



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

**TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA MEJOR PROCESOS DE SEGURIDAD Y  
PRODUCTIVIDAD EN LA MINERÍA**

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

**JEAN LOUIS SEPÚLVEDA UGARTE**

**PROFESOR GUIA:  
IVÁN MIGUEL BRAGA CALDERÓN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
ENRIQUE ALEJANDRO SILVA RAMOS  
MANUEL HUMBERTO ROJAS VALENZUELA**

**SANTIAGO DE CHILE  
2021**

**RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL GRADO  
DE:** Magister en gestión y dirección de empresas.  
Por: Jean Louis Sepúlveda Ugarte  
Fecha: 20/08/2021  
Profesor Guía: Iván Braga Calderón

## **TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA MEJOR PROCESOS DE SEGURIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA MINERIA**

En la búsqueda de aumentar la productividad en la industria minera, se detectan oportunidades en el ámbito de la seguridad, donde aún existen protocolos en terreno que se llenan en papel, generando ineficiencias en el proceso, perdiendo trazabilidad y capacidad de gestión. Con el fin de capturar esta oportunidad y transformarla en un beneficio para el negocio, se busca en el mercado una solución digital que dé respuesta a la necesidad encontrada y en codesarrollo con Centinela lograr un sistema eficiente, eficaz, simple y amigable para ser implementado y poder capturar el máximo potencial existente. Para dimensionar el potencial existente, se realizan mediciones de los tiempos “muertos” en terreno de acuerdo con las prácticas actuales, con el fin de obtener una línea base.

Una vez implementado el proceso de digitalización en la planta de Área Seca de Centinela. Por cierto, un proyecto innovador para la industria minera en este aspecto, se vuelven a medir los tiempos de las actividades y se comparan con los tiempos de la línea base. El beneficio es significativo, al digitalizar y eliminar ineficiencias del proceso, se logra una reducción de 81% de los tiempos muertos, lo cual se traduce en 2.8% de aumento procesamiento anual. Esto genera un 1.3% de aumento de producción anual de Cuf para la planta de cátodos de Centinela. La digitalización presenta una solución para varios problemas que se tiene hoy día en la minería, sin embargo, estos procesos de transformación deben ir de la mano con gestiones de cambio que faciliten su entendimiento y beneficios, para acelerar su inserción en el negocio.

# Tabla de contenido

<b>RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE: Magister en gestión y dirección de empresas.</b> .....	<b>i</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>v</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Productividad .....	1
1.2 Seguridad y Salud de la Personas en Gran Minería .....	6
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3. Marco Conceptual</b> .....	<b>10</b>
3.2 Proceso Selección Alternativa Proyecto .....	14
3.3 MASSO .....	20
3.4 Metodologías en MASSO .....	21
3.4.1 Metodología AGILE .....	21
3.4.2 Metodología PHVA .....	22
3.4.3 Metodología LEAN .....	24
3.4.4 Metodología LEAN STARTUP .....	28
3.5 Funcionamiento MASSO .....	30
<b>4. Proceso Implementación Proyecto</b> .....	<b>32</b>
4.1 Formación de Equipos .....	33
4.2 Levantamiento de Actividades de Seguridad Requeridas para el Proyecto. ....	35
4.3 Seguimiento y Control del Proyecto .....	36
4.4 Adaptabilidad, Gestión de cambio .....	39
4.5 Puesta en Marcha y Evaluación del Proyecto .....	41
<b>5. Resultados</b> .....	<b>41</b>
5.1 Resultados Reducción de tiempos .....	42
5.2 Resultado Producción .....	46
5.3 Aumento Productividad .....	48
5.4 Resultados Gestión Seguridad .....	49
<b>6. Evaluación Financiera</b> .....	<b>56</b>
<b>7. Consideraciones Iniciativa</b> .....	<b>60</b>
<b>8. Conclusión</b> .....	<b>62</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.-</b> Índice producción de cobre refinado y material movido en la minería del cobre (base 2000-100) minera del Cobre en Chile.....	2
<b>Figura 2.-</b> Ley Promedio por Yacimiento (Gran Minería del Cu, %).....	2
<b>Figura 3.-</b> Índice Factores Productivos (base 2000=100).....	3
<b>Figura 4.-</b> Productividad parcial del Trabajo, año 2015 (horas -hombre por kilo toneladas de material movido en la operación) .....	4
<b>Figura 5.-</b> Productividad parcial del trabajo en plantas hidrometalúrgicas año 2015 (horas-hombre en planta hidrometalúrgicas por kilo tonelada de material apilado en la operación).....	5
<b>Figura 6.-</b> Tasa de Accidentabilidad por Accidentes del Trabajo 2010-2019.....	7
<b>Figura 7.-</b> Tasa de Accidentabilidad por Actividad Económica. ....	8
<b>Figura 8.-</b> Tasa de frecuencia de accidentes de la industria minera en Chile. ....	9
<b>Figura 9.-</b> Modelos transformación digital.....	13
<b>Figura 10.-</b> Ciclo PHVA .....	23
<b>Figura 11.-</b> Principios del LEAN.....	25
<b>Figura 12.-</b> Modelo Transformación Lean.....	27
<b>Figura 13.-</b> Proceso Lean Startup.....	29
<b>Figura 14.-</b> Diagrama de procesos MASSO. ....	30
<b>Figura 15.-</b> Proceso seguimiento, auditoria y trazabilidad de los documentos generados en MASSO. ....	31
<b>Figura 16.-</b> Organigrama equipo Centinela.....	34
<b>Figura 17.-</b> Organigrama equipo KEFA .....	35
<b>Figura 18.-</b> Carta Gantt Ejecución del Proyecto .....	37
<b>Figura 19.-</b> Fases Implementación MASSO en CENTINELA .....	38
<b>Figura 20.-</b> Detalle fases en Cronograma de Actividades .....	39

Figura 21.- Antes y después con y sin sistema digital.....	42
<b>Figura 22.-</b> Total tiempos muertos sin proyecto vs con proyecto.....	45
<b>Figura 23.-</b> Comparación medición de tiempos sin proyecto vs con Proyecto.....	46
<b>Figura 24.-</b> Aumento Procesamiento Mineral con Proyecto Digital.....	47
<b>Figura 25.-</b> Aumento de Productividad sin y con Proyecto Digitalización. ....	49
<b>Figura 26.-</b> Esquema Gestión Sistema.....	50
<b>Figura 27.-</b> Actividades Promedio Mensual MASSO. ....	52
<b>Figura 28.-</b> Actividades Ejecutadas Septiembre 2020 – Febrero 2021.....	52
<b>Figura 29.-</b> Actividades Promedio por Área.....	53
<b>Figura 30.-</b> Exposición Personas Expuestas a Riesgos. ....	53
<b>Figura 31.-</b> Documentos de Gestión de Seguridad generados.....	54
<b>Figura 32.-</b> Documentos de Gestión de Riesgos.....	55
<b>Figura 33.-</b> Presenta la sensibilidad del VAN con respecto al precio de venta del Cuf.....	58
<b>Figura 34.-</b> Sensibilización del VAN con respecto al precio mensual del proyecto. .....	59
<b>Figura 35.-</b> Sensibilización del VAN con respecto al beneficio del procesamiento de mineral. ....	59

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.-</b> Tiempo min (cuartil 1) ejecución de actividades (línea base). .....	44
<b>Tabla 2.-</b> Comparación medición de tiempos sin proyecto – con proyecto. ....	44
<b>Tabla 3.-</b> Aumento procesamiento de mineral (Proyecto Digital) .....	47
<b>Tabla 4.-</b> Aumento Cuf año. ....	48
<b>Tabla 5.-</b> Cálculo del VAN -TIR.....	57
<b>Tabla 6.-</b> Sensibilidad VAN; TIR; PAYBACK por precio del Cuf. ....	58
<b>Tabla 7.-</b> Sensibilidad VAN; TIR; PAYBACK con respecto al precio mensual del proyecto.....	58
<b>Tabla 8.-</b> Sensibilidad VAN; TIR; PAYBACK con respecto al precio mensual del proyecto.....	59

