemplo de conducta.

Esta etapa termina con una evaluación final del progreso en los tiempos, conductas y performance de los indicadores (*ver pauta de evaluación en anexo E.1*), dando término al acompañamiento por parte de PE, pero manteniendo la reunión ahora en completa responsabilidad de los participantes.

Dado que esta implementación en particular es una de las más innovadoras dentro de la propuesta, debido a los cambios culturales más abruptos que tiene, al ser una reunión que se realiza de pie y con información impresa, puede requerir mayores cambios y mayor apoyo por parte de PE, así como también de considerar una implementación más flexible que se adapte a los requerimientos de la situación.

4. **Capacitaciones:** en la actualidad la filosofía Lean como tal, es una forma más innovadora de gestionar, por tanto aunque el personal del proyecto tenga un perfil profesional no es su obligación tener conocimientos en ella. Por esto la organización debe entregarles la formación necesaria para que puedan implementarla en sus labores, además de potenciar las habilidades blandas para lograr el cambio de conducta necesario. Esto se debe realizar mediante diferentes sesiones de capacitación contratadas por una empresa especialista.

- Objetivo: potenciar las habilidades del personal y entregarles el conocimiento y las herramientas necesarias que contempla la filosofía Lean.
- Personal clave: en lo ideal es toda la organización, pero la prioridad deben ser los nombrados líderes de productividad.
- KPI: la realización de las capacitaciones debe ser periódica, según sea la designación de los líderes y la realización de mejoras en las distintas áreas, para que así el personal cuente al menos con un conocimiento de la filosofía.
- Metodología: las capacitaciones serán realizadas mediante el servicio de una empresa externa, que sea competente académicamente en capacitaciones sobre la filosofía Lean y sus herramientas.

Se estima que la realización de las capacitaciones será bajo el nuevo servicio de productividad que contratará la VP para la cartera de proyectos por los próximos 24 meses, y que actualmente se encuentra en etapa de licitación. Dentro de la metodología de este servicio se considera la creación de una Academia Lean para el desarrollo de las personas y los equipos de trabajo.

De ser necesario contratar los servicios de otra empresa, ésta será seleccionada por el comité de productividad del proyecto (explicado más adelante).

Se recomienda que los tópicos a tratar en las capacitaciones sean:

- Introducción a la filosofía Lean.
- Lean Construction.
- Herramientas Lean, como VSM, A3, Obeya Room y Last Planner.
- Talleres para reforzar las habilidades blandas de las personas como el liderazgo, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo, entre otros.

5. Líderes de Productividad: el área de Planificación Estratégica es quien se hace cargo de los temas que atañen a la productividad del proyecto, por tanto es el ente facilitador, prestando su acompañamiento en el inicio de nuevas prácticas y un apoyo metodológico en cuanto a la filosofía. Sin embargo, ésta área no es capaz de desplegar éstas mejoras en todo el proyecto, por esto es imprescindible crear encargados de

productividad en las demás áreas que ayuden a potenciar estos cambios de forma colaborativa.

La definición de este rol corresponde a profesionales del proyecto, cualquiera sea su nivel jerárquico, que presenten ciertas características y capacidades y que ayudarán a impulsar la gestión de la productividad además de seguir desempeñando sus actividades actuales. Estos líderes serán los encargados de llevar la gestión de la productividad en términos de “mini proyectos” en sus respectivas áreas, siguiendo los principios de eliminación de pérdidas y mejora continua, de manera de ir sumando a sus compañeros a esta filosofía y nueva forma de gestionar. Para ésto, los mencionado líderes antes de comenzar a desempeñar este rol, deben ser capacitados en los temas respectivos.

- Objetivos: crear un equipo transversal de mejoras a la productividad del proyecto, con personal facultado en las diferentes áreas para impulsar los procesos de mejora.
- Personal clave: en cuanto al rol gestor y facilitador; es el Comité de productividad junto al área de Recursos Humanos (RRHH) quienes deberán escoger a las personas que ejercen un papel influyente y sólido para gestionar la productividad dentro de sus equipos de trabajo. Primordialmente el personal a ser escogido como líderes debiesen ser de áreas transversales en la organización, como Programación y Control y Calidad, pero como ya se mencionó esto dependerá también de sus características personales.
- KPI: el estado ideal de esta propuesta sería tener un líder de productividad en las áreas más relevantes de la etapa que atravesase el proyecto. En términos actuales (según figura 3.8) lo ideal sería contar con ocho líderes en el proyecto, lo que corresponde al 5 % aproximadamente de la organización total (Codelco VP).
- Metodología: a medida que se vayan implementando mejoras en cada una de las áreas, se deberá definir con antelación el rol del Líder de productividad ligado a ese equipo o área de trabajo. De esta forma, PE contará con un colaborador

capacitado que facilite la implementación de las mejoras, y que apoye en la monitorización de las mejoras y la generación del clima laboral adecuado para el cambio.

Como ya se mencionó, es esencial que estas personas tengan ciertas características, como buena capacidad para comunicar, habilidades para la resolución de problemas, un liderazgo visible para lograr movilizar a sus equipos, y una sólida credibilidad. Para esto será el Comité de productividad junto a Recursos Humanos, quienes deberán definir estos roles en la medida que sea necesario, con un debido análisis previo.

6. **Reconocimiento a las buenas prácticas Lean:** como una forma de incentivar la mayor gestión de la productividad dentro de la organización, y replicando prácticas del área de seguridad, es que se deberán reconocer las mejores ideas o conductas hacia la gestión de la productividad mediante una publicación oficial dentro de la organización.

- Objetivo: promover el compromiso que tengan las personas con la gestión de la productividad.
- Personal clave: esta propuesta va dirigida a toda la organización, sean nombrados líderes o no.
- Metodología: el reconocimiento debe realizarse una vez al mes y darse a conocer en el boletín interno del proyecto.

La decisión queda en manos de el Comité de productividad, con sugerencias que puedan surgir de la misma organización.

7. **Comité de Productividad:** al implementar cambios, como ya se ha mencionado, es necesario que la alta dirección del proyecto demuestre su compromiso con la productividad, además de ser necesario que estos faciliten los recursos que se requieren para estos cambios, sobre todo las horas de dedicación por parte de los empleados. De esta forma se propone crear un comité de productividad dirigido por la alta gerencia del proyecto, de modo que la toma de decisiones fluya de arriba hacia abajo en la

organización, y así asegurar que las mejoras tengan sinergia con los objetivos del proyecto y la organización.

- Objetivo: asegurar el compromiso de la alta dirección, realizar un seguimiento global a la productividad del proyecto y decidir los lineamientos en cuanto a prioridades y recursos requeridos.
- Personal clave: Gerente del Proyecto, Gerente de Operaciones, área de PE (Gerente y un responsable) y un invitado externo al proyecto (área funcional, casa matriz u otros proyectos de la VP) de modo que puedan aportar con otras experiencias internas de la Corporación.
- KPI: reuniones mensuales.
- Metodología: dentro de las responsabilidades que tendrá el Comité, serán el seguimiento y control periódico de la productividad global, y la toma de decisiones al respecto, como la definición de lineamientos y planes de acción a seguir. En específico se definieron algunos de los temas a tratar periódicamente en la agenda de la reunión:

Rutina Reunión Comité de Productividad PNNM	
Responsables: Líder: Gerente PE Moderador: Responsable PE	Asistentes: Gerente Proyecto Gerente Operaciones Área Planificación Estratégica (PE) Invitado externo
Horario y Lugar: Sala XXXX Día DDDD (todos los meses)	
Objetivos: Realizar un seguimiento global a la productividad del proyecto y decidir los lineamientos en cuanto a prioridades y recursos requeridos en la implementación de iniciativas.	
Agenda: ■ Definir una planificación a corto y mediano plazo, priorizando por áreas o hitos del proyecto. ■ Revisión de la agenda mensual de productividad. Revisando los avances obtenidos durante el mes en curso, con un análisis comparativo de los indicadores, reflexionando sobre las mejoras obtenidas y los obstáculos superados. ■ Planteamiento y discusión de nuevas propuestas por parte de los participantes. Éstas propuestas deben ser ideas maduras, conversadas con los respectivos equipos de trabajo y expuestas con un plan de acción. ■ Definición de un plan comunicacional referente a la productividad. ■ Definición de nuevos compromisos y prioridades del mes.	
Los participantes deben mantener un espíritu participativo y de mejora continua, velando siempre por el gran objetivo del proyecto.	

Figura 3.13: Propuesta de la rutina a seguir en las reuniones mensuales del Comité de Productividad. Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que no es la idea que todas las decisiones pasen por este comité, también debe prevalecer la autonomía de los empleados en las distintas iniciativas. Este comité está para decidir en temas más relevantes y globales, como la destinación de recursos para capacitaciones, las obras o áreas con prioridades, entre otros relacionados a la estrategia general de productividad del proyecto. También se considera que en cuanto a temas de gestión de la productividad del proyecto, este Comité será la ventana única de comunicación a nivel estratégico hacia la VP y el Corporativo.

8. **Sistema de Gestión del Desempeño:** la formalización de las metas transversales e individuales de cada una de las personas de la empresa se realiza mediante el Sistema de Gestión del Desempeño (SGD), en este sistema se ingresan los objetivos del año y como estos serán alcanzados. Dichos objetivos deben estar alineados con la estrategia del negocio, además de ser validados por el supervisor a cargo, esto debido a que es por este sistema que posteriormente se repartirán las remuneraciones de los bonos por excelencia.

- Objetivo: incentivar el compromiso de las personas al tener metas de productividad dentro de su convenio de desempeño.
- Personal clave: líderes de productividad y sus respectivos jefes. Participantes del Comité de productividad y el área de PE.
- Metodología: en la fase de planificación del sistema se deben acordar por el Comité las principales metas de gestión transversales para el proyecto, para que posteriormente cada uno de los involucrados pueda determinar en base a estas sus propias metas individuales, los resultados esperados y las conductas esperadas para acompañar estos logros. Cada una de las personas debe tener claro el foco estratégico de dicha meta, el resultado esperado, su métrica de medición, la ponderación y fecha de vencimiento, para luego derivarlas a su jefatura, de modo que su supervisor también tenga dentro de su plan de trabajo las metas de productividad, así se involucrarán y comprometerán en cumplirlas con más empeño.

9. **Estandarización y Reportabilidad:** luego de mejorar procesos o adquirir prácticas más productivas o soluciones más eficientes y efectivas, es necesario generar la adherencia definitiva en los empleados y una forma de lograr esto es promoviendo las buenas prácticas y documentando el nuevo conocimiento para que pueda ser reportado a toda la organización. El área de Calidad es quien se encarga de gestionar el conocimiento adquirido, realizando un seguimiento al proceso de la gestión de lecciones aprendidas del proyecto (GLAP)⁸, además de administrar el repositorio de lecciones y asesorar al equipo del proyecto en los temas de capacitación y difusión de ellas.

- Objetivo: promover la mejora continua, y permitir que las buenas prácticas permanezcan en el proyecto de forma permanente, fomentando su replicabilidad futura a través de la estandarización y reportabilidad.
- Personal clave: líderes de productividad, personal de áreas implicadas, coordinador GLAP (área de Procesos de Calidad) y PE.
- Metodología: luego de validar los buenos resultados obtenidos con la mejora o experiencia a ser registrada, se debe tener claro que es lo que se quiere documentar y a quién se quiere transmitir, para definir la forma en que se compartirá y el uso que se le dará. Pueden existir variadas formas de transmitir estas mejoras, pero a continuación se definen dos un poco más estandarizadas para lograrlo:
 - a) Para el registro de mejores prácticas operacionales se debe comprobar su efectividad, cumplimiento de los objetivos trazados y sostenibilidad en el tiempo. Cumpliendo estas características se definirán estándares, donde se debe describir claramente la forma como se realizan los procesos, para que así todas las personas lo hagan igual. Esto permitirá asegurar un mejor desempeño al minimizar la variabilidad de los procesos y por tanto el desperdicio presente en ellos.

⁸La VP cuenta con un claro procedimiento sobre la Gestión de las Lecciones Aprendidas del Proyecto desde el año 2013.

Para difundir los nuevos estándares de una manera más ilustrativa y efectiva, se propone realizar una ficha por cada estándar que contenga toda la información necesaria a ser conocida por la organización.

 «Nombre Estándar»	
Objetivo: Lo que se pretende mejorar/minimizar/maximizar. 	Descripción: Indicar la descripción del estándar, teniendo en cuenta las consideraciones para la realización de las actividades que involucra: - Características - Responsabilidades de los involucrados - Rutina a seguir 
Responsable: Personal responsable de la ejecución, cumplimiento y control del estándar. 	
Indicadores y Metas: Especificación de los indicadores y los valores objetivos a cumplir. 	
Periodicidad: Indicar la periodicidad con que el estándar se debe cumplir o controlar. 	

Figura 3.14: Ejemplo del contenido que debe tener cada estándar operacional. Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de estándares de procesos que quizás sean más significativos, se debe considerar realizar una sinergia o bien solicitar el apoyo del área de calidad del proyecto, ya que son ellos quienes ven temas referentes al diseño de los procesos.

Es necesario señalar que la definición y estandarización de las actividades operativas es una práctica que también se realiza en otras empresas, un ejemplo cercano es la División El Teniente, la que cuenta con estándares operacionales para las actividades de extracción de mineral.

- b) Para el caso de las lecciones aprendidas éstas deben ser comprobables, relevantes y medibles, es decir, deben surgir a partir de hechos verificables y trazables, enfocados en resultados de calidad, plazo, costos y sustentabilidad que puedan ser medidos para establecer su real impacto. Además de seguir el procedimiento establecido para la gestión de las lecciones, también deben ser compartidas mediante talleres, pensando en ellos como una manera más efectiva de comunicarlas.

Los talleres deben basarse en un análisis reflexivo de la experiencia, las

expectativas, los objetivos y los resultados logrados, con la participación de todos los involucrados. Los responsables de decidir el momento adecuado para comunicar una lección serán el Comité de productividad en conjunto con el coordinador de GLAP, pero aún así se sugiere realizar al menos dos talleres de lecciones aprendidas al año.

«Nombre Taller»		
Objetivo: Propósito del taller.	Roles: Responsables y roles del taller. 	Fecha y Hora: 
Logística: planificar la rutina del taller, con los tiempos definidos. Ejemplo: - Describir lo ocurrido - Identificar los momento críticos - Identificar lo que funcionó y lo que no (las buenas decisiones) - Identificar lo que se podría mejorar - Reflexión		Reporte: Registrar lo que se quiere difundir. 

Figura 3.15: Ejemplo de los temas a preparar para un taller de lecciones aprendidas. Fuente: Elaboración propia.

Recursos Requeridos

Para la propuesta de este modelo será necesario que los profesionales del proyecto inviertan tiempo para lograr la implementación de cada uno de los ámbitos.

Para realizar una estimación en cuanto a las horas requeridas por los profesionales en cada uno de los ámbitos, se consideraron las horas a la semana necesarias, ya sea en términos de reuniones periódicas del personal involucrado o bien en la preparación y medición de las mejoras por parte del personal de apoyo. Además la estimación se realiza contemplando el tiempo para la implementación de sólo una mejora por cada ámbito, es decir, las horas necesarias para mantener al comité en marcha durante un año, y lo mismo con el Sistema de Gestión del Desempeño, y para mejoras como las reuniones efectivas se consideraron las horas necesarias para implementar una reunión en un equipo de trabajo hasta que tome su curso y continúe durante el tiempo.

Ahora bien, para cuantificar estas horas respecto al costo que significa la dedicación de los profesionales al modelo, se consideró un valor de USD\$ 50 cada HH. De esta forma, la implementación de una mejora por cada ámbito según los tiempos requeridos y el mínimo

de personal considera un costo total de USD\$ 54.850 para alrededor de 1.000 HH.

De esta forma la cantidad estimada de horas y el costo que estas significan para cada ámbito se resumen a continuación:

	Personal Apoyo	HH Apoyo	Personal Área Involucrada	HH Área Involucrada	Personal Total	HH Totales	Costo Total
PROCESOS OPERATIVOS	6	312 HH	12	180 HH	18	492 HH	USD 24.600
1 Análisis de Procesos Críticos	3	132 HH	3	24 HH	6	156 HH	USD 7.800
2 Generación Iniciativas	1	48 HH	5	60 HH	6	108 HH	USD 5.400
3 Reuniones Efectivas	2	132 HH	4	96 HH	6	228 HH	USD 11.400
DESARROLLO DE PERSONAS	4	32 HH	12	146 HH	16	178 HH	USD 8.900
4 Capacitaciones	2	7 HH	10	50 HH	12	57 HH	USD 2.850
5 Líderes de Productividad	1	24 HH	1	96 HH	2	120 HH	USD 6.000
6 Reconocimiento Buenas Prácticas	1	1 HH	1	0 HH	2	1 HH	USD 50
SISTEMA DE GESTIÓN	9	298 HH	25	129 HH	34	427 HH	USD 21.350
7 Comité de Productividad	1	48 HH	4	48 HH	5	96 HH	USD 4.800
8 Sistema Gestión de Desempeño	5	10 HH	15	45 HH	20	55 HH	USD 2.750
9 Estandarización y Reportabilidad	3	240 HH	6	36 HH	9	276 HH	USD 13.800

Tabla 3.5: Resumen de las HH requeridas para la implementación de cada ámbito, y el costo asociado a ellas. Fuente: Elaboración propia según estimaciones acorde a la experiencia en el proyecto.