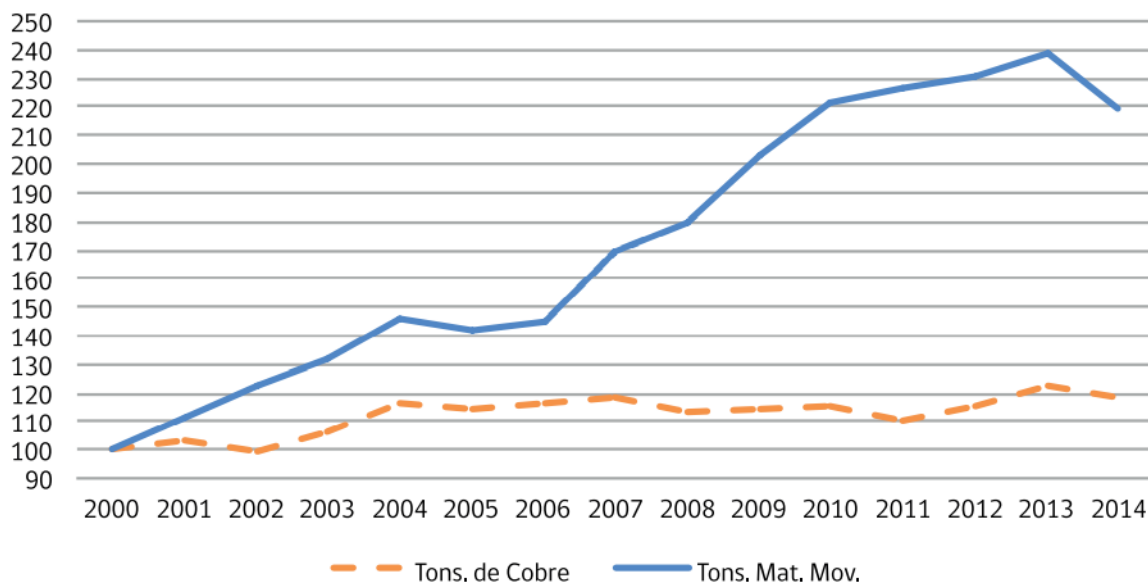
## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Productividad

En los últimos 15 años los países productores de materias primas han registrado un declive en la capacidad productiva de los sectores económicos asociados a los recursos naturales. En Chile esta situación se confirma con una caída importante en la productividad por parte del sector minero. *En el informe anual de comisión Nacional de productividad del 2016*, se muestra que la tasa de crecimiento de la productividad total de factores de la economía se desaceleró un 2,3% al año en los noventa a apenas un 0,1% al año en los años 2000. La causa fundamental de ello fue la caída en la productividad minera, del orden de -9% al año desde el año 2000, lo cual dista significativamente de su crecimiento, sobre 2% al año, en la década de los años 1990.

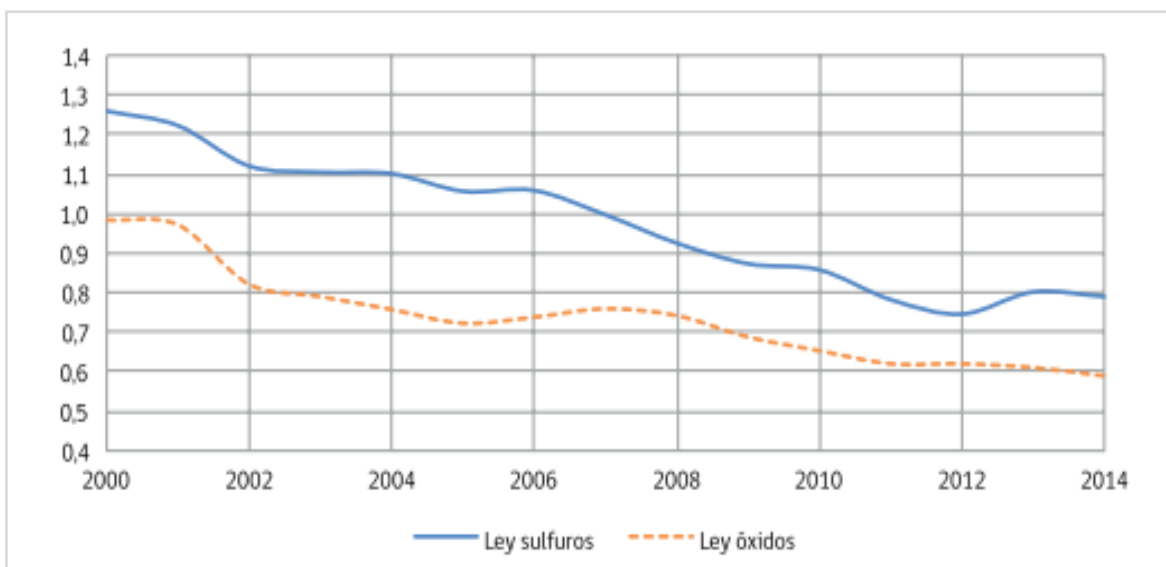
Entre los años 2000 y 2014 la producción de cobre en Chile aumentó 19% (Figura 1). El incremento fue más importante durante en el periodo 2000-2004 (cuando la productividad parcial del trabajo crecía), con un alza de 17%, y un aumento de 2% entre 2004-2014. Sin embargo, este 19% de alza en la producción demandó un incremento de 119% en el material movido (Figura 2). Esta enorme –y creciente– brecha se explica por: i) la ley del mineral (un criterio que es a su vez endógeno según la ley de “corte”, que define qué es estéril y qué es material mineral), ii) la razón estéril mineral, y iii) la tasa de recuperación (capacidad de extraer cobre del material mineral). Los primeros dos están determinados por factores geológicos exógenos propios de producción en las faenas, mientras que el tercero está asociado a factores internos (endógenos) a la faena.

**Figura 1.-** Índice producción de cobre refinado y material movido en la minería del cobre (base 2000-100) minera del Cobre en Chile.



Fuente: Comisión Nacional de Productividad, 2017

**Figura 2.-** Ley Promedio por Yacimiento (Gran Minería del Cu, %)

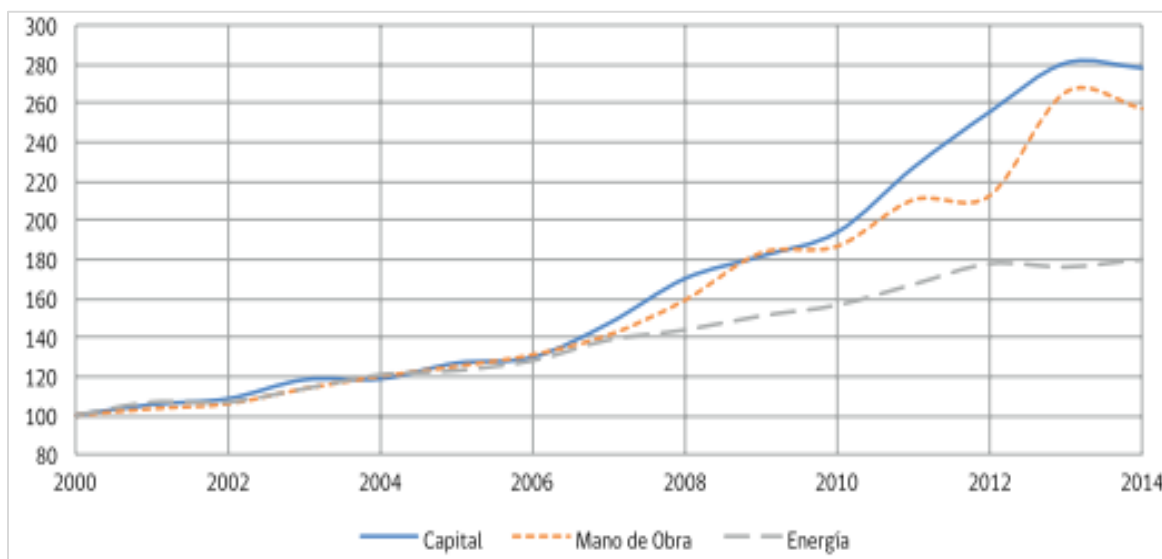


Fuente: Comisión Nacional de Productividad, 2017



Estas bajas leyes han significado un aumento en los costos en la minería, ya que se ha necesitado un aumento de mano de obra, capital y energía para producir una tonelada de Cu en comparación con inicio del 2000 (Figura 3). Es sorprendente ver estos aumentos, solo en mano de obra entre el 2000 al 2007 aumento el empleo directo un 41%, para luego crecer el doble entre el 2007 y el 2014. La inversión en nivel Capital fue aún mayor casi triplicaron su nivel de inversión en el periodo mostrado. El consumo de energía (eléctrica - Combustible) también presenta un crecimiento importante, sin embargo, más estable en comparación con la Mano de obra la inversión Capital.