3.3. Estado Actual de la Implementación del Modelo

Con respecto al modelo y a la metodología propuesta, a la fecha el proyecto ya ha avanzado en algunos de los temas. Sin embargo, en los ámbitos que se ha alcanzado a avanzar aún no han logrado tiempos de ejecución que puedan demostrar resultados significativos, por tanto el análisis más detallado sobre la cuantificación de los beneficios quedará para futuras instancias. Las acciones que ya se han logrado implementar son:



Figura 3.16: Iniciativas llevadas a cabo según el ámbito correspondiente. Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar también, que a causa del Servicio piloto realizado en obras interior mina, ya se han realizado capacitaciones a personal del proyecto, con temáticas referentes a la filosofía Lean y sus herramientas (*ver anexo B.2 para más detalles*).

3.3.1. Generación de Iniciativas

A partir de la inquietud del administrador del contrato de las obras en los Túneles y Adits⁹ de ventilación del proyecto, se comenzó una iniciativa de mejora a la productividad de las interferencias que presenta el contratista en los procesos operativos de saneamiento.

Para este contrato, al ser obras con una o dos frentes de trabajo a diferencia de las obras en interior mina, los Ingenieros de Construcción del proyecto registran a diario en una base de datos todas las actividades realizadas, su duración y clasificación según el tipo de trabajo; actividad o interferencia. Esta clasificación considera como actividad solo los trabajos que se realizan en la frente y que agregan valor para el desarrollo de las obras, es decir, las actividades del ciclo minero explicado en la sección 2.1.5, siendo consideradas como interferencias todas las otras labores complementarias.

⁹La palabra Adit hace referencia a la entrada de un túnel horizontal al lado de un socavón montañoso, y se utiliza para trabajos de ventilación o impulsión de agua para minas subterráneas.

Iniciativa en Túneles y Adits

Siguiendo la descripción del ámbito de generación de iniciativas y el diagrama 3.11 referente a la metodología a seguir, se realizó la iniciativa de productividad a las interferencias de saneamiento¹⁰.

- Objetivo: mejorar los rendimientos en las obras de saneamiento para lograr cumplir con la meta comprometida del 2016.
- Personal Clave: administrador del contrato por parte de Codelco y el contratista, jefe de construcción del proyecto, responsables de oficina técnica y mantenimiento de equipos del contratista. Apoyo metodológico de Planificación Estratégica.
- Herramienta: Reporte A3.
- KPI: horas del tiempo de trabajo dedicadas a actividades que agregan valor versus horas perdidas en interferencias (*ver anexo E.2 con la clasificación de interferencias*). La meta global propuesta fue de un 78 % de las horas dedicadas a actividad y sólo un 22 % de interferencias.
- Metodología: la iniciativa se inició con un análisis de la base de datos que llevan los ingenieros de construcción, tomando la semana del 04 al 10 de abril como diagnóstico, permitiendo identificar en que tipo de interferencias era donde más tiempo se perdía, para luego definir las medidas que se debían tomar para controlarlas y disminuirlas, llevando un seguimiento semanal en reuniones los días miércoles a las 17 horas, donde participaba personal del contratista y Codelco. Es clave señalar que una de las personas clave en estas reuniones es el jefe de los mecánicos por parte del contratista, ya que el es quien mejor puede gestionar los temas referentes a la falla de equipos.

Del diagnóstico realizado se decidió separar las interferencias según la clasificación de Equipos, Cambio de turno, Actividades de Seguridad y Operaciones. Para cada

¹⁰El año 2015 los túneles principales sufrieron un estallido de roca que provocó la paralización de las obras que se realizaban en este sector, llevando finalmente a la adjudicación de un nuevo contrato iniciado en diciembre del mismo año para sanear y refortificar la zona dañada.

grupo se llevó un seguimiento con el formato del reporte A3, además de un seguimiento al total de las actividades de la semana que se puede observar en la figura 3.17.

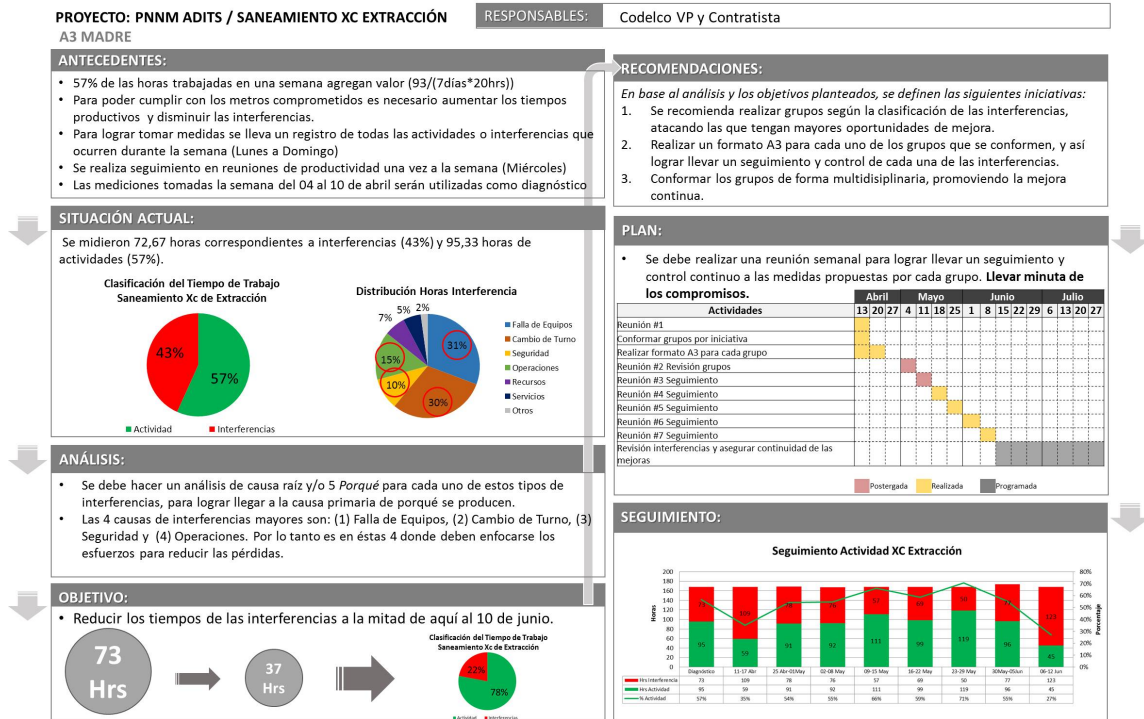


Figura 3.17: Reporte general denominado A3 Madre, donde se realizaba el seguimiento global de las actividades, los datos mostrados corresponden a la semana del 06 al 12 de junio. Fuente: Elaboración propia.

Gracias al compromiso y la disposición en pos de las mejoras por ambas partes, se lograron resultados parciales muy positivos, llegando a estar muy cerca de la meta la semana del 23 al 29 de mayo, donde el porcentaje de actividades llegó a un 71 %. Sin embargo, a partir del 6 de junio las obras comenzaron a verse obstaculizadas por aislaciones de seguridad causadas por otros trabajos del proyecto, en específico las perforaciones del fracturamiento hidráulico¹¹. Por esta razón las horas que el contratista tenía disponible para trabajar se vieron disminuidas de una forma significativa, lo que finalmente provocó un retroceso en lo que se había logrado mejorar, ya que habían muchas medidas de mejora que en estas condiciones no se

¹¹El fracturamiento hidráulico es una técnica de pre-acondicionamiento de la roca a través de la inyección de agua a alta presión. Esta técnica permite disminuir la sismicidad y aumentar las condiciones de seguridad para las personas.

podían implementar como por ejemplo el cambio de turno manilla-manilla.

A pesar de esto el seguimiento a la cantidad de actividad versus las interferencias continuo realizándose semanalmente, y luego de 3 semanas con aislaciones entre 30 hasta más de 100 horas semanales se retomaron las medidas comprometidas logrando llegar a la meta en la semana del 27 de junio, como se puede ver en la figura 3.18.

PROYECTO: PNNM ADITS / SANEAMIENTO XC EXTRACCIÓN
A3 MADRE

OBJETIVO:

- Reducir los tiempos de las interferencias a la mitad de aquí al 20 Julio.



RECOMENDACIONES:

En base al análisis y los objetivos planteados, se definen las siguientes iniciativas:

- Se recomienda realizar grupos según la clasificación de las interferencias, atacando las que tengan mayores oportunidades de mejora.
- Realizar un formato A3 para cada uno de los grupos que se conformen, y así lograr llevar un seguimiento y control de cada una de las interferencias.
- Conformar los grupos de forma multidisciplinaria, promoviendo la mejora continua.

RESPONSABLE Codelco VP y Contratista

PLAN:

- Se debe realizar una reunión semanal para lograr llevar un seguimiento y control continuo a las medidas propuestas por cada grupo.

Actividades	Julio				Agosto			Septiembre			
	6	13	20	27	1	8	15	22	29	5	12
Reuniones de Seguimiento:											
Revisión interferencias y asegurar continuidad de las mejoras											

SEGUIMIENTO:

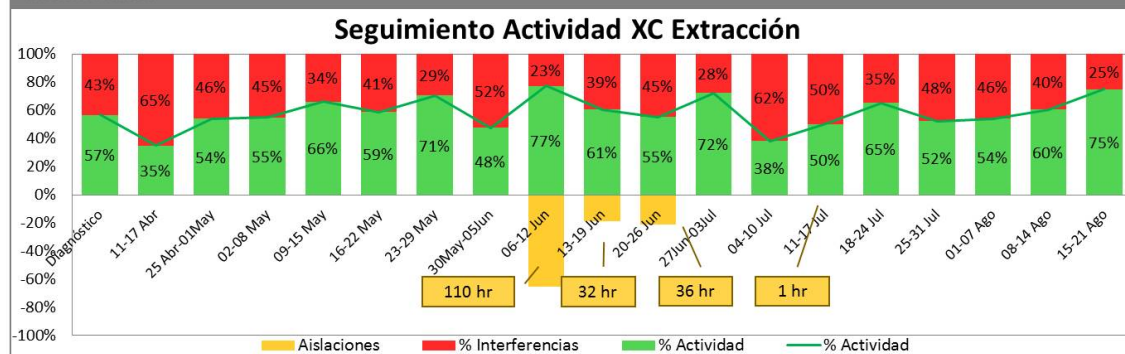


Figura 3.18: Reporte A3 madre, correspondiente a la semana del 18 al 24 de julio del 2016. En este caso fue adaptado según los requerimientos de la iniciativa. Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de este trabajo se mostrarán los resultados hasta el 23 de agosto, semana en la cual el nivel de actividad fue de un 75 % como se puede observar en la figura 3.18, valor que está muy cerca de la meta objetivo y es superior a los valores referentes al diagnóstico. Además para esta semana las metas particulares del cambio de turno y las actividades de seguridad han sido cumplidas (ver anexo E.2 con el detalle de los resultados).

Dados los resultados positivos obtenidos a partir de la gestiones realizadas, dentro de los siguientes pasos está seguir con el seguimiento de estas actividades hasta que se terminen las labores de saneamiento y replicar este seguimiento en las labores de re-fortificación que también han presentado un bajo desempeño debido principalmente a la priorización de recursos para otras frentes.

3.3.2. Reuniones Efectivas

Como se mencionó anteriormente la implementación de reuniones efectivas en los equipos de trabajo facilita la comunicación, toma de decisiones y control. Es por esto que se decide mejorar las reuniones de coordinación del equipo de túneles, ya que las labores que tienen a cargo son críticas y deben cumplir con estrictas metas referentes a la validación de la constructibilidad del proyecto.

Reunión de Coordinación Túneles y Adits

A cargo de las obras de Túneles y Adits existe un equipo multidisciplinario, quienes tienen una reunión de coordinación semanal, donde para varios de ellos es la única instancia donde logran reunirse debido a los distantes lugares de trabajo (algunas oficinas del proyecto se encuentran hasta más de 1 hora de distancia).

- Objetivo: mejorar la gestión operativa mediante reuniones efectivas, con temas y tiempos definidos, revisando los avances de la semana, interferencias y planificación. El contenido de la reunión está enfocado en temas de operación, por tanto los temas contractuales, de adquisiciones y relaciones laborales no estarán presentes en estas reuniones periódicas.
- Personal Clave: administrador del contrato, coordinadores de construcción y responsables de las áreas de seguridad, ingeniería, calidad y programación y control. Apoyo metodológico por parte de Planificación Estratégica (PE). Se destaca la participación del administrador del contrato como líder de la reunión, y del responsable de Programación y control como el moderador y encargado (dueño) de la sala.

- Herramienta: metodología Obeya Room.
- KPI: mejoras en los indicadores de cada área y cumplimiento de la rutina.
- Metodología: la implementación se lleva a cabo siguiendo los pasos anteriormente descritos y resumidos en la figura 3.12.

El primer paso fue una reunión por parte de Planificación Estratégica con el administrador del contrato, para conocer las inquietudes y necesidades que el tiene referentes a los hitos del contrato y las reuniones. Paso siguiente fue el diagnóstico por parte de PE a la reuniones actuales según la pauta de evaluaciones (*ver anexo E.1*), obteniendo un promedio de un 21 % de cumplimiento (*ver anexo E.3 para más detalle*). De esta evaluación se pudo deducir que como oportunidades de mejora están:

- Aclarar los objetivos y participantes de la reunión.
- Mejorar la logística (temas, roles y agenda).
- Mejorar el control del tiempo.
- Centrar la discusión sólo en temas relevantes.
- Mejorar la calidad de los compromisos y su cumplimiento.
- Fomentar un espíritu más participativo.

En una segunda etapa el equipo de PE definió una propuesta con el quiebre de los temas, las áreas relevantes y los posibles indicadores a mostrar por cada una. Cabe señalar que el formato de los paneles se realizó siguiendo la modalidad Obeya ya instaurada en los proyectos de Chuquicamata Subterráneo y Traspaso Andina, de esta forma se promueve la estandarización de estas prácticas en los proyectos de la VP y se sigue con los lineamientos de la cartera de proyectos.

Luego de una reunión con cada uno de los participantes para validar los indicadores se preparó el lay-out de la sala junto con los paneles y la rutina (*ver detalle en anexo E.3*), dando paso al lanzamiento de la primera reunión.

Quiebre por obra	Tema	Indicadores
Adits	Seguridad	Radar de accidentes
		Índices de Seguridad
	Avance Construcción	Avance real vs programado
		Disponibilidad de equipos
		Productividad
	Ingeniería	Avance real vs programado
	Calidad	Indicadores generales de gestión y operación
		Perfiles
Teniente 4	Seguridad	Radar de accidentes
		Índices de Seguridad
	Avance Construcción	Avance real vs programado
		Disponibilidad de equipos
		Productividad
	Ingeniería	Avance real vs programado
	Calidad	Indicadores generales de gestión y operación
		Perfiles
Fracturamiento Hidráulico	Seguridad	Radar de accidentes
		Índices de Seguridad
	Avance Construcción	Avance real vs programado
		Disponibilidad de equipos
		Productividad
	Geotecnia	Sismicidad

Tabla 3.6: Cuadro resumen de los indicadores definidos para cada tema y quiebre a ser revisados en la reunión. Fuente: Elaboración propia.

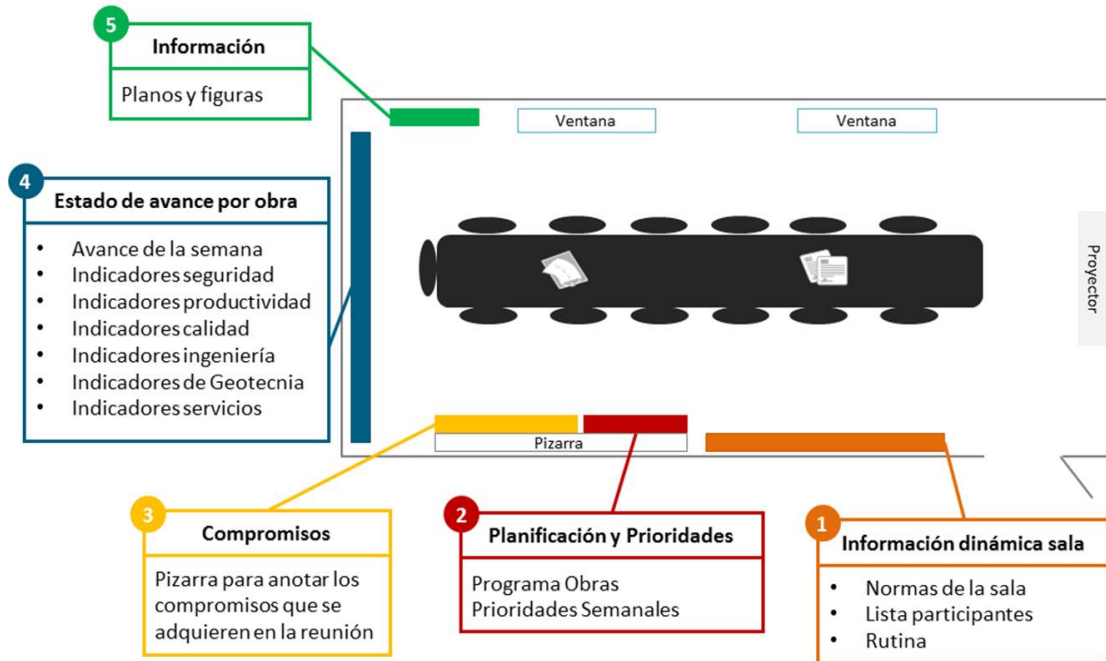


Figura 3.19: Distribución de los paneles y la información dentro de la sala. Fuente: Elaboración propia.

A la fecha de realización de este trabajo sólo se alcanzaron a desarrollar 3 reuniones, con un acompañamiento constante por parte de PE, y donde cada participante es responsable de la información que muestra por tanto son ellos quienes deben completar los paneles con la información y llevarlos el día de la reunión.



Figura 3.20: Panorámica de una de las reuniones de coordinación bajo la metodología Obeya, donde se pueden observar los paneles pegados en las paredes de la sala. Fuente: fotografía tomada el 17 de agosto del 2016.

El apoyo por parte de PE idealmente debe durar por un periodo de 3 meses, junto con evaluaciones o cambios si son necesarios, talleres de coaching a los participantes que lo requieran y una evaluación final.

Una de las consideraciones que se tuvo para esta reunión en particular, y donde se flexibilizó en cuanto a la metodología propuesta, fue planificar una reunión ampliada al mes, donde participen todas las áreas implicadas en las obras, de manera que se vayan familiarizando con la nueva dinámica de la reunión y tengan otra instancia para informarse de los avances y contingencias de las obras.

Durante la realización de estas 3 reuniones se puede destacar que la duración de la reunión ha bordeado los 45 minutos, valor mucho menor a las 2 horas que duraba la reunión con el formato anterior. También se ha visto una mejor actitud por parte de los participantes, quienes siguen la pauta de rutina y tienen un mejor cumplimiento de los compromisos, así como una mejor calidad de éstos, siendo ya no compromisos de gestión de recursos o actividades, sino que enfocados a resultados concretos.

Sin embargo, y siguiendo uno de los principios Lean, aun quedan temas por mejorar; como la variabilidad de los tiempos, el hecho de enfocar la discusión a temas relevantes, alinear el programa y fortalecer el espíritu de mejora continua en los asistentes.

3.3.3. Estandarización y Reportabilidad

Como se ha mencionado, las brechas abordadas en el servicio de mejoras a la productividad pueden afectar de igual forma los nuevos contratos de túneles, es por esto que es necesario registrar estas prácticas en un formato de estándares operacionales para lograr su adherencia en los trabajadores, además de establecer con anticipación los requisitos de productividad que tiene el proyecto en sus futuros contratos.

Registro de Estándares Obras Interior Mina

Luego de lograr mejorar los tiempos asociados a inicio de turno, transporte y suministro de shotcrete, gracias a las iniciativas implementadas en el servicio de productividad, surge

la idea de difundir estas mejoras a los procesos mediante la generación de estándares operacionales. Estos estándares permitirán continuar con las mejoras que han presentado buenos resultados, dando a conocer a todos los trabajadores (nuevos o antiguos) como se deben realizar las respectivas actividades.

- Objetivo: conformar una estructura que describa los hitos más importantes de las actividades que se lograron mejorar en las iniciativas realizadas en el servicio piloto, de modo de permitir su replicabilidad y adherencia en los trabajadores.
- Personal Clave: Planificación Estratégica, Ingenieros de Construcción, Líder de productividad, personal de la empresa contratista y acompañamiento por la empresa consultora GEPRO.
- Metodología: las actividades que se realizan en el inicio de cada turno, así como el sistema de transporte y la solicitud de shotcrete fueron intervenidas en las mejoras realizadas en el servicio de productividad, quedando estandarizadas, por tanto están claro los parámetros que deben cumplir para seguir siendo eficientes. Dentro de la lógica del funcionamiento de éstos estándares, se considera que el encargado de la Oficina Técnica del contratista, y quien es el individuo clave, debe llevar un registro del cumplimiento de los indicadores por cada estándar, para luego crear un informe mensual que será reportado a un Líder de productividad del proyecto el primer miércoles de cada mes (*ver anexo E.4*).

Además de los indicadores a ser cumplidos por cada estándar, está designada la periodicidad de cada uno y las personas que son responsables de su cumplimiento.

A continuación se presenta un cuadro resumen de los estándares definidos:

Estándar	Indicador	Meta	Periodicidad	Responsable	Reporte
1. Charla diaria de seguridad	1.1 Hora Inicio	8:00 hrs.	Cada reunión	Jefe Seguridad (contratista)	Resp. Oficina Técnica (contratista) reportará a Líder de productividad (Codelco), mensualmente (1° miércoles de cada mes)
	1.2 Hora Término	8:30 hrs.			
	1.3 Duración	30			
2. Reunión diaria operacional	2.1 Hora Inicio	7:50 hrs.	Cada reunión	Jefe de Operaciones, Responsable Oficina Técnica (contratista)	
	2.2 Hora Término	8:20 hrs.			
	2.3 Duración	30 min.			
	2.4 Porcentaje Cumplimiento	100 %			
	2.5 PPC diario	100 %			
	2.6 N° de nombradas con formato	100 %			
3. Transporte inicio de turno	3.1 Cumplimiento de procedimiento	100 % cumplimiento	Diario	Responsable Oficina Técnica (contratista)	
4. Solicitud y entrega de shotcrete	4.1 Tiempo de espera mixer en la frente	<120 min.	Por solicitud	Encargado Calidad (contratista)	

Tabla 3.7: Descripción de cada estándares operacionales. Fuente: Información entregada al proyecto por GEPRO.

Para difundir estos estándares operacionales a los trabajadores y a la organización completa, se realizaron fichas por cada uno de ellos siguiendo el formato propuesto en la figura 3.14 (*ver anexo E.4*).

Bases Requisitos de Productividad para Contratos de Construcción

Luego del servicio piloto implementado, existe la claridad de que la gestión de la productividad hacia los contratistas si tiene resultados, por lo tanto se hace imprescindible realizar un registro de éstas lecciones aprendidas para los futuros contratos de construcción que vienen en los próximos años. Anexar la gestión de la productividad en las bases técnicas de las licitaciones ayudará además a asentar políticas de transparencia de la información, colaboración y mejora continua con el contratista.

Cabe señalar que con los debidos cambios y adaptaciones, este documento puede servir como base para ser utilizado en otros contratos futuros Carrillo y Gutiérrez (2015).

- Objetivo: establecer los requisitos de productividad que deben contener los contratos de construcción que realiza la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco para la ejecución de sus proyectos, en específico para el contrato superior de obras interior mina.
- Personal Clave: el desarrollo de este documento fue realizado por funcionales de la

Gerencia de Ingeniería y Constructibilidad de la VP, con aportes y adaptaciones más específicas realizadas por el área de Ingeniería y PE del proyecto.

- Descripción: pensando en que la productividad esté presente en todas las etapas de acción del contratista (táctica, estratégica y operacional), es que se determinaron los siguientes entregables y planes de acción para cada una (*ver más detalles en anexo E.5*):

1. **Estratégica (Identificación y Prevención de Vulnerabilidades Constructivas):** el desarrollo de esta etapa está orientado a identificar restricciones críticas y/o estructurales, recursos críticos, estructura organizacional sólida y establecer un sistema de “logística” del proyecto transparente y entendible por todos los participantes del contrato, y cualquier otro factor que represente un riesgo o vulnerabilidad para cumplir con los objetivos del contrato. Además requiere la elaboración de una matriz con los riesgos de las vulnerabilidades constructivas para generar una comunicación oportuna de los riesgos y necesidades asociadas al contrato. Este riesgo debe ser entregado por medio de un Plan de prevención de la vulnerabilidad constructiva.
2. **Táctica (Coordinación y Gestión Temprana):** esta etapa está orientada a incrementar y fortalecer las relaciones entre el contratista y el mandante (Codelco), para lograr realizar una gestión temprana ante los distintos factores que puedan impedir con la ejecución planificada de los trabajos. El documento requerido en ésta etapa es un Plan de sesiones de colaboración y coordinación más un Plan de gestión temprana y continua de requerimientos base.
3. **Operacional (Fortalecimiento, Medición y Control):** esta etapa corresponde al momento en que el contrato está siendo ejecutado, por ende aquí se requiere; fortalecer la planificación y programación del contratista de modo que se reduzca la variabilidad y aumente la confiabilidad, realizar una medición y control a la productividad a través de la monitorización y estandarización, y finalmente potenciar la reducción de pérdidas en los procesos asegurando una mejora continua a través del empoderamiento y participación del personal de la empresa contratista.

En esta etapa los entregables son 3: el Plan de Fortalecimiento de la planificación, el Plan de medición y control de la productividad y el Plan de mejoramiento continuo.

3.4. Diseño de un Plan de Trabajo Futuro

Con el modelo y la metodología definidos, se propone un plan de trabajo para continuar con la implementación en el proyecto. Debido a que actualmente sólo es el área de PE quién se encarga de acompañar y apoyar las gestiones que se realicen a la productividad, los recursos disponibles para continuar son limitados, sobre todo en cuanto al tiempo. Por esto se definieron criterios que ayuden a priorizar y definir dónde y con qué ámbitos se continuará.

En una primera instancia, y para poder comenzar con una apropiada base de comparación, se definieron criterios para contrastar los ámbitos de acción, de manera de ayudar a decidir con qué se continuará. Escogiendo la facilidad de implementación en términos del tiempo y la cantidad de personas que se logra impactar con cada una de las mejoras.

- **Facilidad de Implementación:** se refiere al tiempo estimado que se requiere para implementar el ámbito referido, sólo una vez, o bien en un área o equipo. Considerando como implementación desde el momento que se comienza a planificar hasta que se encuentra en marcha sin el acompañamiento de PE se definieron los siguientes valores:

Baja (1): 6 meses.

Medio (3): 2 meses.

Alta (5): 3 semanas.

- **Impacto esperado al personal:** se refiere al rango de personas que pueden verse impactadas al implementar dicho ámbito, una vez, o bien en un área o equipo. Mientras mayor sea la cantidad de personas involucradas mayor será el impacto logrado. Los valores definidos para este criterio se basaron en la dotación de personal VP que existe actualmente en el proyecto, considerando al total como nivel alto:

Bajo (1): impacta a 10 personas o menos.

Medio (3): impacta a 50 personas.

Alto (5): impacta a 150 personas.

Luego de definir estos criterios se asignó el valor correspondiente según cada uno de los ámbitos propuestos.

Nº	Ámbitos	Impacto Esperado Personal	Facilidad Implementación
1	Análisis de Procesos Críticos	3	3
2	Generación Iniciativas	3	3
3	Reuniones Efectivas	2	2
4	Capacitaciones	2	5
5	Líderes de Productividad	2	2
6	Reconocimiento Buenas Prácticas	5	5
7	Comité de Productividad	5	4
8	Sistema Gestión de Desempeño (SGD)	4	4
9	Estandarización y Reportabilidad	3	1

Tabla 3.8: Calificación de los ámbitos según los criterios a partir de un análisis propio según la experiencia en el proyecto y la organización. Fuente: Elaboración propia.

Se llevaron estos valores a una forma gráfica para facilitar la comparación entre ellos, priorizando los ámbitos con mayor impacto y facilidad de implementación para ayudar a definir los siguientes pasos.



Figura 3.21: Mapa de los ámbitos según impacto esperado en las personas y la facilidad de implementación. Fuente: Elaboración propia.

Según los valores de los criterios, como se muestra en la figura 3.21, los ámbitos de reconocimiento a las buenas prácticas (6), Comité de Productividad (7) y el Sistema de Gestión de Desempeño (8), son los que tienen una mejor relación entre impacto y facilidad de implementación, por lo tanto deben ser considerados para comenzar su implementación lo antes posible.

En segundo lugar están los ámbitos de Análisis de Procesos (1), Generación de iniciativas (2) y Capacitaciones (4) con un impacto y una facilidad medianas. Y en tercer lugar a causa de una baja facilidad de implementación quedan los Líderes de productividad (5), las Reuniones Efectivas (3) y la Estandarización y Reportabilidad (9).

Esta comparación permite un análisis más claro a la hora de seleccionar por dónde comenzar, pero también se debe tener en cuenta las áreas y los procesos que tienen prioridad acorde al estado actual del proyecto.

Así, en una segunda instancia se complementó el análisis anterior con las oportunidades

latentes que fueron detalladas en la sección 3.1.3, y los principales hitos¹² del proyecto en un mediano plazo. A partir de esto se decide dónde implementar los ámbitos y cuando es pertinente hacerlo, siguiendo además con los temas que ya se han estado desarrollando (sección 3.3).

Dentro de la ruta de implementación propuesta, se estiman a grandes razgos las metas que se debiesen cumplir en un plazo de dos años por cada uno de los ámbitos y ejes en general.

- **Procesos Operativos:** para este eje y con un nivel de impacto y facilidad media se continuará su implementación con un análisis de flujo del procesos de una actividad del ciclo minero, a ser definida por los involucrados en las obras interior mina. Para este ámbito se considera que durante el año 2017 como mínimo se deben realizar dos análisis de procesos críticos de construcción, y al menos tres el 2018, que se estima comiencen los contratos nuevos de construcción.

En cuanto a la generación de iniciativas complementarias a los procesos, se debe continuar hasta diciembre de este año con las iniciativas de Saneamiento y complementarla con las de Re-fortificación que involucran al mismo equipo de trabajo. Por otro lado también se definió que al menos se deben realizar dos iniciativas en el proyecto durante el año 2017, y 3 el 2018, siendo en este caso atenuantes a cualquier área.

Y por último en el caso de las reuniones efectivas, PE debe continuar con el acompañamiento al equipo de túneles al menos hasta octubre de este año para cumplir con el plazo estimado de 3 meses. A pesar del bajo impacto y a la mayor dificultad que tiene este ámbito, la oportunidad latente y la relevancia que tiene la ejecución del diseño de las ingenierías durante este año y el próximo al menos, se propone realizar una reunión tipo Obeya con el equipo de Ingeniería en un nivel de jefatura; Gerente del área, Directores y Jefe de Integración, de tal manera de instaurar un control hacia los contratos de ingeniería y un correcto seguimiento del programa y los cambios.

¹²Diciembre 2016: Validación de la Constructibilidad.
2017: Continuación contrato Obras Interior Mina y desarrollo de Ingenierías.
Diciembre 2017: Reformulación del Alcance del Proyecto.

Para las Obras interior mina por otro lado, se propone realizar la implementación en el segundo trimestre del año 2017, ya que ahí también se tendrá mayor claridad del alcance de las obras correspondientes. Esta implementación también ayudará a crear el cambio cultural que este ámbito requiere en el equipo de OIM, quienes continuarán con los contratos futuros de estas obras que comenzarán en 2018.

También se debe tener en cuenta que luego de la implementación de tres reuniones tipo Obeya se contará con la experiencia requerida para instaurar esta filosofía en las reuniones del staff ejecutivo del proyecto, logrando mostrar el compromiso de la alta dirección con este ámbito.

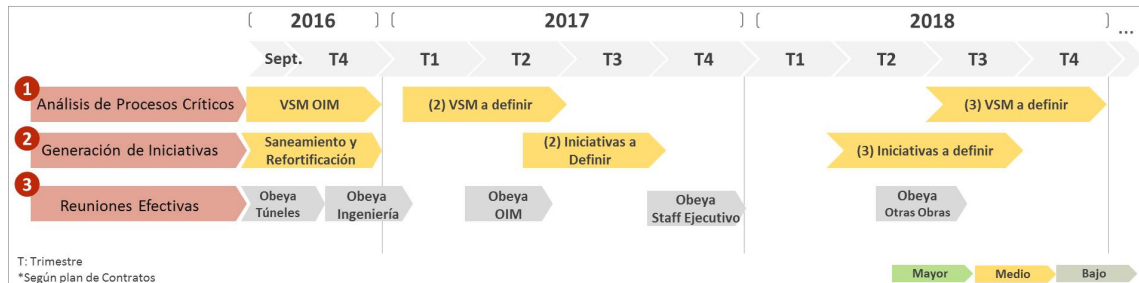


Figura 3.22: Ruta a seguir para el eje de Procesos Operativos. Fuente: Elaboración propia.

- **Desarrollo de Personas:** partiendo en este eje con la implementación de el Reconocimiento a las buenas prácticas hacia la productividad, estimando que el primer boletín con esta distinción sea publicado durante el último trimestre del 2016, para continuar mensualmente.

El siguiente ámbito, que tiene una facilidad y un impacto medio son las capacitaciones, estimando que se pueden realizar desde el último trimestre de este año, ya que es aquí cuando da inicio la nueva Estrategia de la VP que incluye una Academia Lean para el personal. Para este ámbito se pretende que en un plazo de un año, es decir, a fines del 2017, todo el personal del proyecto, a un nivel de la dotación VP actual, hayan participado de al menos una capacitación o taller referente a la filosofía Lean y sus herramientas. Para continuar el año 2018, si se requiere, realizar talleres para potenciar las habilidades blandas enfocados para los líderes de productividad ya definidos.

En cuanto a éstos últimos, para el año 2017 se propone ya tener definidos los roles de Líderes de productividad para al menos 3 personas, pertenecientes a las áreas de P&C en específico del equipo de OIM, Integreación del área de Ingeniería y una persona de Calidad con foco en los procesos. Y terminando el 2018 con al menos 5 líderes de productividad designados. Esto enfocado también para contar con su apoyo en la implementación de otros ámbitos en sus equipos de trabajo.



Figura 3.23: Ruta a seguir para el eje Desarrollo de Personas. Fuente: Elaboración propia.

- **Sistema de Gestión:** como primera prioridad debido a su alto impacto y mayor facilidad de implementar en cuanto al tiempo, se propone conformar el Comité de productividad para fines de este año, de manera tal de aclarar las prioridades que tiene el proyecto para la gestión de la productividad y alinearse también con el inicio del nuevo Servicio contratado por la VP.

Por su parte el Sistema de Gestión del Desempeño como ámbito también tiene un alto potencial de impacto y facilidad de implementación, sin embargo, la planificación e inscripción de las metas se realiza durante el mes de abril, por lo tanto se espera que para abril del año 2017 al menos las áreas que se hayan visto involucradas con la implementación de mejoras tengan en sus metas los temas de gestión de la productividad, que a su vez deben ser definidos globalmente por el comité que ya estará conformado y con una agenda más esclarecida. Así, para abril del 2018 todo el personal VP del proyecto deberá incluir este tipo de metas en su SGD.