**Figura 3.- Índice Factores Productivos (base 2000=100)**

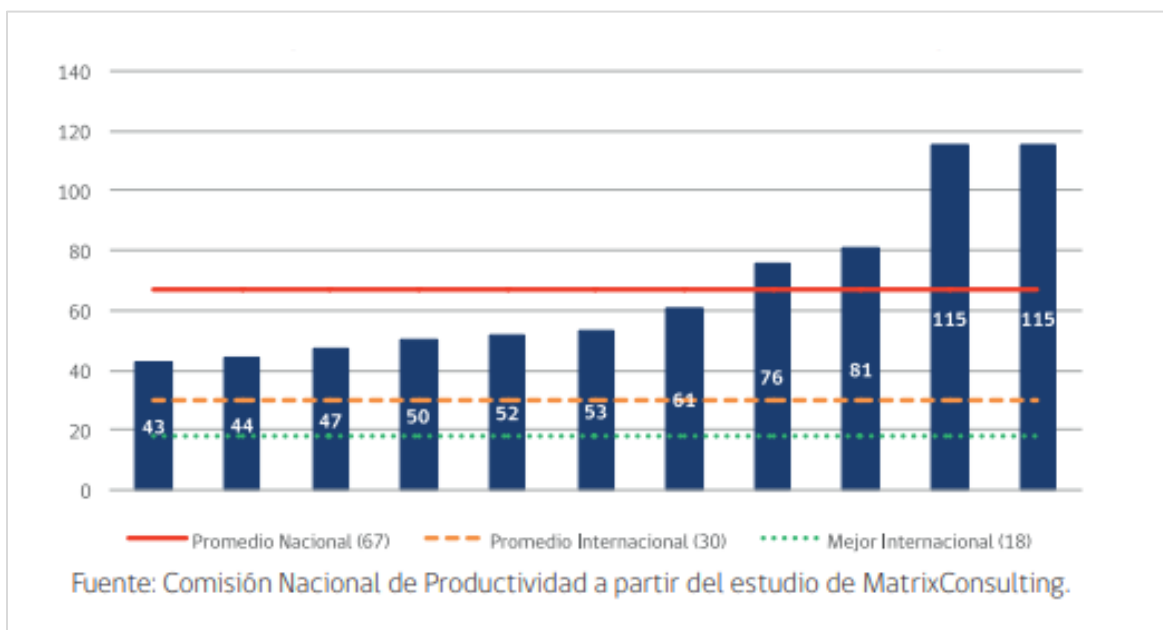


Fuente: Comisión Nacional de Productividad, 2017

Al comparar la productividad de Chile con otras compañías internacionales, también se detecta una oportunidad, Figura 4, existe una brecha en el movimiento de material por trabajador entre el indicador nacional y el internacional, y sugiere que existe amplio espacio de mejora en productividad considerando el desempeño observado de las faenas más eficientes (y de buenas prácticas) a nivel mundial. El promedio de la muestra internacional (30) es levemente inferior a la mitad del promedio nacional (67). Es decir, en 2015 las faenas de la muestra nacional

requirieron más del doble de horas-hombre por mil toneladas de material movido respecto al promedio internacional.

**Figura 4.-** Productividad parcial del Trabajo, año 2015 (horas -hombre por kilo toneladas de material movido en la operación)



Fuente: Comisión Nacional de Productividad, 2017

En Chile se ocupa 1.8 personas en planta y apoyo por cada uno en mina, mientras que, en faenas internacionales la relación es de 1.3. (fuente comisión Nacional de Productividad, 2017).

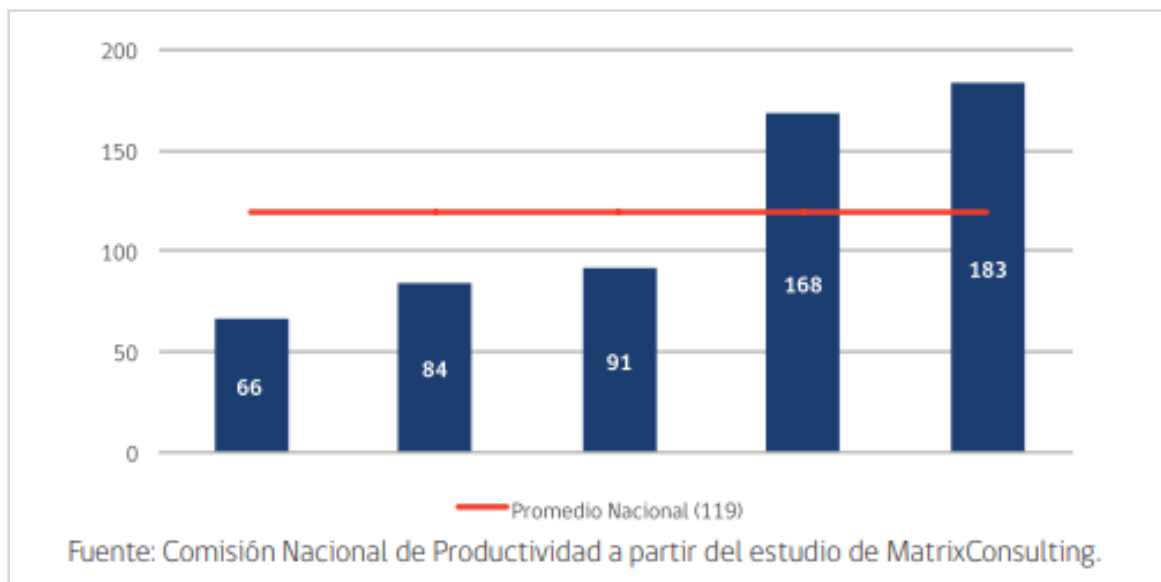
En las plantas concentradoras, en promedio, un 9% del tiempo posible se está realizando mantenimiento, sea correctivo o planificado, mientras que un 2% del tiempo posible corresponde a detenciones programadas o no. Es decir, a diferencia de los casos anteriores, las mantenciones (en promedio) son las que explican en gran medida las brechas nacionales. (Fuente Comisión minera de Productividad, capítulo 2, año 2017)

En las plantas Hidrometalúrgicas se observa que, en promedio, un 25% del tiempo posible está asociado a mantenimientos, y un 9% está asociado a detenciones programadas y no. Por tanto, la mayor fuente de heterogeneidad

asociada al uso eficiente del activo proviene de las mantenciones. (Fuente Comisión Nacional de Productividad, capítulo, año 2017)

Haciendo un zoom a las plantas y en especial a las plantas de Óxidos (Hidrometalúrgicas) que son las que más se han visto afectadas en el último tiempo por la disminución de las leyes y falta de nuevos recursos oxidados, el análisis es el siguiente, en promedio las plantas nacionales utilizan 119 horas-hombre para apilar mil toneladas de material. La diferencia entre la faena más y la menos productiva es de 116 horas-hombre, es decir, la más productiva es un 177% más eficiente respecto de la menor productiva. Figura 5 (fuente Comisión Nacional de productividad, capítulo 2, 2017).

**Figura 5.-** Productividad parcial del trabajo en plantas hidrometalúrgicas año 2015 (horas-hombre en planta hidrometalúrgicas por kilo tonelada de material apilado en la operación).



Fuente: Comisión Nacional de Productividad, 2017

Como se puede ver, existe una gran oportunidad de hacer gestión en las plantas a través de un mecanismo que agilice los tiempos de ingreso en las plantas cuando se realiza el mantenimiento y en las detenciones No programadas, esto es

una de las principales causas de baja productividad en las plantas y en especial en las plantas de Hidrometalúrgicas

Uno de los problemas de productividad está dado por los tiempos No operativos que se generan al detener la plantas, existen actividades asociadas al cumplimiento de los protocolos de seguridad, que van desde los permisos de ingresos al área, bloqueos de equipos, papeles legales de seguridad, chequeo de herramientas, etc. Además, por la cantidad de personas que ingresan en las detenciones de planta, el supervisor no logra un control exhaustivo sobre las competencias de las personas y al firmar la documentación no es posible confirmar o validar todo el aspecto legal que se requiere, y por último existe una gran cantidad de papeles en terreno, para hacer cumplir todos los requerimientos legales y estándares de la compañía, que hacen los procesos más lentos, poco trazables, no amigables con el medio ambiente.

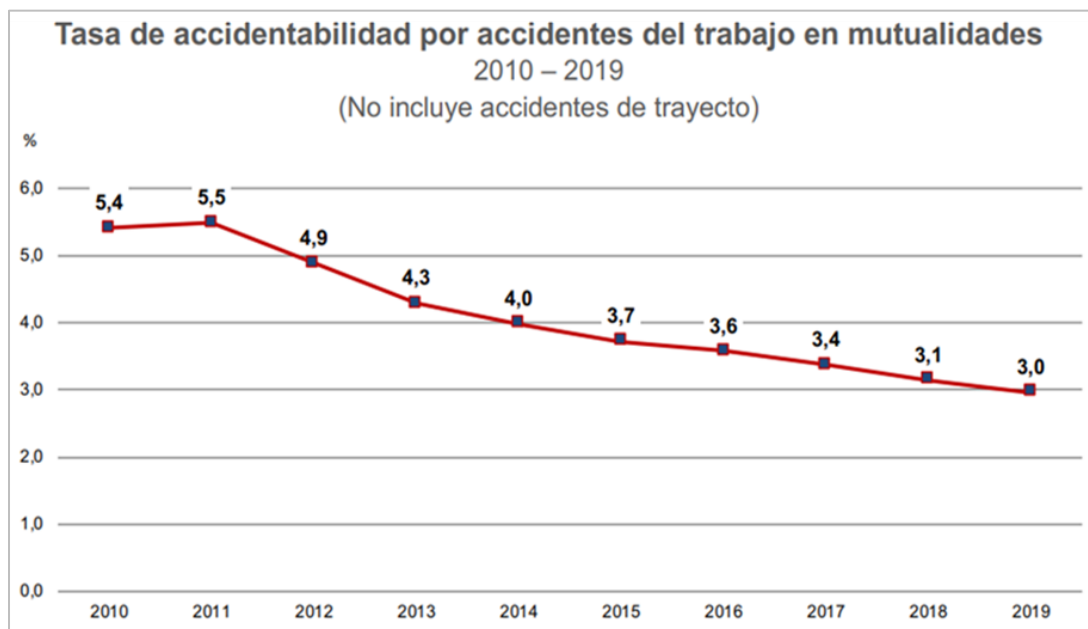
Para identificar el potencial de los tiempos No operacionales mencionados al detener la planta, en la presente tesis se estudió el paso a paso de las actividades que se realizan al momento de realizar la actividad de detener la planta, acciones que no son directas al mantenimiento propiamente tal, haciendo un análisis de tiempo. Donde todos los temas de seguridad tienen un potencial inmenso de ser digitalizados y hacerlos que operen de una forma distinta a como se realiza hoy día

## **1.2 Seguridad y Salud de la Personas en Gran Minería**

Durante cualquier operación de minería existen diversos riesgos a los que se exponen los trabajadores, además de las enfermedades profesionales, los cuales si no se gestionan eficazmente pueden transformarse en agentes conductores de un accidente de trabajo, y en algunos casos de fatalidad.

De acuerdo con las estadísticas de la Superintendencia de Seguridad Social de Chile SUSESO, durante los últimos 10 años, ha habido una mejora importante en la reducción de accidentes laborales, que desde el año 2010 representa una mejora del 44% (Figura 6).

**Figura 6.-** Tasa de Accidentabilidad por Accidentes del Trabajo 2010-2019.



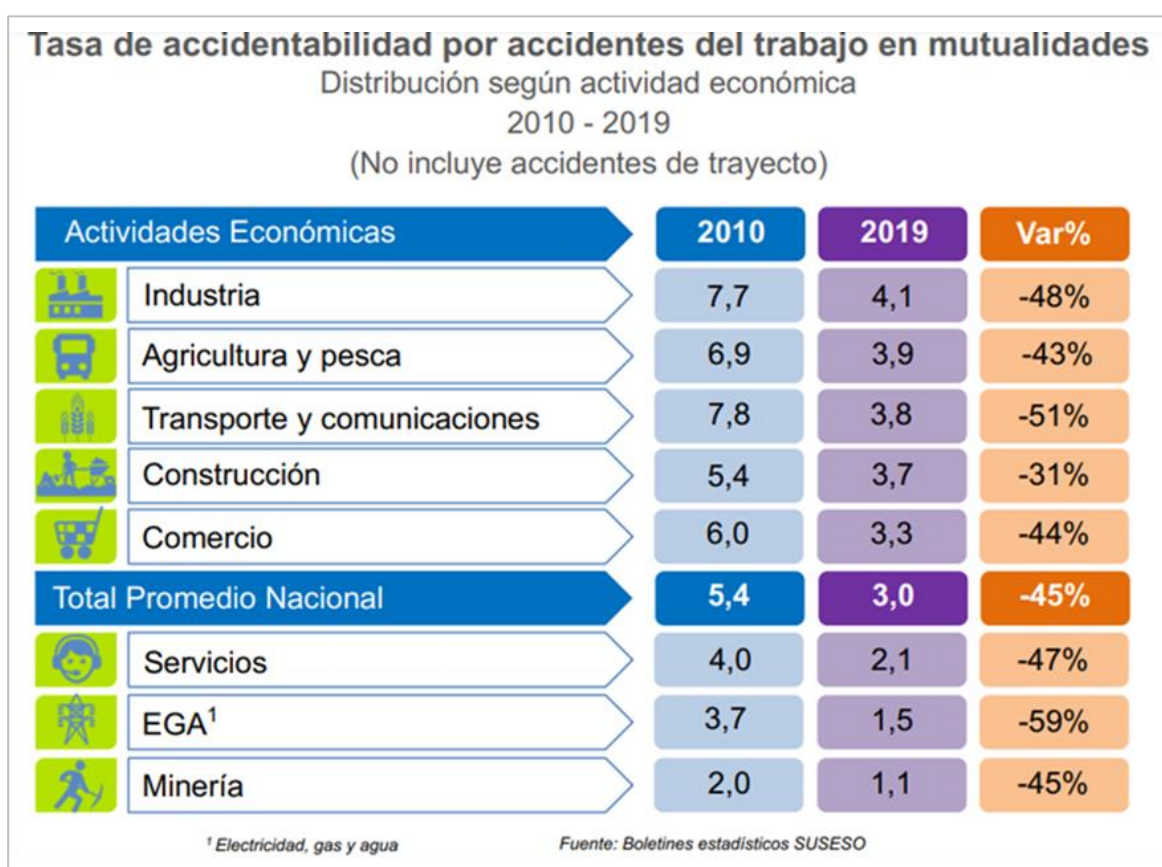
Fuente: SUSESO 2019. Artículo Web (<https://www.suseso.cl/607/w3-article-590749.html>)

En cuanto a las enfermedades profesionales, el año 2019, según la SUSESO, el sistema de Mutuales registró 49.257 enfermos de distinta naturaleza: neumoconiosis, hipoacusia laboral, trastornos musculo esqueléticos relacionados al trabajo producto de vibraciones, entre otras.

Este tipo de enfermedades hoy ha sido relevado por una legislación más exigente, requiriendo programas intensivos en recursos y esfuerzos para eliminar las fuentes que las producen. Muchas acciones tendientes a mitigar o eliminar la exposición a estas fuentes de enfermedades profesionales, requieren de inversiones considerables para su control, así como por ejemplo, para el caso de exposición a sílice, se requiere de soluciones de ingeniería para mitigar la generación de polvo en suspensión, en áreas productivas, a través de un sistema apropiado de ventilación en minería subterránea, incorporación de humedad en zonas de descarga y chancado de mineral y sectores de transferencias en correas transportadoras, traspaso de mineral, entre otros.

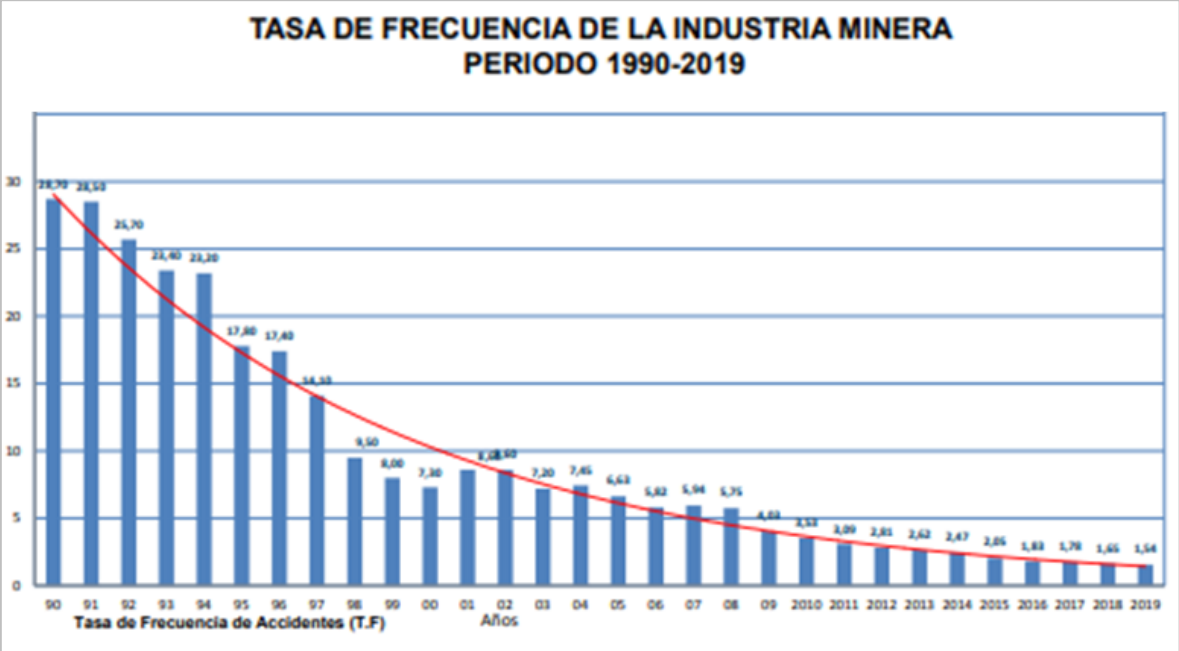
La actividad minera, si bien en el año 2019 representa el 0,2% de los trabajadores adheridos al sistema de Mutualidades, por un lado, posee una baja tasa del 1,1% de accidentes laborales en relación con las otras actividades industriales (Figura 7) y ha venido mostrando una mejora significativa en la reducción de sus accidentes durante los últimos 30 años (Figura 8), sin embargo, los riesgos presentes en esta industria son de mayor fatalidad y, en consecuencia, de gravedad.