Finalmente con el valor más alto en cuanto al tiempo de implementación requerido, el ámbito de Estandarización y Reportabilidad considera el seguimiento de los estándares de OIM ya establecidos y la incorporación del Anexo de Gestión de

la Productividad para los contratos superiores de OIM. Seguido a esto y con una estimación a realizarse a partir de mediados del año 2017, se propone un taller de lecciones aprendidas en torno a la estrategia del proyecto (PES), seguido de una estandarización concreta de las reuniones efectivas, esto luego de haber implementando 3 o 4 de estas reuniones en el proyecto. Luego en el año 2018 con definiciones del proyecto más claras se propone realizar un taller de lecciones aprendidas a partir del control de cambios del proyecto, y considerar incorporar el anexo de gestión a la productividad en al menos un contrato nuevo de obras, y tenerlo en cuenta para otros contratos relevantes de áreas como ingeniería o servicios, precisando los cambios necesarios para su inclusión.



Figura 3.24: Ruta a seguir para el eje de Sistema de Gestión. Fuente: Elaboración propia.

En resumen, si se avanza en torno a esta ruta propuesta el nivel de madurez en la implementación de cada uno de los ámbitos debiese evolucionar como se muestra en el gráfico 3.25, representando el avance según los valores:

Inexistente (1): No existe ningún tipo de implementación.

Insuficiente (2): Está en una etapa de ejecución, sin tener aún un *feedback* de los resultados.

Regular (3): Se ha implementado una o dos veces, logrando tener un *feedback* de los resultados, pero aún no se adquiere la experiencia necesaria.

Buena (4): Se mantiene un nivel avanzado en la implementación, logrando una mayor experiencia pero sin obtener una adherencia total.

Excelente (5): Se refiere a un estado avanzado en la implementación, donde se han logrado desarrollar mejoras y adherencia en los involucrados.

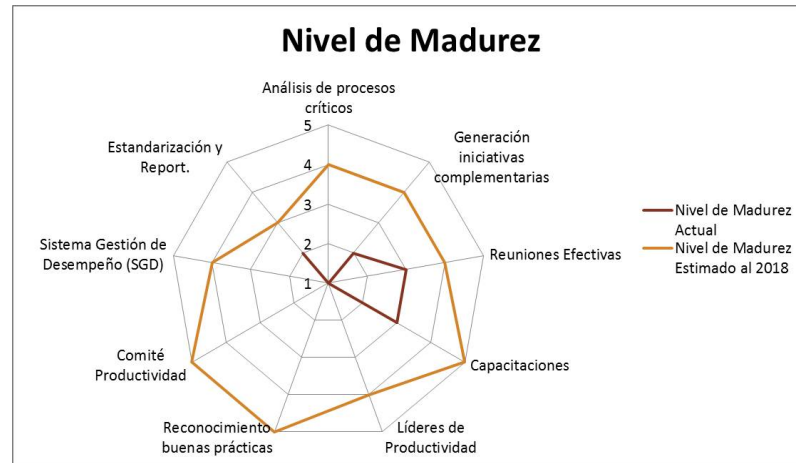


Figura 3.25: Gráfico radial con el avance en el nivel de implementación de cada uno de los ámbitos. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al comportamiento del personal y a las etapas de aprendizaje del modelo en éstos términos, si se consideran tres grandes etapas; un aprendizaje inicial comenzando con cambiar la cultura de “así se ha hecho siempre..”, siguiendo con una comprensión del proceso y un aumento del compromiso al visualizar cambios y resultados, y finalmente un cambio total en la conducta y actitud de las personas hacia mejorar continuamente, entonces se estima que al llegar al 2018 bajo el avance propuesto, la organización podrá estar en una segunda etapa de aprendizaje, logrando comprender de mejor manera que todos estos cambios apuntan a mejorar, aumentando su compromiso y rapidez en la implementación.

Finalmente, se considera que en el 2018 el avance logrado debería ayudar a reflexionar en torno a los rendimientos logrados, al tener un *feedback* claro de la efectividad y los resultados obtenidos en cada uno de los ámbitos, y así realizar los ajustes que sean necesarios para progresar en la búsqueda de la mejora continua y permanente perfección. Además, luego de la reformulación del alcance del proyecto a llevarse a cabo a fines del año 2017, puede que sea necesario replantear el plan o la estrategia si los cambios son significativos.

4 | CONCLUSIONES

La mayor competitividad presente en las industrias ha llevado a buscar mejoras que apunten a aumentar los desempeños, pero con los mismos recursos disponibles, es decir, sin tener que disponer de grandes inversiones para lograrlo. Es por esto, que la filosofía Lean ha tenido acercamientos desde el rubro manufacturero hasta la construcción y la minería, ya que es una metodología que promueve un trabajo diferente, eliminando los desperdicios y buscando mayor eficiencia a partir de los mismos recursos.

El estado actual de la minería chilena y de Codelco en particular hacen aún más urgente el aumento en términos de productividad; más toneladas a menor costo en el caso de las operaciones y mejor desempeño en tiempo y costos para los proyectos. Es por esto que la Corporación establece la filosofía Lean como base en el camino de la excelencia operacional.

La Vicepresidencia de Proyectos quien lleva la cartera de proyectos que asegurará la continuidad operacional de Codelco, es consciente que existe un espacio de acción para gestionar la productividad. Dentro de este marco, busca potenciar la filosofía Lean en los contratos críticos de los mega proyectos.

Para continuar por este camino, y cumpliendo con el objetivo de este trabajo se obtiene como resultado un modelo de gestión para el Proyecto Nuevo Nivel Mina, que permite avanzar en temas de productividad, incorporando la filosofía Lean y sus herramientas a partir de nueve ámbitos de acción respaldados por tres ejes principales. El diseño y metodología planteada se realiza en base a la experiencia personal en el proyecto y a variadas investigaciones de la literatura, donde se busca identificar los factores de éxito descritos en diferentes experiencias de implementación Lean, para tener en cuenta donde se deben enfocar los esfuerzos iniciales, como se propuso en uno de los objetivos específicos.

Así este modelo busca atender las necesidades y oportunidades de mejora teniendo en cuenta los lineamientos corporativos y objetivos del proyecto, que a su vez delimitarán las prioridades al momento de implementar las mejoras. Con esta propuesta se busca incorporar a las responsabilidades del personal, las gestiones a la productividad, ayudando a avanzar en términos de mejorar las coordinaciones de los equipos, mejorar el cumplimiento de las planificaciones con un seguimiento adecuado, aumentar la comunicación y compromiso entre las personas contribuyendo a su formación en aspectos metodológicos de la filosofía y finalmente permitiendo que el proyecto tenga una visión global que ayude a la toma de decisiones y a la definición de metas claras para avanzar en los temas de productividad. Además dentro de los indicadores que se espera sean impactados con la implementación del modelo, está el porcentaje de cumplimiento de los programas, el avance de las obras,

Si bien, el modelo busca gestionar la productividad con recursos propios y sin considerar grandes inversiones, se requiere que los profesionales del proyecto inviertan tiempo en la implementación, donde se estiman sean necesarias alrededor de 1.000 HH como mínimo en la implementación de una propuesta por cada ámbito, lo que equivale a un costo oportunidad de USD\$54.850 aproximadamente.

En la literatura y en la experiencia de otras organizaciones se da cuenta que la implementación de la filosofía Lean y sus herramientas si da resultados positivos, y si es posible cambiar el pensamiento de «así se ha hecho siempre..», pero para poder aplicar esta metodología se requiere del esfuerzo y motivación de todos, ya que los resultados no son inmediatos.

Es por esto que dentro del alcance de este trabajo se propone una ruta de implementación para los próximos dos años, donde se pretende aumentar el nivel de madurez de modo de llegar a una etapa donde las personas ya comiencen a visualizar mejoras y a adoptar un mayor compromiso hacia lo que se está realizando, esto a partir de la implementación de los distintos ámbitos en toda la organización, o bien en variadas áreas del proyecto.

A partir de este plan de trabajo propuesto, se recomienda cumplir con la implementación de los ámbitos identificados con un mayor impacto y facilidad, como el Comité de Productividad, ya que su pronta implementación permitirá llevar un mejor control y mayor

sinergia con los lineamientos corporativos e hitos del proyecto, considerando también el inicio de la nueva Estrategia referente a la productividad de los proyectos de la VP, que comenzará el último trimestre de este año. Además considerando los hitos del proyecto, y que el año 2017 se podrá tener mayor claridad con respecto a las definiciones y alcances, se recomienda que a fines de ese año se realice un análisis para evaluar el estado de los avances logrados y replantear la estrategia de implementación según sea necesario.

Estas recomendaciones también apuntan a realizar un análisis de los avances que se han logrado de forma exitosa y los que puedan haber fracasado por algún motivo. Así como se intenta abordar con el modelo los factores de éxito identificados por otras organizaciones, también es posible identificar los factores que de no cumplirse pueden poner en riesgo el éxito del modelo. Dentro de estos se cree que si no se logra un compromiso claro por parte de la dirección del proyecto, donde la organización completa pueda visualizar que para los gerentes si son importantes los temas referentes a la productividad y si se les debe dar prioridad, ya que si esto no se logra los mismo trabajadores perderán la motivación al ver que las jefaturas priorizan por sobre otros temas. Otro factor que puede afectar en el tiempo es la pérdida del sentido de urgencia que tiene en este momento las gestiones a la productividad, además de poder llegar a perder la motivación de los equipos de trabajo al no visualizar beneficios o avances positivos. Por lo tanto se recomienda que para evitar este tipo de amenazas sería prudente que las jefaturas evidenciaran las experiencias de otras empresas para que tengan la certeza que este tipo de implementaciones si puede ser exitosas y si puede rendir beneficios cuantificables, para que así puedan mantener una motivación constante que se logre traspasar hacia todos los niveles de la organización.

Finalmente y apuntando a futuras investigaciones, se recomienda que una vez se hayan logrado avances significativos en el proyecto se realice un análisis de tipo cuantitativo, para conocer con mayor exactitud la correlación entre las mejoras realizadas y los beneficios resultantes en torno a costos y tiempos, para conocer además el avance en la curva de aprendizaje del proyecto, de modo que pueda ayudar a futuras implementaciones sin cometer los mismos errores.

Bibliografía

- Alvarado, Pablo y Gacitua, Ignacio (2016). Incorporation of Continuous Improvement Methodology and Productive Increase in El Teniente Codelco Chile - El Teniente Division. *MinExcellence2016*. [2.2.6](#)
- Ballard, Glenn y Howell, Gregory A (1993). Lean project management. *International Journal of Project Management*, 11(1), 3–4. [2.2.3](#)
- Botero, Luis F. Botero y Álvarez, Martha E. Villa (2003). Identificación de Pérdidas. (pp. 65–78). [2.2.3](#)
- Cano, Sandra; Delgado, Jonathan; Botero, Luis; y Rubiano, Oscar (2015). BARRERAS Y FACTORES DE ÉXITO QUE IMPACTAN LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION. (pp. 57–65). [3](#)
- Carrillo, Eugenia y Gutiérrez, Priscilla (2015). BASES REQUISITOS DE PRODUCTIVIDAD PARA CONTRATOS DE CONSTRUCCIÓN. ([document](#)), [3.3.3](#), [E.2](#)
- Centre for the Study of Living Standards (2009). A detailed analysis of the productivity performance of mining in Canada. (September). [2.1.2](#)
- Cerda, Rodrigo; Gonzales, Luis E; y Gonzales, Luis E (2014). Desarrollo y análisis de Indicadores para el Mejoramiento de la Productividad en la Minería en Chile. [2.1.2](#), [1](#)
- Chlebus, E.; Helman, J.; Olejarczyk, M.; y Rosienkiewicz, M. (2015). A new approach on implementing TPM in a mine - A case study. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 15(4), 873–884. [2.2.6](#)
- CLAPES UC (2016). Productividad Codelco. (1), 1–5. [2.1.1](#), [2.1.2](#)

- Codelco (2015). Relato Corporativo Lean Management Codelco. (1), 1–5. [2.1.3](#)
- Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) (2014). *Productividad en la Industria Minera en Chile*. Technical report, Comisión Chilena del Cobre. [2.1.2](#)
- Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) (2015a). Caracterización de los Costos de la Gran Minería del Cobre. [2.1.1](#)
- Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) (2015b). Competitividad de la minería chilena del cobre. [2.1.1](#), [2.1.2](#), [2.1.3](#)
- Consejo Minero (2016a). *Catastro del Consejo Minero Proyectos de Inversión de Empresas Socias*. Technical report. ([document](#)), [2.1](#)
- Consejo Minero (2016b). Minería en Cifras. (pp. 63). ([document](#)), [1.1](#), [2.1.1](#), [2.1.3](#)
- Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) (2014). Bases para el Estudio de Factores que afectan la Productividad en la Construcción Minera. (56 2). [2.1.2](#)
- Creus, Gian-lluís Ribechini (2012). Propuestas para un Cambio de Paradigma en la Gestión de las Organizaciones: Conocimiento A3. (pp. 2–6). [2.2.5](#)
- de Diego, Asier Toledano; Sierra, N. M.; y Arcía, S. J. (2009). «Las claves del éxito de Toyota». LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas. *Cuadernos de Gestion*, 9(2), 113–122. [2.2.1](#), [2.2.1](#), [2.2.2](#), [2.2.5](#)
- DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2016). Informe de Cierre del Proyecto. ([document](#)), [3.1](#), [3.2](#), [3.1.1](#), [B.5](#), [B.7](#), [B.8](#)
- Gestión de la Producción Asesorías SpA. (GEPRO) (2015). Servicios de Mejora de Productividad en Proyectos, Informe Etapa Diagnóstico. ([document](#)), [1.1](#), [3.1](#), [A](#), [B.1](#), [B.2](#), [B.3](#), [B.1](#), [B.2](#), [B.4](#), [B.5](#), [B.3](#), [B.6](#)
- Hernández, Juan Carlos y Vizán, Antonio (2013). *Lean Manufacturing*. ([document](#)), [2.4](#), [2.2.2](#), [2.2.2](#)

Klippel, Altair Flamarion; Petter, Carlos Otávio; y Jr, José Antonio Valle Antunes (2008). Lean management implementation in mining industry. *Revista DYNA*, 75(154), 81–89.

[2.2.6](#)

Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. (pp. 37–62). [2.2.3](#)

Loeew, Joel (2014). *Lean Production in Mining: An Overview*. [2.2.4](#), [2.2.6](#)

Pons Achell, Juan Felipe (2014). Introducción a Lean Construction. (pp. 74). [2.2.2](#), [2.2.3](#)

Poppendieck, Mary y Llc, Poppendieck (2002). Principles of Lean Thinking Origins of Lean Thinking. *System*, D(July), 1–7. [2.2.1](#), [2.2.2](#)

Saavedra, Alfredo (2015). Construcción de Túneles Mineros. *Construcción Minera*, 10. [2.1.5](#)

Sabbatino Daniel, Alarcón Luis F., Toledo Mauricio (2011). Análisis de indicadores claves para una exitosa implementación del sistema last planner en proyectos de edificación. [A](#)

Salvatierra, José L.; Alarcón, Luis F.; López, A.; y Velásquez, X. (2015). Lean diagnosis for chilean construction industry: Towards more sustainable Lean practices and tools. *Proceedings for the 23th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (pp. 642–651). [2.2.3](#)

Sánchez, MJ; Gómez, JM; González, L; Hidalgo, M; y Sánchez, S (2012). Diseño de un modelo para implementar Lean con éxito. *6th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, (pp. 1518–1525). [2.2.2](#), [2](#)

Scherrer-Rathje, Maíke; Boyle, Todd A.; y Deflorin, Patricia (2009). Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Business Horizons*, 52(1), 79–88. [1](#)

Wijaya, R; Kumar, R; y Kumar, U (2008). Implementing Lean Principle into Mining Industry Issues and Challenges. (pp. 1–9). [\(document\)](#), [2.2.4](#), [2.2](#), [2.2.4](#)

Womack, James y Jones, Daniel T (1997). Lean Thinking. [2.2.2](#), [2.2.5](#), [2.2.5](#), [A](#)

A | Otros Conceptos y herramientas Lean

- **Ciclo de frente:** identifica las actividades realizadas en el tiempo disponible para trabajar en la frente, y medir sus respectivos tiempos. esto se realiza con el fin de clasificar las actividades ejecutadas, estudiar los rendimientos de las tareas, e identificar oportunidades de mejora. [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)
- **Ciclo de turno:** identifica las etapas que tiene un turno, representado de manera gráfica, lo que ayuda a tomar medidas para lograr ser más eficientes. [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)
- **Encuesta de detenciones:** mediante las encuestas se busca identificar las fuentes más frecuentes de interrupciones en las cuadrillas de la obra. Ante una detención se registra una causa específica de detención, la cantidad de trabajadores imposibilitados de realizar la actividad encomendada y el tiempo asociado a la detención, con el fin de calcular las horas hombre (HH) perdidas en el día. [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)
- **Just in time:** sistema que permite producir y entregar los productos correctos en el momento correcto y en las cantidades correctas. [Womack y Jones \(1997\)](#)
- **kaizen:** significa cambio para mejorar y se refiere a la mejora continua y progresiva de un proceso o actividad para lograr mejores prácticas, es decir, añadir más valor y menos desperdicios. [Womack y Jones \(1997\)](#)
- **Last Planner System®:** es un sistema de control de la producción que busca incrementar la confiabilidad de la planificación y mejorar el desempeño de los proyectos de construcción mediante el control efectivo de la incertidumbre. Algunos de los

indicadores que utiliza son el PPC (Porcentaje del Programa Cumplido) y las CNC (Causas de No Cumplimiento del programa), donde ésta última permite identificar las causas donde es necesario concentrar los esfuerzos de mejora. [Sabbatino Daniel, Alarcón Luis F. \(2011\)](#)

- **Muestreo del trabajo:** se realiza con el fin de saber las proporciones de los tiempos de trabajos, es decir, el porcentaje de tiempos utilizados en actividad productivas, contributorias y no contributorias dentro del tiempo disponible para trabajar en la frente. Estas mediciones se realizan mediante observaciones aleatorias, que por razones estadísticas es necesario que se realicen a lo menos 384 observaciones, ya que de esta forma se obtiene una confiabilidad de 95 % y un error no mayor de +/- 5 %. [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)
- **TPM:** mantenimiento productivo total (Total Productive Maintenance) es una serie de métodos, creados por Toyota, para garantizar mantenimientos preventivos de forma de evitar los tiempos perdidos por averías. [Womack y Jones \(1997\)](#)

B | Detalle Servicio Piloto

B.1. Diagnóstico

El diagnóstico se realizó entre julio y septiembre del 2015, recopilando datos en terreno de los frentes que existen en los distintos niveles de la mina; nivel de chancado (NCH), nivel de producción (NP), nivel de transporte intermedio (NTI), subnivel de ventilación (SNV) y nivel de hundimiento (UCL por sus siglas en inglés). Sumando las muestras de todos los niveles se obtuvo un total de 100 muestras realizadas únicamente en turnos de día y siempre bajo la tutela de un líder, ingenieros especialistas y analistas.