**Figura 7.- Tasa de Accidentabilidad por Actividad Económica.**



Fuente: SUSESO 2019. Artículo Web (<https://www.suseso.cl/607/w3-article-590749.html>).

**Figura 8.-** Tasa de frecuencia de accidentes de la industria minera en Chile.



Fuente: Accidentabilidad minera año 2019 (SERNAGEOMIN).

La actividad minera es una actividad peligrosa y de alto riesgo, por lo tanto, el desafío para este sector es mayor en cuanto a eliminar las fatalidades y mitigar los efectos de la actividad productiva en relación con las enfermedades profesionales. En consecuencia, se requiere de la implementación de un conjunto de iniciativas complementarias, entre ellas: un sistema de gestión eficiente y efectivo, tendiente a reducir la tasa de gravedad de accidentes, la exposición a agentes que generan enfermedades profesionales y por sobre todo, eliminar las fatalidades.

La gestión de riesgos y seguridad constituye un objetivo prioritario para la minería, entendiendo que un sistema eficaz de gestión de prevención de riesgos laborales supone, una mejora de la seguridad y salud de los trabajadores, y para las empresas, un incremento de la productividad y de la competitividad, al evitar o minimizar las causas de los accidentes y de las enfermedades profesionales. Por lo

relevante de estos dos elementos Productividad y Seguridad en el negocio minero, es que se dará énfasis al desarrollo del proyecto en estos dos conceptos claves para la sostenibilidad de este negocio.

## **2. OBJETIVOS**

La finalidad de la presente tesis es desarrollar y evaluar una forma eficiente, eficaz e innovadora de realizar el cumplimiento y control de los requerimientos de seguridad exigido en la gran minería, asegurando un mayor control, gestión, trazabilidad a los requerimientos exigidos en seguridad y a la vez buscar un aumento de la productividad de la operación soportados por una tecnología digital que facilite este proceso.

Los objetivos para esta tesis son:

- Realizar un análisis de pérdida de producción, midiendo los tiempos que se utilizan para el llenado en físico de la documentación de seguridad que se requiere para cada trabajador antes de realizar una actividad en las plantas.
- Buscar y proponer soluciones digitales para integrar la documentación requerida y que se ponga al servicio de la operación para mejorar la planificación, los tiempos de llenado de la documentación, la calidad de los controles de seguridad, trazabilidad y gestión.
- Evaluar técnica y económicamente la solución encontrada.
- Desarrollar la planificación y ejecución de la alternativa escogida.
- Medición de Resultados.

## **3. Marco Conceptual**

Con el fin de identificar las potenciales oportunidades de mejoras tanto como en seguridad y productividad, se revisan y estudian todos los protocolos existentes asociados a seguridad, y se evalúa su efectividad en terreno mientras se realizan las actividades de trabajo. De esta forma se logra en la primera etapa optimizar los protocolos con el fin que sean más efectivos y eficientes. Una vez modificado y optimizado los protocolos de seguridad, esto se ponen en práctica. Para disponer de una línea base del proyecto y cuantificar la pérdida de tiempo existente en las



actividades de ingreso a las plantas, se miden los tiempos que toma cada actividad en su ejecución con la herramienta de time on tools. Esto permite tener una medición cuantitativa del impacto actual de la pérdida de producción asociada a los tiempos por la realización de los protocolos de seguridad y poder dimensionar el potencial de mejora existente con la forma tradicional de ejecución de estos protocolos, además la información base permite comparar si existe o no beneficio con la implementación del proyecto a desarrollar a través de una evaluación económica.

Una vez identificada la situación actual y el potencial de mejora existente, se busca en el mercado soluciones tecnológicas, con una mirada de transformación digital, para dar solución a la necesidad planteada. En este proceso de búsqueda se incorpora al área de Innovación de la compañía, con el fin de obtener un soporte en la búsqueda de las ofertas existentes en el mercado.

Teniendo las alternativas de solución digital, se determina los objetivos y criterios de aceptación de las soluciones posibles y viables. Luego se realiza la planificación del proyecto Piloto, definiendo plazos, recursos y KPIs de satisfacción del pilotaje.

Con el desarrollo del pilotaje, se evalúa la factibilidad técnica, adaptiva de la implementación del proyecto de transformación digital, siempre y cuando los resultados obtenidos sean positivos, encontrando oportunidades interesantes de cambio, mejoras de la productividad y en la seguridad.

Se realiza las evaluaciones económicas y casos de negocios necesarios, para poder desarrollar el proyecto en Centinela y capturar los beneficios en toda la cadena del valor del negocio. La evaluación económica de la alternativa seleccionada considera indicadores claves como: tasa de descuento, VAN, TIR, PAYBACK.

El tiempo es el elemento principal en toda planificación, que por definición consiste ante todo en situar en una escala temporal las tareas a realizar, también se considera un recurso escaso, pero no solo el tiempo laboral, sino también al tiempo personal. El uso del tiempo es algo que sobrepasa los límites

organizacionales y se expande hasta nuestra vida privada. El tiempo que se dedica a la familia y los hijos, en fin, a la vida privada, es tan valioso como el tiempo que se dedica a una organización. (Valenzuela, 2008)

La gestión del tiempo de trabajo consiste en la planificación, de los diferentes niveles de la organización de una empresa, la utilización del tiempo en forma efectiva, así como la evaluación y control del tiempo en las operaciones durante la ejecución del proceso productivo. Con esta finalidad ha sido conveniente identificar las diferentes actividades y clasificarlos de acuerdo con la incidencia, directa o indirecta, en el proceso productivo de la minera y determinar los niveles de responsabilidad en la organización, tanto en la administración como en el control del tiempo total.

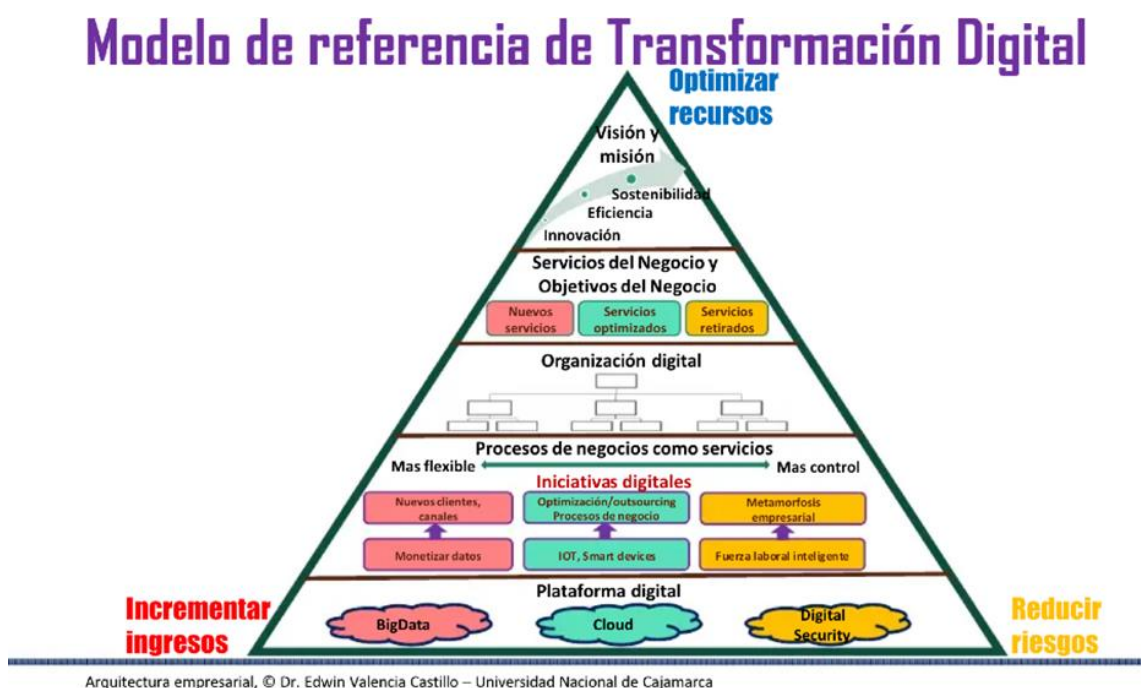
El establecimiento de indicadores o factores de utilización del tiempo, en los diferentes niveles de la organización de la empresa, permite el control de la “Gestión del Tiempo de Trabajo”, mejorando el uso efectivo de éste en las diferentes actividades del proceso productivo.