(i) Ciclo de Turno:

Con esta herramienta se midió el tiempo potencial disponible que tiene el personal para trabajar directamente en la frente dentro de su jornada de 12 horas. De las muestras se obtuvo que un 53 % del tiempo los trabajadores no están realizando actividades propiamente del ciclo minero, sino que se usa en actividades de traslados, esperas, charlas y otros.

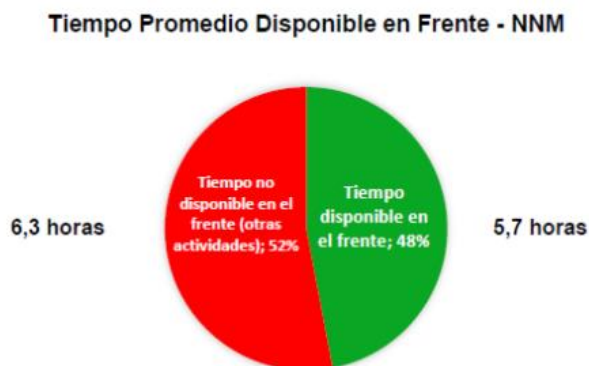


Figura B.1: Porcentaje del tiempo promedio disponible en la frente de un turno de 12 horas. Fuente: [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

De los datos anteriores, el 60 % de ellos fue realizado en un turno que tenía contemplada la colación en medio, y el otro 40 % donde la colación era al final de la jornada. En el primer caso, cuando la colación es en medio, el tiempo disponible en la frente es de un 50,8 % en promedio versus un promedio de 42,5 % para el segundo caso. [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

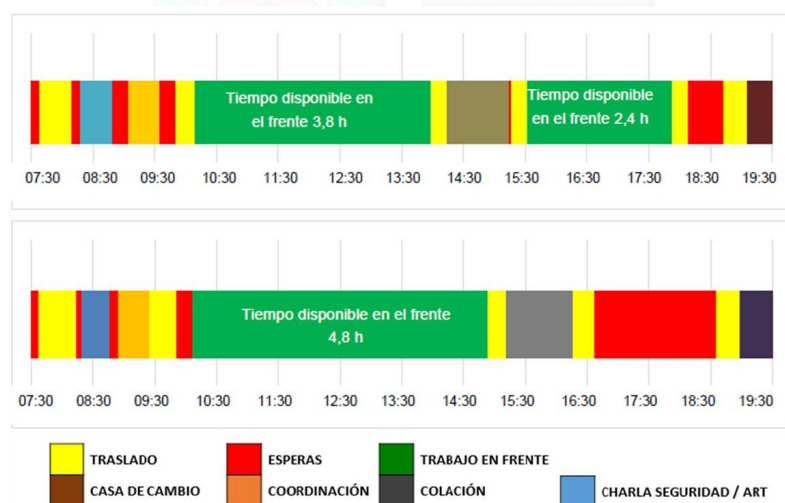


Figura B.2: Distribución de las actividades, en un turno con colación intermedia y un turno con colación al final. Fuente: [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

(ii) Muestreo del Trabajo:

Con esta herramienta se clasifica el tipo de trabajo que se realiza; Trabajo Contributorio, Trabajo No Contributorio y Trabajo Productivo. Con un 95 % de confiabilidad se obtuvo el siguiente resultado:

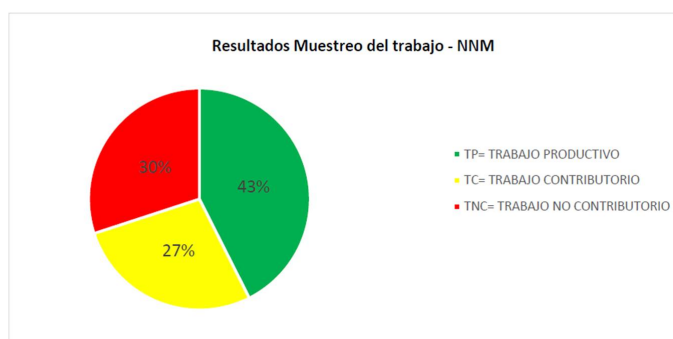


Figura B.3: Porcentaje por tipo de trabajo muestreado. Fuente: [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

Para clasificar los trabajos se consideraron como trabajos productivos aquellos que

dependiesen de un recurso clave (maquinaria o equipo), como por ejemplo la carga de explosivos, colocación de pernos y malla. En trabajos contributorios están consideradas todas las actividades de soporte y limpiezas necesarias y en el trabajo no contributorio se encuentran en su mayoría todas las esperas.

(iii) Ciclo de Frente:

En estas mediciones se consideran las actividades asociadas al ciclo minero que se realizan en la frente de trabajo, desde el inicio al final de la jornada, obteniendo el promedio, desviación y error de cada una de ellas.

Actividad	Cantidad	Promedio (min)	Desviación (min)	Error (min)	Confiabilidad
Topografía	4	17,25	4,65	5	95 %
Perforación	28	105,36	55,29	17	95 %
Carga Explosivos	7	122,43	40,07	25	95 %
Retiro Marina	15	123,4	70,82	23	90 %
Acuñadura	17	41,12	21,09	9	95 %
Shotcrete	18	77,94	43,42	17	95 %
Perforación Pernos	5	148,4	14,17	10	95 %
Colocación Malla	36	91,58	35,68	10	95 %

Tabla B.1: Datos por actividad en la frente. [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

(iv) Encuesta de Detenciones:

De esta herramienta se lograron obtener 129 observaciones a partir de 89 encuestas. Lo que equivale a un 20,6 % del tiempo disponible en la frente según horas hombre (HH).

Categoría	HH
Espera por Disponibilidad de Frente	150,4
Espera por Información	90,5
Espera por Materiales	61,9
Espera por Disponibilidad de Equipos	46,4
Espera por Servicios	30,8
Espera por Falla de Equipo	28,2
Espera por Sismicidad	27,9
Espera por Topografía	9,7
Espera Post-Tronadura	3,5
Rehacer Trabajo	3,3
Total General	452,4

Tabla B.2: Horas Hombre (HH) registradas según categoría de espera. Fuente: [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

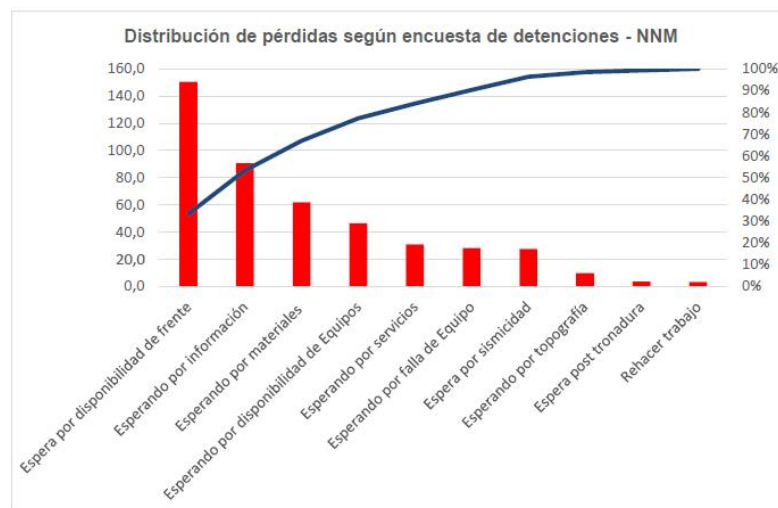


Figura B.4: Diagrama de Pareto según categoría de espera. Fuente: [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

Dentro de las primeras tres categorías que acumulan más de un 65 % de las HH registradas como pérdidas por esperas se puede destacar:

- Espera por disponibilidad en la frente: se debe a que la frente se encuentra ocupada por algún equipo o se esté realizando alguna actividad en el sector que impide los trabajos. Dentro de esta espera, las actividades que tienen mayor incidencia son: la colocación de pernos con un 30 % y el posicionamiento de un equipo en el área de trabajo con un 22 % de HH.

- Espera por información: esta espera se debe a la falta de instrucciones iniciales hacia la cuadrilla, a la falta información de cuál es la postura a la que se deben dirigir y a la visita de personal de Codelco VP que detiene las actividades para una revisión.

- Espera por materiales: en esta categoría la principal espera es por la llegada del camión mixer a la frente, donde se destaca una espera de hasta 4 horas, retrasando la fortificación con *shotcrete*.

B.2. Capacitaciones

- Curso Lean Enterprise que contó con la asistencia de alrededor de 30 personas entre gerentes y líderes de Codelco VP y de la empresa contratista. El curso fue una combinación de conceptos y metodologías *Lean*, y de simulación con el desarrollo de casos.

- Curso de Last Planner contó con la asistencia de personal de la empresa contratista.

- Charla “Lean for Business Leaders” de un consultor internacional experto en temas Lean. Esta charla fue realizada para los gerentes y líderes de productividad de Codelco VP.

A lo largo del servicio también se han hecho pequeñas capacitaciones y cursos de Last Planner u otras herramientas asociadas a *Lean* que se hicieron necesarias para los mecánicos, eléctricos y obras civiles (O OCC), tales como; los 5 porqué, diagrama de Ishikawa (espina de pescado), TPM, 5’S.

B.3. Oportunidades de Mejora y Objetivos

Se identificaron oportunidades de mejora orientadas a dos ejes:

1. Aumentar el tiempo disponible en la frente: con esto sólo se pretende aumentar el tiempo que las cuadrillas están en la frente para ejecutar tareas. Detectando las siguientes oportunidades:



Figura B.5: Distribución de las actividades del inicio de turno. Fuente: [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

- Mejorar la información disponible al inicio del turno, como la ubicación de equipos y su status.
- Disminuir los tiempos de las actividades al inicio del turno, como traslados, esperas y charlas.

Actividad	Promedio (min)	Mínimo (min)	Meta Promedio (min)	Objetivo
Traslado Junta-Barrio Cívico	36	15	36	Mantener promedio
Espera por Coordinación	44	10	10	Disminuir al mín.
Coordinación	41	5	20	Disminuir 50 %
Espera por Charla Seguridad	23	7	7	Disminuir al mín.
Charla de Seguridad	33	8	20	Disminuir 60 %
Espera Traslado Frente	49	9	9	Disminuir al mín.
Traslado a la Frente	17	10	17	Mantener promedio
TOTAL	243	64	119	Disminuir en 2 hr.

Tabla B.3: Objetivos en tiempo para cada actividad al inicio del turno. (*) Depende de Condiciones de seguridad. Fuente: [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

Al establecer una meta de disminución para cada una de las actividades al inicio del turno, ayudaría a tener una hora más disponible para trabajar en el frente.

2. Aumentar la eficiencia del tiempo disponible en la frente: una vez aumentado el tiempo disponible en la frente, la idea es que este tiempo se ocupe de forma eficiente, por esto se pretende aumentar el tiempo utilizado en trabajos productivos (TP) que son los que realmente agregan valor. Para esto se debe eliminar los tiempos perdidos en Trabajos No Contributorios (TNC) y minimizar el Trabajo Contributorio (TC) que se reconoce como una pérdida necesaria, ya que son las tareas de apoyo a las

actividades principales. Para lograr esto se detectaron las siguientes oportunidades durante el turno:



Figura B.6: Distribución de las actividades de inicio de turno. Fuente: [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2015\)](#)

- Mejorar los flujos de información para eliminar las esperas por instrucciones o equipos (Trabajo No Contributorio).
- Mejorar la distribución de shotcrete y eliminar las esperas relacionadas (Trabajo No Contributorio).
- Mejorar la coordinación de las cuadrillas.

B.4. Iniciativas Implementadas y Resultados Obtenidos

En relación a las oportunidades identificadas y sus propuestas para mejorar el avance diario de los túneles, es que se instauran iniciativas con un plan y equipo de trabajo definido. Se determinan 2 grupos por oportunidad de mejora, los que pretenden con pequeñas mejoras lograr el objetivo planteado.

Estas iniciativas se implementaron durante un periodo de 4 meses, desde octubre del 2015 a inicios de febrero del 2016. Durante este tiempo, por cada una de las iniciativas, se implementaron distintas actividades para crear mejoras en los procesos, las que eran propuestas e implementadas por cada uno de los grupos. Estos grupos se conformaron con el personal correspondiente a cada área de la iniciativa, con el objetivo de que participaran en las reuniones de trabajo y aportaran con su conocimiento y experiencia en su área particular. Para cada grupo se definió un líder, quien era el responsable de las implementaciones y de guiar las reuniones de trabajo, acompañando estos grupos estaba el líder de terreno del

consultor con los especialistas y analistas que otorgaban los conocimientos necesarios en herramientas Lean, además de medir y seguir la evolución de cada medida implementada.

En específico en una de las iniciativas fue necesario también incluir a personal de la planta de hormigón, que pertenece a una empresa externa, quienes estaban involucrados en los temas del suministro de shotcrete en la frente, por lo tanto se hacía necesaria su participación.

A continuación se muestra una tabla resumen de cada uno de los grupos que se conformaron, de su objetivo y participantes:

	Grupo	Iniciativa	Objetivo	Participantes
Aumentar Tiempo Disponible en la Frente	1	Coordinación Inicio de Turno	Optimización de tiempos, charlas de capacitación y reuniones necesarias para dar inicio al turno.	Líder Consultor Jefes Contratista JefesCodelco
	2	Mejora Sistema de Transporte	Optimización del sistema de transporte del personal en los turnos.	Líder Consultor Mecánicos Contratista Coord. Construcción Codelco
Aumentar Eficiencia del Tiempo en la Frente	3	Implementación de Last Planner	Mejorar la planificación a corto y mediano plazo para aumentar el cumplimiento de actividades en función de compromisos confiables.	Líder Consultor Jefe Of. Técnica Jefe Operaciones Esp. Construcción Codelco
	4	Mejora del Suministro de Shotcrete	Optimización de recursos planta (propia o terceros), transporte del hormigón, coordinación y despacho del hormigón necesario en la frente.	Líder Consultor Jefe Operaciones Coord. Calidad Esp. Construcción Codelco Planta Hormigón (terceros)

Tabla B.4: Cuadro Resumen de las iniciativas, sus objetivos y participantes. Fuente: Elaboración Propia.

El trabajo de cada uno de los grupos se basó en el ciclo de Deming o PDCA. Identificando los objetivos y el plan de trabajo; ejecutando el plan y recopilando los datos; analizando los resultados y reflexionando sobre ellos, y finalmente haciendo los cambios y estandarizaciones respectivas.

	Grupo	Iniciativa	Tareas Realizadas	Diagnóstico (hr)	Meta (hr)	Resultado (hr)
Aumentar Tiempo Disponible en la Frente	1	Coordinación Inicio de Turno	- Estandarización de Charla - Instalación de Pañoles - Instalación de Bodega Epp's en Junta	1,36	0,77	1,11
	2	Mejora Sistema de Transporte	- Nuevo Ingreso/SalidaFurgón para Supervisores - Contratación 2 conductores por turno	1,36	1,03	0,76
Aumentar Eficiencia del Tiempo en la Frente	3	Implementación de Last Planner	- Instauración Reuniones Semanales - Instalación Pizarras (Estado frentes, restricciones, CNC, PPC)	4,3	2,1	1,42
	4	Mejora del Suministro de Shotcrete	- Mejora Comunicaciones (áreas de abastecimiento UCL y SNV) - Creación Nuevo Estándar para Solicitud de Shotcrete	1,1	0,5	0,75

Tabla B.5: Cuadro Resumen de las iniciativas, las actividades realizadas y los resultados comparados al diagnóstico y la meta propuesta. Fuente: Elaboración a partir de [DICTUC](#) y [Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\)](#) (2016).

Además de la disminución de los tiempos realizada para cada una de las iniciativas, que se observa en la tabla anterior, se volvió a medir las horas disponibles para trabajar en la frente con su respectivo muestreo del trabajo, de lo que se logró promediar una hora más de tiempo disponible para trabajar en la frente y una disminución de un 4 % en el tiempo dedicado a trabajos que no agregan valor.