La gestión del tiempo de trabajo en una empresa tiene como objetivo el aprovechamiento óptimo de la mano de obra, el empleo de tecnologías de avanzada y el uso de equipos y maquinarias eficientes de alto rendimiento, cuyos indicadores de desempeño sean los más altos. Para poder optimizar al máximo la gestión de tiempo hoy día existe alternativas tecnológicas que se pueden utilizar para lograr máximos potenciales de productividad, como por ejemplo la transformación digital.

### **3.1 Transformación Digital.**

La aparición de las nuevas tecnologías ha cambiado la forma de trabajar, gestionar y hasta de relacionarse. Las empresas necesitan sumarse a este proceso de transformación digital para no quedar obsoletas. Bien utilizada, la tecnología ofrece un gran potencial para generar nuevas oportunidades de negocio y para abrirse a nuevos mercados. La transformación digital permite una mayor competitividad alineados a los desafíos estratégicos de las organizaciones.

Figura 9.- Modelos transformación digital.



Fuente: Arquitectura empresarial.

La Transformación Digital es el proceso de transformar una visión, misiones, servicios, organizaciones, iniciativas digitales con procesos de negocio y tecnologías para la organización, permite incorporar nuevas tecnologías y procesos digitales (Figura 9).

Siendo capaz de incorporar los mapas de los procesos productivos de las empresas mineras, y sus empresas colaboradoras (EECC), lo que le permite a la organización un monitoreo en tiempo real de lo que sucede en terreno, obtener información de las actividades que se ejecutan en el día a día, administrar los tiempos de trabajo, visualizar y gestionar los riesgos presentes en las diversas actividades en faena, etc. no solo almacena la información sino que también entrega indicadores e información útil para la toma de decisiones en tiempo real.

Con la transformación digital se consigue que procesos que anteriormente se tenían que hacer de manera manual ahora, mediante la disposición de una herramienta digital, queden automatizados permitiendo que ese tiempo que se consumían en esos procesos que ahora están automatizados, se pueda consumir

en un proceso posterior, ejemplo planificación de actividades. De esta manera, al reducir el tiempo de diversos procesos se acaba consiguiendo una reducción de tiempo acumulada y por consiguiente se obtiene una mejor productividad.

### **3.2 Proceso Selección Alternativa Proyecto**

Para hacer frente a esta necesidad imperiosa y debido a que en las condiciones de mercado actuales no ha sido posible encontrar un software capaz de satisfacer cada uno de los requerimientos que se habían planteado, se recurre al área de innovación de **AMSA**. Donde se genera la búsqueda de la solución tecnológica para la gestión de tiempo y seguridad en **Minera Centinela**. En esta convocatoria participaron 20 organizaciones informáticas nacionales e internacionales, las cuales pasaron por el proceso de evaluación que se realiza mediante el Demo Day, el cual consta de seis etapas que van desde el levantamiento de la necesidad concreta de Minera Centinela hasta la adjudicación del proyecto, donde finalmente se selecciona un participante que lleva a cabo la implementación del proyecto. A continuación, se indican las etapas principales del proceso de innovación Demo day.

#### **Etapas Demo Day**

- 1. Kick Off Desafío:** Levantamiento de la necesidad concreta con el área usuaria de los antecedentes del desafío.
- 2. Scouting:** Envío de la ficha técnica e invitación a participar del desafío a los proveedores, quienes deben enviar los antecedentes para revisión.
- 3. Prospección:** Reuniones de prospección y análisis de soluciones tecnológicas de los proveedores.
- 4. Preselección & Save the date:** Presentación soluciones prospectadas, preselección y save the date (reserva).
- 5. Demo Day y Evaluación:** Presentación de soluciones a comité evaluador de propuestas. Tras un análisis se seleccionan a aquellas empresas que califican para presentar una propuesta técnico-económica, y optar por la adjudicación.

## 6. Adjudicación: Selección de propuesta para adjudicación de piloto.

### 3.2.1 Demo Day Minera Centinela

Se forma un comité evaluador compuesto por ejecutivos de Minera Centinela y Expande, quienes revisan las propuestas y restringen el avance de los participantes según los criterios de cada etapa.

**Etapa 1:** En el *Kick Off Desafío* participan 20 entidades tanto nacionales como internacionales, las cuales presentan una propuesta de plataforma tecnológica para la transformación digital de los documentos de seguridad, quienes evalúan según los criterios que se muestran a continuación.

KICK OFF DESAFÍO			
N°	ÍTEM PROPUESTA	¿Cumple con el criterio?	
		SI	NO
1	¿Propuesta es creativa y original?		
2	¿Cuenta con innovación dentro del sector TICs?		
3	¿Involucra el desarrollo de un Software a medida?		
4	¿Se puede adaptar a la normativa vigente?		
5	¿La metodología de trabajo tiene coherencia y pertinencia para cumplir con los objetivos señalados en la convocatoria?		
6	¿La propuesta responde a la convocatoria realizada?		
7	¿Los logros esperados son verificables de manera que permiten evaluar su trazabilidad y solidez?		
8	¿Se cuenta con un equipo de trabajo acorde a la metodología señalada en la propuesta?		

9	¿El oferente cuenta con experiencia en el diseño y desarrollo de software similares al alcance y naturaleza del proyecto licitado?		
---	--	--	--

En esta primera etapa de evaluación, 14 participantes avanzan a la siguiente etapa, los cuales cumplen con los criterios mínimos de selección determinados en cada interés de la propuesta.

Se da énfasis a la coherencia de la propuesta con la temática, y el nivel de acercamiento sobre el desafío planteado por Minera Centinela, y si la propuesta está basada en información veraz y verificable. También, se evalúa si es que el oferente cuenta con un equipo interdisciplinario con el conocimiento y experiencia, capaz de desarrollar e implementar la propuesta de valor planteada, y que se adapte a las necesidades emergentes de Minera Centinela.

Se destaca aquellas propuestas que comprenden el problema que se intenta resolver, el grado de innovación, la comprensión del trabajo a realizar y la consistencia del proceso metodológico que se propone.

Los 6 participantes que no avanzaron a la siguiente etapa, fueron aquellos que tornaron la digitalización de los documentos mediante plataformas como Google o sistema conocidos sin diseño propio, como también aquellos que no tienen experiencia en el diseño y desarrollo de software similares al alcance y naturaleza del desafío convocado.

**Etapas 2:** A los 14 participantes que avanzaron al Scouting se les solicita ficha técnica acorde a sus propuestas, las cuales son evaluadas con los siguientes ítems.

SCOUTING			
N°	ÍTEM FICHA TÉCNICA	¿Cumple con el criterio?	
		SI	NO

1	¿Es compatible con más de un sistema operativo?		
2	¿Involucra una plataforma de escritorio?		
3	¿Involucra una aplicación móvil?		
4	¿Cuenta con modalidad Offline?		
5	¿Permite el manejo de alto volumen de datos (BigData)?		
6	¿Cumple con los parámetros de infraestructura definidos en la base técnica de la convocatoria?		

Solo 8 participantes cumplieron con los requerimientos técnicos básicos del software, quienes avanzan a reuniones de prospección y análisis.

**Etapa 3:** En la etapa de Prospección el comité evalúa con cada uno de los 8 oferentes el potencial de implementación en Minera Centinela y sus áreas usuarias.

PROSPECCIÓN			
N°	CRITERIO	¿Cumple con el criterio?	
		SI	NO
1	¿La plataforma tecnológica permitirá aplicar la transformación digital a nivel de procesos?		
2	¿La plataforma tecnológica incorporará firmas digitales en los documentos de gestión de seguridad?		
3	¿El software podrá interactuar con otros sistemas internos?		
4	¿El sistema permite realizar los procesos de manera simple y ordenada?		
5	¿El sistema abarca todos los procesos que involucran riesgos de seguridad en el trabajo?		

6	¿El software permite especialización / sectorización?		
7	¿La plataforma piloto demostrada cuenta con el potencial de implementación requerido?		

Solo 5 empresas cuentan con el potencial de implementación que cubra las necesidades de la empresa usuaria, en términos de transformación digital y desarrollo en las diferentes áreas de la mina.

**Etapa 4:** Los 5 potenciales proveedores presentan sus soluciones a un comité evaluador, quien realiza la Preselección & Save the date mediante siete criterios puntuados por cada beneficiario y ponderados en los ítems que se muestran a continuación.

PRESELECCIÓN & SAVE THE DATE		
N°	CRITERIO	%
1	Profundidad del impacto potencial.	24%
2	Conveniencia / aceptabilidad de la solución propuesta entre los beneficiarios.	24%
3	Sostenibilidad de la solución propuesta entre los beneficiarios.	18%
4	Viabilidad, preparación del equipo y compromiso de implementación.	10%
5	Replicabilidad / escalabilidad de la solución propuesta.	10%
6	Innovación de la solución propuesta.	8%
7	Riesgo involucrado.	6%
<b>Total</b>		<b>100%</b>



**Etap 5:** Luego de la evaluación de potencial solo 2 empresas avanzan al Demo Day y Evaluación, quienes se revisan mediante los siguientes criterios.

<b>DEMO DAY Y EVALUACIÓN</b>			
<b>N°</b>	<b>ÍTEM PROPUESTA</b>	<b>¿Cumple con el criterio?</b>	
		<b>SI</b>	<b>NO</b>
1	¿La plataforma tecnológica cuenta con trazabilidad de la información en temas de gestión de seguridad?		
2	¿La plataforma tecnológica permite capturar y almacenar toda la información requerida por la compañía y disponibilizarla para realizar gestión, reportabilidad y uso de otros sistemas internos?		
3	¿El sistema permite aumentar la eficiencia de las operaciones?		
4	¿La plataforma integra todo el proceso operativo de los usuarios?		
5	¿La plataforma permite autorizar en línea los procedimientos de seguridad del trabajo?		
6	¿La implementación aborda acompañamiento y formación de los usuarios, si fuese necesario?		
7	¿El software cuenta con madurez tecnológica?		
8	¿Se observa un impacto positivo en la implementación del sistema en las operaciones mineras?		

Tras el proceso de evaluación de proveedores quedan dos empresas finalistas, DNN Group y Kefa Tecnología, quienes son las empresas que presentan soluciones

tecnológicas orientadas a aumentar la eficiencia y la trazabilidad de la información, en temas de gestión de seguridad.

Se realiza una evaluación final en temas de impacto, madurez tecnológica, trazabilidad, integración de procesos, entre otros aspectos, siendo finalista Kefa Tecnología.

Evaluando además los siguientes ítems:

ADJUDICACIÓN		
N°	CRITERIO	%
1	Propuesta de valor	20%
2	Diferenciación	10%
3	Mérito innovador	20%
4	Modelo de Negocios	20%
5	Tracción	10%
6	Equipo	20%
<b>Total</b>		<b>100%</b>

**Etapas 6:** Se adjudica el proyecto a Kefa Tecnología con su herramienta tecnológica inteligente MASSO.

### 3.3 MASSO

MASSO significa en su acrónimo “Medio Ambiente Seguridad y Salud Ocupacional”. Es una herramienta creada con la finalidad de gestionar los riesgos en la industria minera, a fin de prevenir reducir los accidentes y aumentar la productividad de la organización que adopte esta tecnología innovadora.

La plataforma es diseñada por KEFA Tecnología, empresa chilena con más de 25 años de trayectoria en la elaboración y desarrollo de software dirigidos a las diferentes industrias.

El sistema desarrollado para Minera Centinela, busca ser una herramienta que permite dar cumplimiento a la necesidad y a los objetivos de este proyecto, en

forma eficiente y efectiva con potencial para poder desarrollar un producto que fusione el cumplimiento de los estándares de seguridad con la productividad mediante la transformación digital posibilita un enfoque dinámico de la gestión de la información, permitiendo trazabilidad total e impactando positivamente en la producción al disminuir los tiempos de llenado de documentación y aumentando la disponibilidad de los recursos.

Como Sistema de Gestión Integral, proporciona una visión continua y permite alinear los objetivos estratégicos del negocio a los proyectos y planes operativos y de esta forma ser comunicados en línea a los diferentes niveles jerárquicos de la organización, con la finalidad de actuar preventivamente ante situaciones que pueden generar grandes costos ya sea Humanos, Financieros o de otra índole.

### **3.4 Metodologías en MASSO.**

MASSO incorpora diversas metodologías que le permite integrar procesos de manera eficiente, tener una sinergia de la información en tiempo real y mejorar constantemente, estas metodologías se presentan a continuación.

#### **3.4.1 Metodología AGILE**

Para abordar la adaptación e implementación del software se utiliza la metodología Agile que es una fórmula para el desarrollo de proyectos que necesitan rapidez y flexibilidad para adecuarse a las necesidades en Minera Centinela, y siempre está enfocada a mejorar resultados.

Con esta metodología se trabaja por períodos (denominados sprints), de dos a tres semanas, y durante ese tiempo cada miembro del equipo ejecuta una serie de tareas. Al final del sprint, se entregan avances y se comienza de nuevo el proceso. De este modo, Minera Centinela recibe de forma gradual novedades y puede ir marcando prioridades o introduciendo cambios.

Esta metodología crea un mayor espacio para el aprendizaje, permiten mejoras significativas y aumentan la creatividad para lograr los resultados requeridos.

Minera Centinela busca crear un panorama digital que permita a sus trabajadores y colaboradores trabajar de manera eficiente, por lo tanto, se adopta esta metodología pensando en la agilidad como la adopción de la tecnología junto con la cultura de “test and learn”.

Además, el sistema incorpora en su ADN, diversas metodologías que permite integrar procesos de manera eficiente, tener una sinergia de la información en tiempo real y mejora continua.

### **3.4.2 Metodología PHVA**

El sistema incorpora la Metodología PHVA como base de su estructura, ya que esta metodología describe los cuatro pasos esenciales que se deben llevar a cabo de forma sistemática (Figura 10) para lograr la mejora continua, obteniendo como resultado la disminución de fallos en los procesos productivos, aumento de la eficacia y eficiencia, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos potenciales, entre otros.

**Figura 10.-** Ciclo PHVA



Fuente: Elaboración propia.

El Ciclo de Deming, denominado así por William E. Deming<sup>1</sup>, su autor, también es conocido como círculo PDCA (del inglés plan-do-check-act), PHVA (planificar-hacer-verificar-actuar) o de mejora continua, es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, basada en un concepto ideado por Walter A. Shewhart<sup>2</sup>. Es muy utilizado por los sistemas de gestión de la calidad (SGC) y los sistemas de gestión de la seguridad de la información (Walton, 2004).

Una vez implementado el aplicativo en las empresas mineras, en términos generales se realiza el siguiente procedimiento:

1. Se analizan posibles mejoras, por medio de la información que se recopila en la plataforma, ya sea que se han detectado problemas en terreno, porque los trabajadores han propuesto formas distintas de realizar alguna tarea, etc., encontrado de esta manera formas de trabajar más eficientemente que permiten ahorrar costos, recursos, tiempo, etc., en definitiva, aumentar la

---

<sup>1</sup> William Edwards Deming (14 de octubre de 1900-20 de diciembre de 1993) fue un estadístico estadounidense, profesor universitario, autor de textos, consultor y difusor del concepto de calidad total. Su nombre está asociado al desarrollo y crecimiento de Japón después de la segunda guerra mundial. Su obra principal es *Out of the Crisis* (1986).

<sup>2</sup> Walter Andrew Shewhart (18 de marzo de 1891 – 11 de marzo de 1967) fue físico, ingeniero profesor, consultor y estadístico. Autor en conjunto con Willima E. Deming del libro *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control* (1939).

productividad y disminuir los riesgos de accidentabilidad y exposición de los trabajadores.

2. Se estudian las posibles mejoras y su impacto. Se eligen las que mejor van a funcionar y se decide implantarlas en una prueba piloto.
3. Una vez realizada la prueba piloto, se verifica que los cambios funcionan correctamente y dan el resultado deseado. Si los cambios realizados no satisfacen las expectativas se modifican para que funcionen conforme a lo esperado.
4. Por último, si los resultados son satisfactorios se implementan a gran escala en la línea de producción. Una vez finalizadas e implementadas las mejoras, las actividades en terreno en las empresas mineras funcionan más eficientemente. No obstante, periódicamente se vuelve a buscar posibles nuevas mejoras y volver a aplicar el círculo de Demming nuevamente.

Los resultados de la implementación de este ciclo permiten a las empresas una mejora integral de la competitividad, de los productos y servicios, mejorando continuamente la calidad, reduciendo los costos, optimizando la productividad, reduciendo los precios, incrementando la participación del mercado y aumentando la rentabilidad de la empresa u organización (Tomioka y Canavesi, 2014).