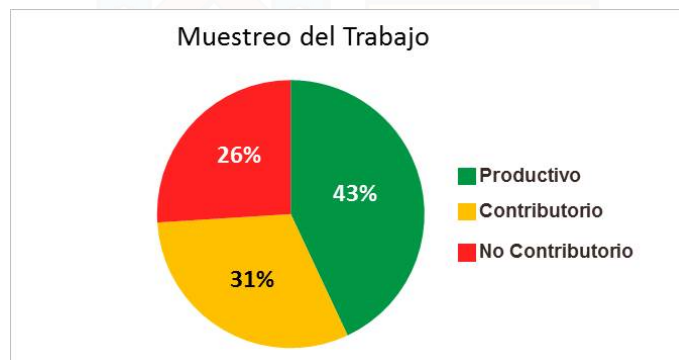


Figura B.7: Tiempo promedio disponible en la frente después de la implementación de las iniciativas. Fuente: [DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2016\)](#)

Esta disminución del tiempo no contributorio, se traspasó a un aumento del tiempo contributorio, dejando el los tiempos utilizados en trabajos productivos en el mismo valor que en el diagnóstico.

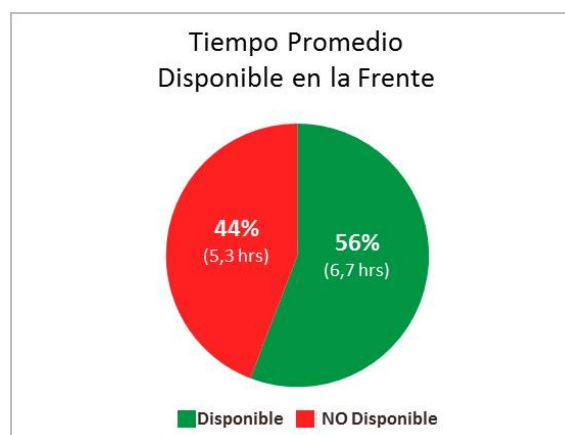


Figura B.8: Muestreo del trabajo después de la implementación de las iniciativas. Fuente: [DICTUC y Gestión de la Producción Asesorías SpA. \(GEPRO\) \(2016\)](#)

C | Encuesta

C.1. Cuestionario Utilizado



ENCUESTA N° _

Encuesta sobre la Implementación de Mejoras a la Productividad

Muchas gracias por participar en esta encuesta. Su participación permitirá generar nuevo conocimiento sobre la implementación de mejoras a la productividad en minería.

El público objetivo son todos aquellos que hayan participado en las iniciativas de mejoras realizadas entre septiembre 2015 y febrero 2016, es por esto que se pide su ayuda para que conteste unas breves preguntas que le demandarán unos 10 minutos.

Las respuestas son totalmente confidenciales y anónimas.
No hay respuestas correctas ni incorrectas. Es importante que responda todas las preguntas de forma clara y honesta, basándose en su experiencia personal y opiniones respecto de las medidas implementadas en el plan de mejoras a la productividad.

¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Instrucciones:

Conteste las preguntas marcando con una X según corresponda.

No olvide contestar TODAS las preguntas.

Si requiere más espacio para responder puede usar el reverso indicando el número de la pregunta.

Datos Personales	
Edad: _____	Género: ☐ M ☐ F
Tiempo que lleva trabajando en minería: _____ (aprox. Años, meses)	

Datos Lugar de Trabajo	
Empresa: Codelco ☐	Contratista ☐ Otro _____
Lugar habitual de trabajo: Terreno ☐ Oficina ☐ Otro _____	

Categoría		Afirmaciones	Totalmente En Desacuerdo	En Desacuerdo	Neutro	De Acuerdo	Totalmente De Acuerdo
I. Contexto	1	Es favorable fomentar la productividad en la minería	1	2	3	4	5
	2	Es acertado implementar mejoras a la productividad con el apoyo de un externo	1	2	3	4	5
II. Servicio Mejora	3	He participado o escuchado con anterioridad sobre la filosofía Lean	1	2	3	4	5
	4	Las metodologías que buscan eliminar pérdidas de los procesos, como la filosofía Lean, son adecuadas para ser implementadas en	1	2	3	4	5
A. Diagnóstico	5	Los datos recolectados fueron representativos para las actividades en terreno	1	2	3	4	5
	6	Las observaciones y mediciones en terreno, fueron adecuadas para la recolección de datos	1	2	3	4	5
	7	Hubo una clara comunicación de las oportunidades encontradas en la etapa del diagnóstico.	1	2	3	4	5
B. Capacitaciones y/o Talleres	8	Conocía algunos de los conceptos y/o herramientas abordados en las capacitaciones y/o talleres (*)	1	2	3	4	5
	9	Aprendí algo nuevo en las capacitaciones (*)	1	2	3	4	5
	10	Los conceptos y/o herramientas aprendidos en las capacitaciones y/o talleres son aplicables en mis labores diarias (*)	1	2	3	4	5
	11	Las capacitaciones y/o talleres de productividad deben ser más frecuentes (*)	1	2	3	4	5
C. Diseño e Implementación Mejoras	12	Tengo la capacidad para identificar interferencias y gestionar un plan para minimizarlas o eliminarlas	1	2	3	4	5
	13	El trabajo multi-empresa (Codelco - Zublin) potenció y facilitó la motivación y coordinación	1	2	3	4	5
	14	La figura de un líder por iniciativa ayudó a mejorar el desempeño del equipo	1	2	3	4	5
D. Evaluación y Seguimiento Mejoras	15	Las variables a seguir, definidas en cada grupo, eran relevantes	1	2	3	4	5
	16	Se realizó un seguimiento adecuado a las variables en cuestión	1	2	3	4	5
	17	Se observaron beneficios luego de la implementación de las mejoras (menor tiempo de espera, mayores avances, entre otros)	1	2	3	4	5
III. Desempeño Personal y Grupal	18	Participé activamente en las reuniones grupales y las iniciativas de mejoras	1	2	3	4	5
	19	Mis compañeros participaron activamente en las reuniones grupales y las iniciativas de mejoras	1	2	3	4	5
	20	Al trabajar en equipo se pudo afrontar de mejor manera los problemas	1	2	3	4	5
	21	El cumplimiento de los compromisos fue adecuado para el correcto desarrollo de las iniciativas	1	2	3	4	5
	22	Existía una clara comunicación y difusión entre los que participaron de las iniciativas	1	2	3	4	5
IV. Conclusión	23	Participaría nuevamente en iniciativas de este tipo	1	2	3	4	5
	24	Estamos preparados para continuar con nuevas iniciativas de mejoramiento o profundizar las ya abordadas	1	2	3	4	5
	25	Estamos preparados para realizar iniciativas de mejoramiento de forma autónoma	1	2	3	4	5
	26	La aplicación de esta metodología ha mejorado la relación Codelco - Zublin	1	2	3	4	5

(*) Si no asistió a ningún tipo de capacitación o taller favor **NO RESPONDER** la categoría de Capacitaciones y/o Talleres.

2. Preguntas Abiertas: Opinión General

A) ¿Qué medidas propondría usted para mejorar la productividad de sus labores diarias?

B) ¿Qué cree usted que puede impedir o dificultar la implementación de este tipo de medidas?

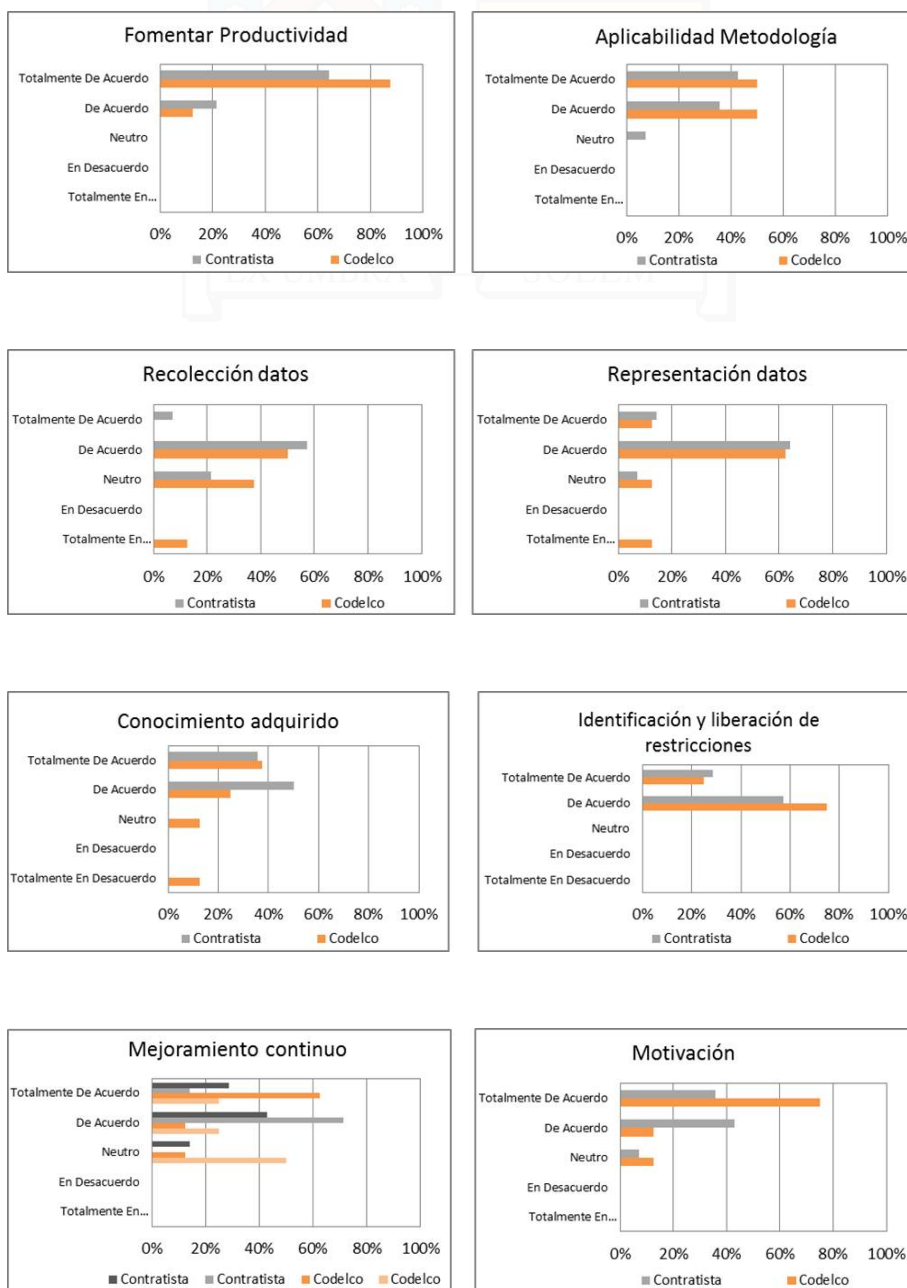
Evalúe su nivel de satisfacción de acuerdo a la implementación realizada. (Utilice una escala de notas 1 al 7, considerando 1 como mínima satisfacción y 7 como máxima satisfacción).

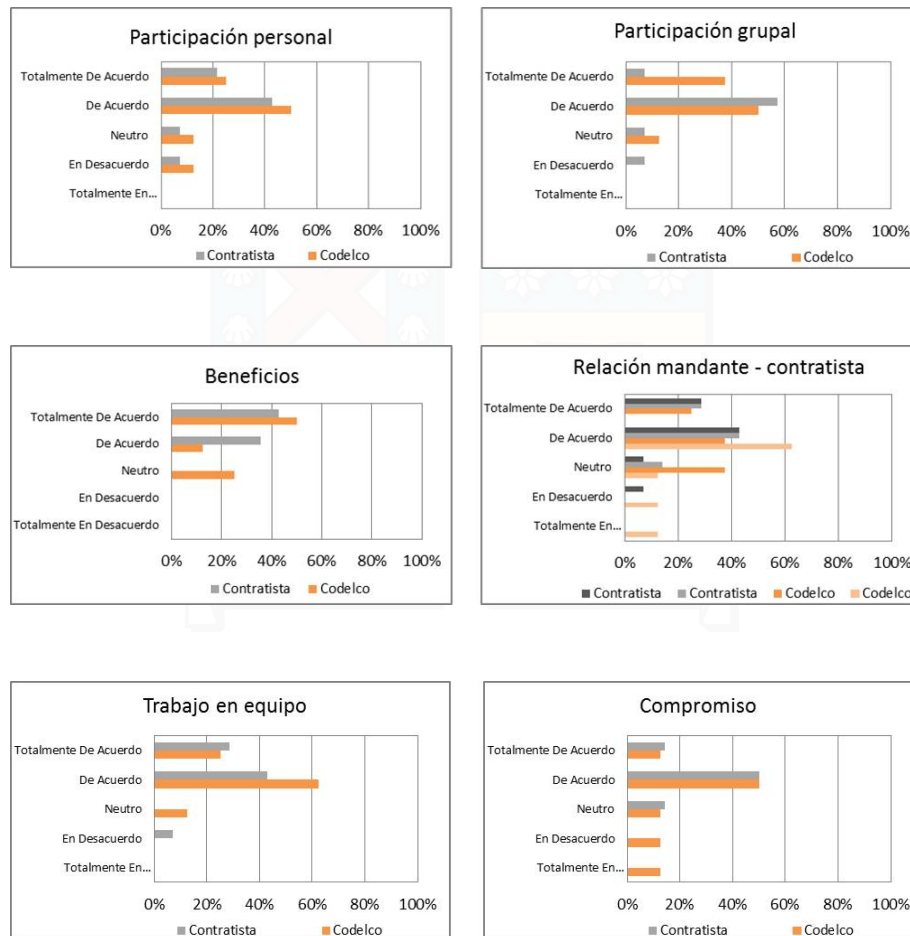
Implementación	Nota (1 a 7)
Herramientas utilizadas (Last Planner®, talleres, plan comunicacional, paneles, etc.)	
Talleres y capacitaciones	
Beneficios de la implementación	
Capacidad para continuar con lo aprendido	

¡MUCHAS GRACIAS!

C.2. Detalle Resultados

A continuación se adjunta un análisis de gráficos adicional, realizado separando las respuestas de Codelco y el contratista, y ver si existía alguna diferencia significativa, pero como se puede observar las diferencias no son del todo relevantes.





En las siguientes tablas se detalla el promedio obtenido según la satisfacción de acuerdo a la implementación de las diferentes etapas.

También se adjuntan las tablas con el total de las respuestas obtenidas en las preguntas abiertas de la parte 2 de la encuesta.

Implementación	Promedio General
Herramientas utilizadas	5,5
Talleres y capacitaciones	5,4
Beneficios de la implementación	5,6
Capacidad para continuar con lo aprendido	5,6

Parámetro	FR	Medidas Propuestas
Planificación	0	- Mejorar planificación (considerar holguras) - Mantener un control eficiente de la planificación realizada - Tener planificación semanal para que cada depto. Genere su last planner con foco al plan minero - Realizar POD interna y a nivel departamental - Seguir con la implementación de Last Planner
Comunicación	0	- Mejor flujo de información Codelco-Codelco y Codelco - Contratista - Mejorar canalización de información entre los involucrados (codelco-contratista)
Ingeniería	2	- Mayor definición - Incorporar controles de ingeniería con operación de extracción marina
Iniciativas	1	Mantener los trabajos de grupo (iniciativas), mejorarlos y cumplir el ciclo PDCA
Disponibilidad en la frente	1	Eliminar esperas, implementar bodegas de avanzada cercanas a los frentes
Talleres mecánicos	1	Mejor infraestructura de los talleres de mantención
Causas de No Cumplimiento	1	Minimizar las CNC del contratista
Productividad inmersa en las labores diarias	1	La productividad debe estar dentro de las funciones y responsabilidades diarias, no debe ser adicional
Compromiso	1	- Mejorar compromiso de la supervisión y cumplir los compromisos con el contratista - Mayor compromiso de los participantes
Geomecánica	1	Mayor definición

Parámetro	FR	Barreras
Tiempo de implementación	1	
Resultados	1	
Personas	3	- Resistencia de los trabajadores - Cultura - Motivación
Conocimiento en la filosofía	1	Falta de conocimiento de la metodología por los participantes
Sentido de urgencia	1	Se va perdiendo el sentido de urgencia
Organización	1	Burocracia por cargos de trabajo
Definiciones clave	1	No se tienen definiciones claves
Costo	1	No todas las empresas están dispuestas a asumir los costos de las mejoras
Tiempo	1	No todas las empresas están dispuestas a asumir los tiempos de las mejoras

D | Organigrama Proyecto NNM

A continuación se presenta el organigrama general del Proyecto Nuevo Nivel Mina.

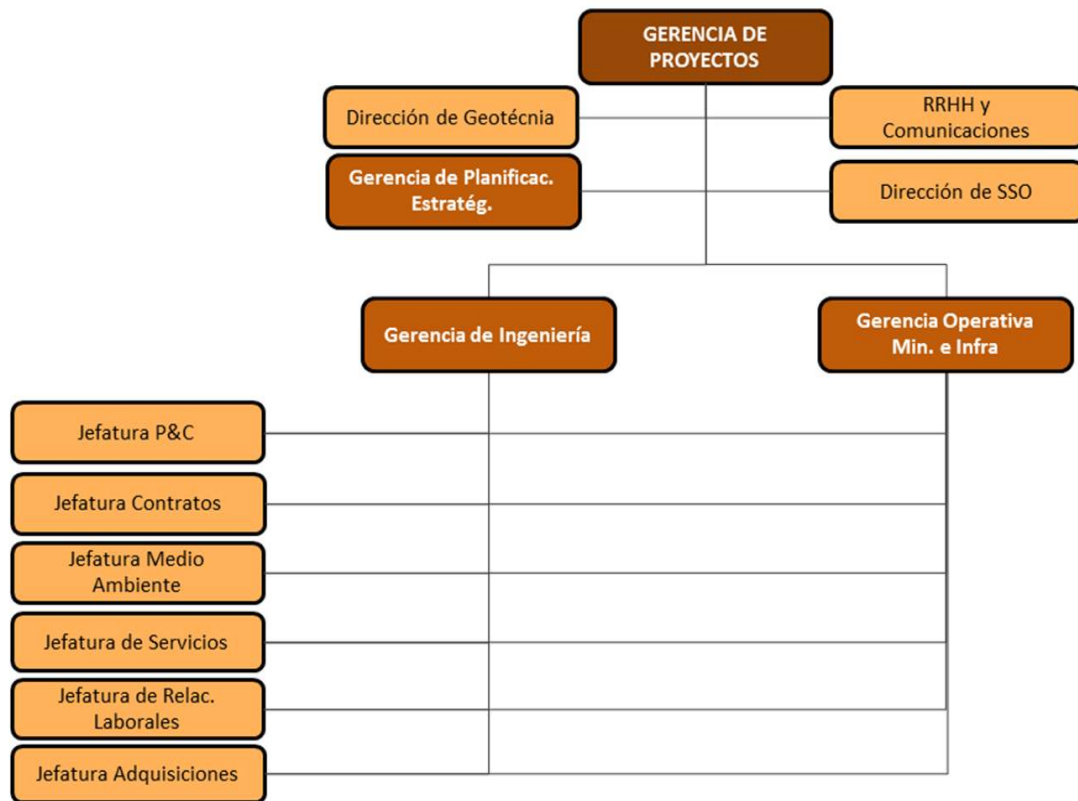


Figura D.1: Organigrama del Proyecto Nuevo Nivel Mina. Fuente: Información entregada por el proyecto.

En específico y para mayor claridad, los objetivos del área de Planificación Estratégica son los siguientes:

- **Objetivo General:** Ser el «garante de la promesa¹³», desarrollando para ello la Gestión de Alcance del proyecto y velando por la correcta ejecución de la estrategia definida.
- **Objetivos Específicos:**
 - Gestión de Alcance del Proyecto (técnico y gestión): Liderar y realizar seguimiento a la gestión de riesgos del proyecto. Liderar la gestión de cambios al alcance del proyecto, con el apoyo operacional de Control de Proyectos. Liderar y operar la gestión de *stakeholders* críticos del proyecto. Liderar la gestión comunicacional del proyecto, tanto interna como externa.
 - Ejecución de la Estrategia: Llevar a cabo el rol de control de gestión interna para velar por el cumplimiento de los compromisos. Responsable de velar por el rol integrador entre las áreas del proyecto, realizando mejoras en los procesos existentes, su conexión y comunicación. Liderar iniciativas de productividad tanto a nivel: operativo, táctico y estratégico; de modo de asegurar el cumplimiento de los plazos comprometidos.

¹³La promesa tiene 4 ámbitos: costos, plazos, alcance y calidad. P&C vela por los costos y plazos y PE considera alcance y calidad.

E | Material de Apoyo

E.1. Ámbito: Reuniones efectivas

Pauta Evaluaciones

Para el diagnóstico, evaluaciones parciales y evaluación final se consideran los siguientes requerimientos que debe tener una reunión basada en la filosofía Obeya, evaluado mediante porcentajes de completitud o madurez por cada ítem, y que finalmente se promedian para obtener el cumplimiento global.

	Objetivo y Rutina	%	Espacio Físico y KPI's	%	Conducta y Mejora Continua	%
1	¿Están definidos los objetivos de la reunión (incluyendo entregables)?		¿El espacio físico y layout de la sala son adecuados para acoger a los participantes y desarrollar la reunión?		¿Se evalúa constantemente el estado de la sala y la reunión para potenciar lo positivo y corregir lo negativo?	
2	¿Es la reunión necesaria para cumplir con los objetivos y prioridades?		¿Las prioridades y objetivos son claramente visibles en la sala?		¿Al identificarse problemas los responsables presentan soluciones y comprometen fechas para la mejora continua de procesos y sistemas?	
3	¿Son los objetivos conocidos y respetados por los participantes?		¿El proceso de la reunión (rutina, agenda, roles) es claramente visible en la sala?		¿Los participantes asumen compromisos, los ejecutan y verifican su cumplimiento?	
4	¿Se discuten temas relacionados con las prioridades durante 80 % o más del tiempo de la reunión?		¿Los elementos principales de la cultura de la sala Obeya son visibles en la sala?		¿Los participantes mantienen un espíritu constructivo durante las reuniones?	
5	¿Se toman decisiones y compromisos accionables con clara definición de siguientes pasos y responsables?		¿Se cuenta con información visible alineada con las prioridades y objetivos?		¿Los participantes conocen y respetan las mejores prácticas de la reunión Obeya?	
6	¿Está claramente formalizada la logística (participantes, horario y lugar) de la reunión? ¿Es adecuada?		¿La información visible (paneles) permite entender desvíos del plan y tomar decisiones accionables?			
7	¿Existe una agenda de la reunión definida con temas, tiempos y responsabilidades? ¿Es adecuada?		¿La información disponible es claramente visible y autoexplicativa?			
8	¿Están los roles adicionales de los participantes claramente definidos (ej: moderador)?					

Tabla E.1: Requerimientos para reuniones bajo la filosofía Obeya Room. Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por The Boston Consulting Group a Codelco.

Despliegue Indicadores

El diseño de los paneles se realiza a partir de una estandarización de la información, con un quiebre determinado y una semaforización de cada uno de los indicadores. A continuación se muestra un ejemplo utilizado en las últimas implementaciones de Obeya Room en proyectos de la VP.

00 – Avance			
Nombre del KPI			
Proyecto NNM → Obras: Túneles y Adits → Trabajos: Adits			
Info General del KPI - Nombre del KPI - Sector al que aplica		Semáforo del KPI Rojo (atraso) Amarillo (alerta) Verde (on track)	
Área para desplegar el KPI visualmente			
Info del Responsable - Nombre - Área en que trabaja	Versión del Plan - Plan Maestro - Fecha prog. Mensual	Data de impresión - Fecha de impresión - Nombre del Excel	
Responsable: ---	Plan maestro: ---	Fecha impresión: ----	
Área: ----	Programa mensual: ----	Nombre Archivo	

Figura E.1: Panel estandarizado para mostrar cada indicador. Fuente: Información creada por The Boston Consulting Group y entregada a Codelco.

Rutina Reunión

En general en las reuniones Obeya que se han implementado en los proyectos de la VP, la rutina utilizada se divide en avance del periodo (identificado con el color azul), revisión del programa (identificado con el color rojo), revisión de los compromisos anteriores (identificado con el color amarillo) y la descripción de las prioridades e interferencias de la semana (identificadas con color rojo)

En la siguiente figura se muestra un ejemplo descriptivo de una ficha de rutina:

Responsables		Lugar	Asistentes	
Lider: Moderador:		Sector: Ubicación: Sala:		
Horario				
Frecuencia: Semanal	Día: Inicio Fin:			
Objetivos				
Revisar los indicadores operacionales en obras subte Identificar potenciales interferencias Levantar compromisos para evitar interferencias y asegurar cumplimiento del plan				
AGENDA				
Sección	Tema a tratar	KPI	Responsable	Tiempo
Dinámica	Pasar lista de participantes		Moderador	
Avance	Reflexión de seguridad		Seguridad	
Avance				
Nuevos compromisos	Tomar nuevos compromisos por parte de la VP cuando hay desvíos		Moderador	
Planificación	Presentar programa y supuestos		P&C	
	Identificar interferencias potenciales		Moderador	
Compromisos	Revisar estado de compromisos anteriores		Moderador	
Prioridades	Presentar las prioridades de la semana		Lider	

Figura E.2: Panel estandarizado para mostrar cada indicador. Fuente: Información creada por The Boston Consulting Group y entregada a Codelco.

E.2. Generación de Iniciativas en Túneles y Adits

Clasificación Actividades

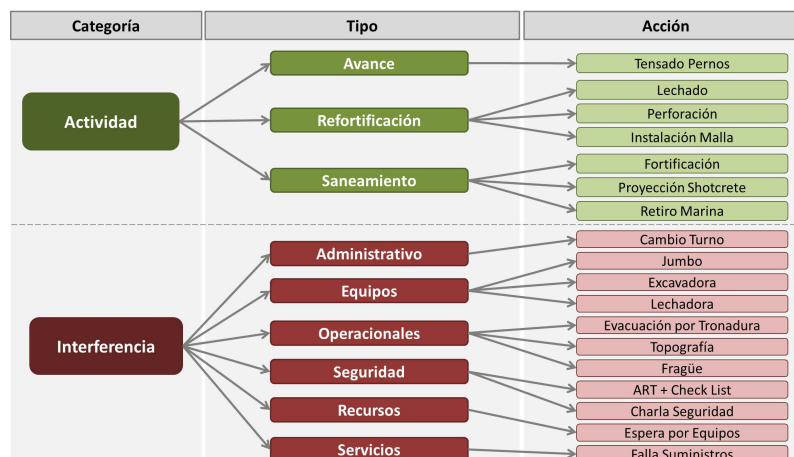


Figura E.3: Ejemplo de la clasificación de actividades e interferencias. Fuente: Elaboración propia.

Reporte A3 por cada grupo

Los A3 que se muestran a continuación corresponden al seguimiento realizado a las actividades de la semana del 06 al 12 de junio del 2016.

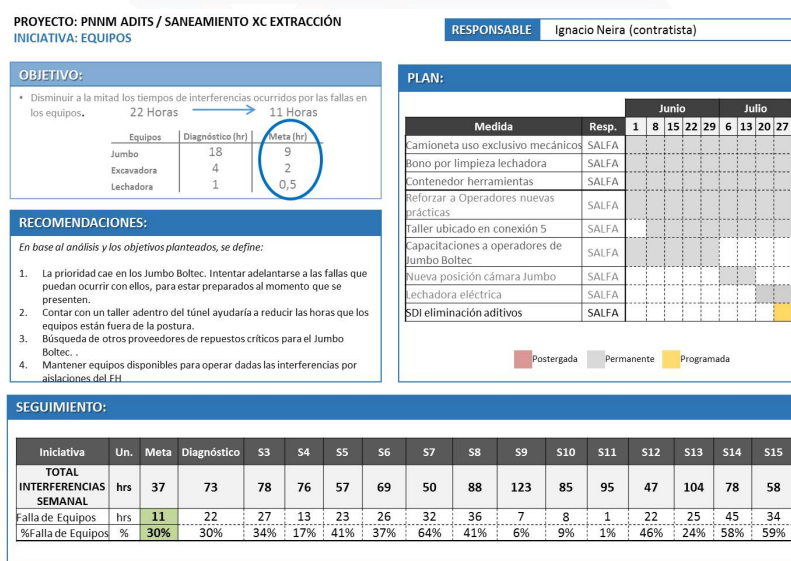


Figura E.4: A3 correspondiente a la falla de equipos. Fuente: Elaboración propia.

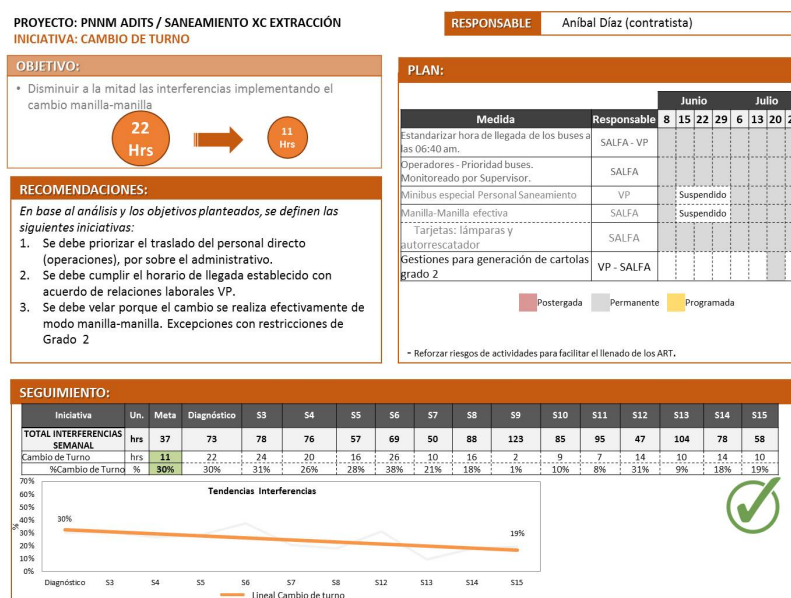


Figura E.5: A3 correspondiente a las interferencias durante el cambio de turno. Fuente: Elaboración propia.

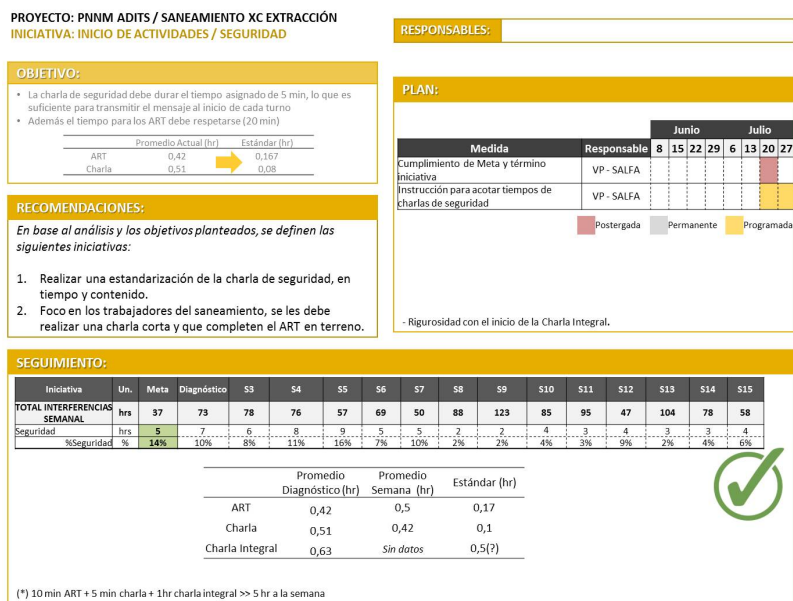


Figura E.6: A3 correspondiente a las interferencias por las actividades de seguridad. Fuente: Elaboración propia.

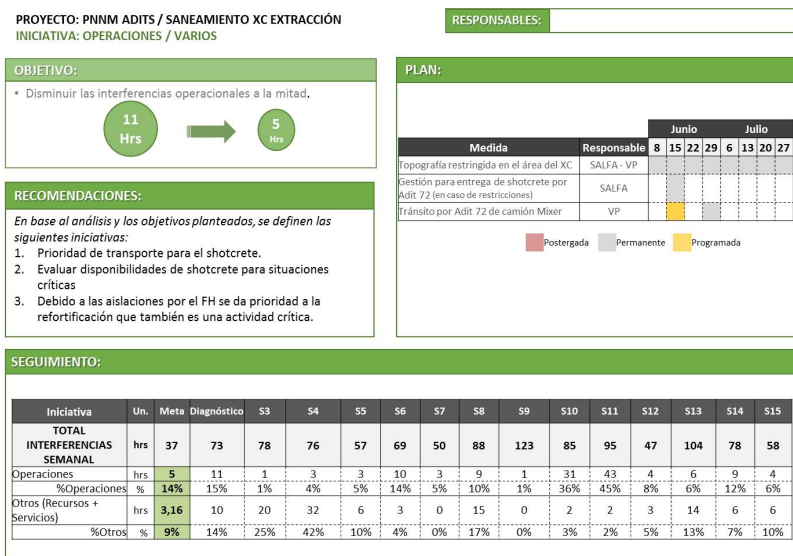


Figura E.7: A3 correspondiente a las interferencias operacionales. Fuente: Elaboración propia.

E.3. Reunión de Coordinación Túneles y Adits

Diagnóstico

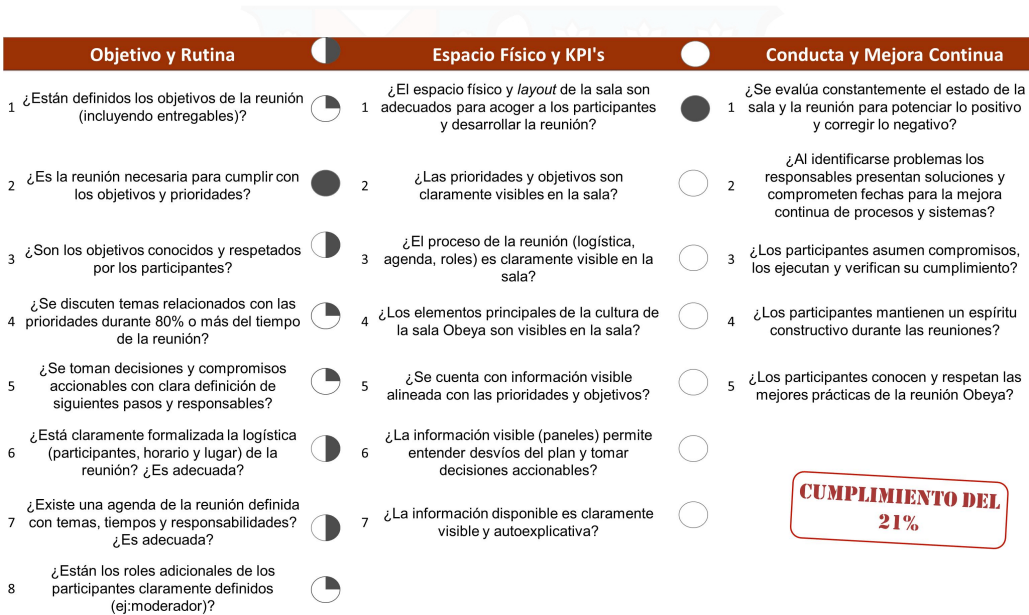


Figura E.8: Evaluación realizada a la reunión actual de coordinación para tener un diagnóstico inicial. Fuente: Elaboración propia.

Rutina reunión

Ficha de reunión

Última revisión: 09 agosto 2016

REUNIÓN DE COORDINACIÓN VP

Responsables [Reemplazante]		Lugar	Asistentes
Líder:	Daniel Valdés [JP Cañas]	Lugar:	Edificio 107
Moderador:	David Fuentes [Héctor Henríquez]		Sewell
Dueño:	David Fuentes	Sala:	Sala Reuniones
Horario			2° piso
Frecuencia:	Semanal	Día:	Miércoles
Inicio	16:00	Fin:	17:05
Objetivos			
Revisar los indicadores operacionales en obras Revisión de performance de la semana anterior (seguridad, cumplimiento del plan, disponibilidad de equipos, productividad, ingeniería, calidad, geotecnia) Identificar potenciales interferencias por parte de la VP con el plan Levantamiento de interferencias y restricciones Levantar compromisos por parte de la VP para evitar interferencias y asegurar cumplimiento del plan			

AGENDA			
Sección	Tema a tratar	Responsable	Tiempo
Dinámica	Pasar lista de participantes	Moderador	1' (16:00⇒16:01)
1. Trabajos Adits			
Avance	Revisar métricas de seguridad	Seguridad	2' (16:01⇒16:03)
	Revisar avance real vs. programa	Jefe Construcción	10' (16:03 ⇒ 16:13)
	Revisar disponibilidad equipos	Jefe Construcción	
	Revisar productividad	Jefe Construcción	
	Revisar avances de ingeniería	Ingeniería	3' (16:13 ⇒ 16:16)
Revisar métricas de calidad	Calidad	3' (16:16 ⇒ 16:19)	
Nuevos compromisos	Tomar nuevos compromisos cuando hay desvíos	Moderador	En paralelo a la revisión de avance
2. Trabajos Teniente 4			
	Revisar métricas de seguridad	Seguridad	2' (16:19 ⇒ 16:21)
	Revisar avance real vs. programa	Jefe Construcción	10' (16:21 ⇒ 16:31)
	Revisar disponibilidad equipos	Jefe Construcción	
	Revisar productividad	Jefe Construcción	
	Revisar Ingeniería	Ingeniería	3' (16:31 ⇒ 16:34)
Revisar Calidad	Calidad	3' (16:34⇒ 16:37)	
Nuevos compromisos	Tomar nuevos compromisos cuando hay desvíos	Moderador	En paralelo a la revisión de avance
3. Trabajos Fracturamiento Hidráulico			
Avance	Revisar métricas de seguridad	Seguridad	2' (16:37 ⇒ 16:39)
	Revisar avance real vs. programa	Jefe Construcción	10' (16:39⇒ 16:49)
	Revisar disponibilidad equipos	Jefe Construcción	
	Revisar productividad	Jefe Construcción	
	Revisar geotecnia	Geotecnia	5' (16:49 ⇒ 16:54)
Nuevos compromisos	Tomar nuevos compromisos cuando hay desvíos	Moderador	En paralelo a la revisión de avance
4. General			
Planificación	Presentar programa y supuestos	P&C	3' (16:54 ⇒ 16:57)
	Identificar interferencias potenciales VP	Moderador	En paralelo a la pres. de los supuestos
Compromisos	Revisar estado de compromisos anteriores	Moderador	3' (16:57⇒ 17:00)
Prioridades	Presentar las prioridades de la semana	Líder	3' (17:00 ⇒ 17:03)

Figura E.9: Detalle de la rutina de la reunión de coordinación, identificando claramente los tiempos, responsables y temas a tratar. Fuente: Elaboración propia.

E.4. Registro de Estándares OIM

Registro Estándares

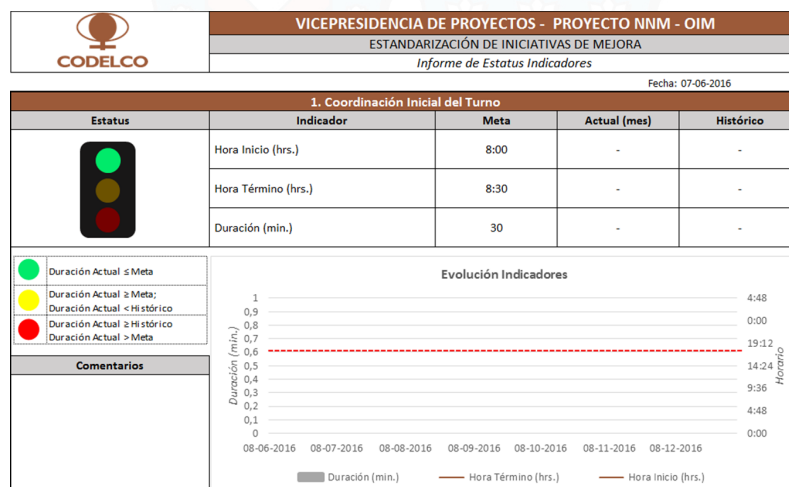


Figura E.10: Informe ilustrativo del seguimiento a realizar por cada estándar. Fuente: Elaboración propia.

Descripción Estándares

PROYECTO NUEVO NIVEL MINA ESTÁNDAR N°1: CHARLA DIARIA DE SEGURIDAD											
OBJETIVO: Promover la realización de charlas efectivas de duración definida, evitando prolongaciones innecesarias para cumplir con el objetivo determinado.	INDICADORES Y METAS: Turno A: ☐ Hora Inicio: 8:00 hrs. ☐ Hora Término: 8:30 hrs. ☐ Duración: 30 min.										
RESPONSABLE: Contratista Jefe Seguridad	Turno B: ☐ Hora Inicio: 21:00 hrs. ☐ Hora Término: 21:30 hrs. ☐ Duración: 30 min.										
REPORTE: Mensual Líder de productividad (Codelco)	Periodicidad: Cada reunión.										
ASISTENTES: Contratistas - Jefe de Seguridad y Salud Ocupacional - Personal del turno entrante											
RUTINA: <table border="0"> <tr> <td>- Difusión de Accidentes/Estadísticas/Conductas/</td> <td>15 min</td> </tr> <tr> <td>- Charla de Inicio Turno (o fin de semana)</td> <td>5 min</td> </tr> <tr> <td>- Exposición del Administrador de contrato</td> <td>5 min</td> </tr> <tr> <td>- Exposición de temas relevantes</td> <td>5 min</td> </tr> <tr> <td>- Cierre de la reunión</td> <td></td> </tr> </table>		- Difusión de Accidentes/Estadísticas/Conductas/	15 min	- Charla de Inicio Turno (o fin de semana)	5 min	- Exposición del Administrador de contrato	5 min	- Exposición de temas relevantes	5 min	- Cierre de la reunión	
- Difusión de Accidentes/Estadísticas/Conductas/	15 min										
- Charla de Inicio Turno (o fin de semana)	5 min										
- Exposición del Administrador de contrato	5 min										
- Exposición de temas relevantes	5 min										
- Cierre de la reunión											

Figura E.11: Ficha descriptiva de la Reunión Diaria de Seguridad. Fuente: Elaboración propia.

 PROYECTO NUEVO NIVEL MINA ESTÁNDAR N°2: REUNIÓN DIARIA OPERACIONAL	
OBJETIVOS: Maximizar el tiempo y la efectividad del tiempo disponible en la frente. Mejorar la coordinación, y flujo de información de las frentes de trabajo para comunicar a las cuadrillas la información requerida.	INDICADORES Y METAS: Turno A: ☐ Hora Inicio 07:50 hrs ☐ Hora Término 08:20 hrs ☐ Duración 30 min ☐ Cumplimiento Avance 100% ☐ PPC (diario) 100% ☐ N° nombradas con formato y retroalimentación de la cuadrilla 100% Turno B: ☐ Hora Inicio 21:00 hrs ☐ Hora Término 21:30 hrs ☐ Duración 30 min ☐ Cumplimiento Avance 100% ☐ PPC (diario) 100% ☐ N° nombradas con formato y retroalimentación de la cuadrilla 100% Periodicidad: Cada reunión/Diaria
RESPONSABLE: Contratista - Jefe de Operaciones - Responsable Oficina Técnica	
REPORTE: Mensual Líder de productividad (Codelco)	
ASISTENTES: Contratistas - Jefe de Terreno y Turno - Jefe Operaciones - Supervisores: Mecánicos, OO.CC., Eléctrico, Servicios y sub-contratos.	
RUTINA: - Reflexión 3min - Disparos realizados turno anterior y Causas de No Cumplimiento (CNC) 5min - Estatus de frentes y equipos 8min - Programa del día y restricciones 10min - Revisión de compromisos anteriores y generación de nuevos compromisos 4min	

Figura E.12: Ficha descriptiva de la Reunión Diaria Operacional. Fuente: Elaboración propia.

 PROYECTO NUEVO NIVEL MINA ESTÁNDAR N°3: TRANSPORTE INICIO DE TURNO	
OBJETIVOS: Reducir los tiempos de traslado de personal al inicio del turno. Asegurar que los buses estandaricen el proceso y zonas de subida y bajada de personal	INDICADORES Y METAS: Turno A: ☐ Cumplimiento procedimiento subida y bajada taxibuses: 100% cumple. ☐ Disponibilidad de Minibuses: 2 Turno B: ☐ Cumplimiento procedimiento subida y bajada taxibuses: 100% cumple. ☐ Disponibilidad de Minibuses: 2 Periodicidad: Diaria
RESPONSABLE: Contratista - Jefe Mecánico - Jefe Ventilación	
REPORTE: Mensual Líder de productividad (Codelco)	
INDICACIONES: El contratista deberá disponer de al menos dos minibuses para el transporte del personal desde el Barrio Cívico a la frente. Los Operadores de taxibus deben realizar la subida y bajada del personal acorde al procedimiento. Las zonas se encuentran estandarizadas: ZONA 1: demarcada para subida y bajada. ZONA 2: demarcada para que los buses den la vuelta y cambien de sentido.	

Figura E.13: Ficha descriptiva del Sistema de Transporte. Fuente: Elaboración propia.



Figura E.14: Ficha descriptiva del Sistema de Transporte al Inicio del Turno. Fuente: Elaboración propia.



Figura E.15: Ficha descriptiva del Suministro de Shotcrete. Fuente: Elaboración propia.

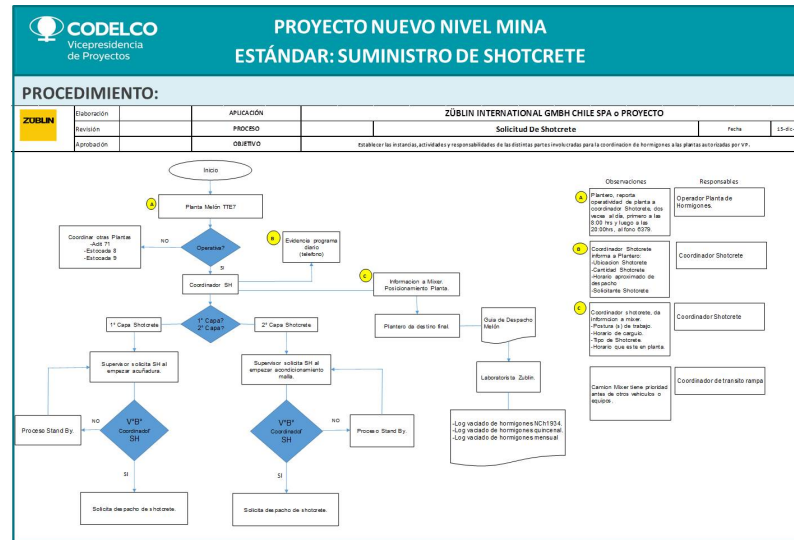


Figura E.16: Ficha descriptiva del Suministro de Shotcrete. Fuente: Elaboración propia.

E.5. Anexo Productividad

A continuación se muestra una tabla resumen de los requerimientos para cada una de las etapas descritas anteriormente en la sección 3.3.3. Estos requerimientos aplican para los contratos de construcción superiores de obras interior mina a desarrollarse durante los años 2017 y 2021.

Categoría	Plan de Acción	Documento requerido en la propuesta Inicial	Requerimiento para ejecutar durante el contrato	Mínimo de sesiones a considerar	Participantes Mínimos
1. Estratégica	1.1. Plan de Prevención de Vulnerabilidad Constructiva.	Estudio de prevención de vulnerabilidades constructivas:	Análisis periódico del plan de trabajo y de la secuencia constructiva.	Reunión anual de análisis del plan de trabajo y de los análisis de riesgo actualizados.	- Contratista: Gerente General o Gerente Operaciones, Administrador de Contrato, Jefe de Oficina Técnica y Jefe de Terreno.
		- Listado de actividades, recursos, equipos y condiciones críticas identificadas, para los principales componentes del encargo. - Plan de control de los riesgos asociados a las actividades, recursos, equipos y condiciones críticas identificadas.			- Codelco: Administrador de contrato, Profesional de Ingeniería, Profesional de Programación y Control.
2. Táctica	2.1. Colaboración y coordinación.	Plan de Sesiones de Colaboración y Coordinación Estratégica.	- Sesión de Planificación de Fase. - Sesiones de colaboración estratégica.	Se requiere de al menos una (1) sesión de planificación de fase a ser ejecutada durante el primer mes de iniciado el contrato y de sesiones de actualización cada 6 meses.	Sesión de planificación de fases: - Contratista: Administrador de contrato, Jefe de Terreno, Jefe de Oficina Técnica e Ingeniero de Planificación. - Codelco: Administrador de Contrato, Representante de las áreas de Contratos, Ingeniería y Programación y Control.
				Se requiere de un mínimo de dos (2) sesiones de objetivo anuales de 4 horas c/u.	Sesiones de Colaboración Estratégica: - Contratista: Gerente Operaciones, Administrador de Contrato y Líder de Productividad. - Codelco: Director de Contratos, Administrador de contrato y Líder de productividad.
2. Táctica	2.2. Gestión temprana y continua de requerimientos base.	Plan de gestión temprana y continua de requerimientos base.	- Listado de los actores externos al contratista que se relacionan con el Contrato. - Planificación de utilización de suministros críticos de las próximas 4 semanas que incluya el ajuste a la disponibilidad existente y la secuencia constructiva, también la dotación de personal y el uso de servicios. - Listado de principales condiciones de borde estructurales identificadas y lineamientos para su gestión interna.	Reuniones bisemanales (desde el inicio del contrato).	- Contratista: Administrador de Contrato, Gerente Operaciones, Líder de Productividad. - Codelco: Director de Contrato, Jefe de Programación y Control, Especialista de Construcción, Líder de productividad.
3. Operacional	3.1. Fortalecimiento de la planificación y programación.	Plan de Fortalecimiento de la planificación y programación.	- Listado de Actividades Diarias. - Confiabilidad de la planificación semanal (PPC) y las causas de no cumplimiento del programa (CNC). - Programa de trabajo de próximas 4 semanas: actividades programadas, listado de las restricciones identificadas y compromisos, con responsables y fechas para su liberación.	Reunión semanal de: - Coordinación, revisión del cumplimiento de los compromisos y análisis de CNC. - Presentación del programa de trabajo próximas 4 semanas. - Presentación de Acciones para abordar Causas de No Cumplimiento recurrentes. - Revisión del Cumplimiento de Hitos principales. - Revisión de Recursos y disponibilidad. - Revisión de Liberación de Restricciones.	- Contratista: Administrador de Contrato, Jefe de Oficina Técnica, Jefe de Mantenimiento Mecánico, Jefe Eléctrico, Jefe de Terreno y Jefe de Turno.
					- Codelco: Director de Proyecto, Director de Construcción, Jefe de Construcción, Jefe de Programación y Control, Líder de productividad.
3. Operacional	3.2. Medición y control de productividad.	Plan de Medición y control de productividad: - Listado de Actividades críticas con rendimientos esperados y reales con principales desviaciones e indicadores claves a controlar.	- Revisión del listado de actividades críticas. - Muestreo de Tiempos del trabajo. - Encuestas de Detenciones y de pérdidas.	Análisis mínima cada 30 días, a presentar en las reuniones semanales.	- Contratista: Jefe de Obra, Jefe de terreno, Jefe de turno y supervisores, Líder de Productividad.
					- Codelco: Jefe de Construcción o Especialista de Construcción, Líder de productividad
3. Operacional	3.3. Mejoramiento Continuo.	Plan de Mejoramiento Continuo.	Se debe considerar la conformación de un comité de mejoramiento que tendrá una reunión mensual en que se debe mostrar los principales factores que impactaron la productividad en el mes, los impactos obtenidos en los procesos de mejora y planes de acción futuro para el aumento de la productividad.	Reunión mensual de comité de mejoramiento.	- Contratista: Administrador del Contrato, Líder de Productividad, Jefe de terreno, Jefe de turno y supervisores.
					- Codelco: Jefe de Construcción, líder de productividad, Jefe de Turno o equivalente.

Tabla E.2: Resumen de requerimientos por cada etapa. Fuente: [Carrillo y Gutiérrez \(2015\)](#).