### **3.4.3 Metodología LEAN**

La plataforma MASSO incorpora la metodología Lean (Figura 11), como herramienta de gestión de tiempo en base al mejoramiento continuo que disminuye dramáticamente el tiempo de ejecución de los procesos.

**Figura 11.- Principios del LEAN.**



Fuente: Instituto LEAN Chile.

La metodología Lean tiene su origen en los sistemas de producción de Toyota (Toyota Production System de Taiichi Ohno) y se remonta a los años 40, cuando las compañías de automoción japonesas se plantean cambios en los sistemas de producción derivados de la necesidad de atender mercados más pequeños con una mayor variedad de vehículos, lo que requería una mayor flexibilidad en la producción. Aunque en sus inicios se aplicó a la industria automotriz y en las áreas de manufactura, en la actualidad la aplicación de la metodología Lean se ha extendido a todos los procesos empresariales de un negocio y no solamente en empresas industriales, sino incluso en empresas de servicios.

La metodología Lean ha sido definida como filosofía de excelencia y mejora continua orientada a eliminar el desperdicio y actividades que no le dan valor agregado a los procesos para la fabricación, distribución y comercialización de productos y/o servicios, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando aquellas actividades y subprocesos que no se requieren, permitiendo a las empresas reducir costes, mejorar procesos, eliminar desperdicios, aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Con Lean, MASSO busca crear el mayor valor para el cliente, minimizando los recursos, el tiempo, la energía y el esfuerzo, a través de:

- Entender lo que realmente está pasando en el lugar donde se crea el valor, gemba<sup>3</sup>.
- Mejorar los procesos mediante los cuales los productos y servicios son creados y entregados.
- Desarrollar la capacidad de las personas, a través de la resolución de problemas y el coaching.
- Desarrollar líderes y un sistema de gestión eficaz.

#### *Modelo de Transformación Lean.*

El modelo de transformación Lean (Figura 12) consta de cinco partes:

1. Propósito ¿Qué valor para los clientes?
2. Mejora de Procesos ¿Cómo mejorar continuamente?
3. Desarrollo Capacidades ¿Cómo desarrollar a los empleados?
4. Modelo de Gestión y Liderazgo ¿Cuál es nuestra mentalidad?
5. Pensamiento Básico ¿Qué modelo de gestión necesitamos?

---

<sup>3</sup> La palabra Gemba es un término japonés que significa “lugar de trabajo, el lugar real donde ocurren las cosas”



**Figura 12.-** Modelo Transformación Lean.



Fuente: Instituto LEAN Chile.

Alinear el propósito, el proceso y las personas, con base en el pensamiento organizacional, es la tarea central del modelo de gestión. La transformación Lean requiere aprender una nueva forma de pensar y actuar, caracterizada no por implementar una serie de pasos o soluciones, sino por abordar cuestiones claves de propósito, proceso y personas.

Al aplicar Lean, el sistema aporta a la cadena de valor tanto cuantitativamente como cualitativamente, detectando las pérdidas de recursos. Una vez detectadas, se procede a la búsqueda de las causas raíz y a la adopción de acciones de mejora o palancas, que ataquen a las causas del problema y eliminen, o al menos disminuyan, dichas pérdidas en tiempos de producción.

Así, se puede afirmar que, mediante el Lean la plataforma adopta una filosofía de gestión basada en la mejora continua, la cual brinda sustentabilidad a los resultados y que envuelve a todos los niveles de la organización. Se trata de una orientación radical hacia la calidad de servicio y el punto de vista del cliente.

### 3.4.4 Metodología LEAN STARTUP

La plataforma se ha desarrollado en base a la Metodología Lean Startup<sup>4</sup>, la cual permite organizar y gestionar el desarrollo del producto, mediante un sistema de hipótesis, prueba y error, a fin de crear un sistema con menos defectos, menos problemas y de acuerdo con las necesidades de los clientes, teniendo una mirada integral del proyecto, centrandose en la necesidad y no en el producto.

Con la metodología Lean Startup se va construyendo y desarrollando el sistema a medida que se obtiene más y más conocimiento del cliente y su modo de operar.

El método propicia la reacción inmediata adaptando de forma rápida el producto a las necesidades que se vayan detectando. Se trata de construir la calidad óptima desde el primer momento, teniendo en cuenta la relación de todas las partes que interactúan en torno al sistema y la dependencia de unas de otras. No se espera al final para comprobar la calidad, sino que se aprende constantemente. Por ende, el desarrollo de la plataforma se entiende como un experimento, de forma que se acepten los cambios con normalidad para lo cual se requiere una comunicación muy fluida y frecuente entre todo el equipo de trabajo.

La Metodología Lean Startup creada por Eric Ries en 2008, se basa en tres pilares fundamentales (

Figura 13) planteados en un círculo interminable y en constante movimiento: Crear, Medir y Aprender.

Comienza por crear un producto, continúa por medir los resultados de lo creado y sigue con el aprendizaje de lo medido para volver a empezar a crear.

---

<sup>4</sup> El concepto Lean Startup fue desarrollado por Eric Ries en 2008 en su obra "El método Lean Startup: Cómo crear empresas de éxito utilizando la innovación continua". Al principio, el método se creó para empresas de alta tecnología, pero con el tiempo se ha ampliado al resto de sectores, siendo aplicable a cualquier individuo, grupo o empresa que necesite introducir nuevos productos y servicios en el mercado.

Figura 13.- Proceso Lean Startup.



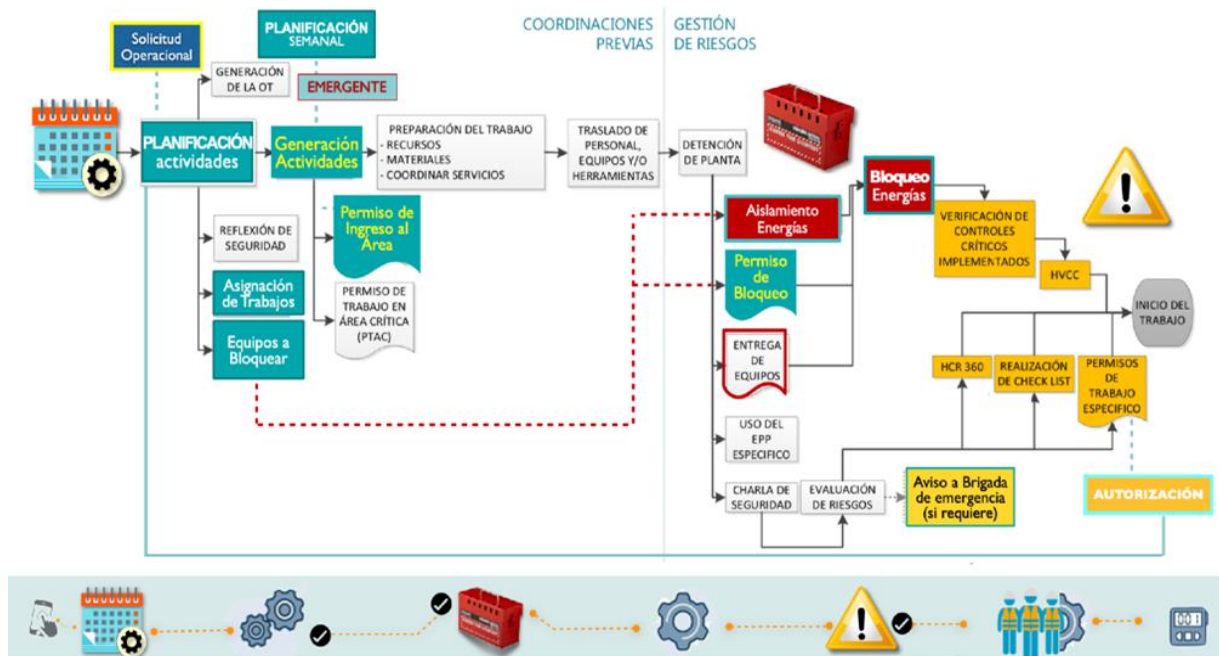
Fuente: Eric Ries

- **Crear:** Se inicia con la especificación de los requerimientos del cliente, considerado los pasos más importantes, se continúa con el diseño, componentes, construcción del producto, integración de los módulos, entre otros.
- **Medir:** Una vez desarrollado el sistema de prueba se revisan, analizan y miden los cambios efectuados según los parámetros establecidos en reuniones continuas con el cliente.
- **Aprender:** Finalmente se valida el aprendizaje, producto de llevar a cabo un método científico que permita validar el producto desarrollado a partir de la experimentación y adaptarla a partir del conocimiento adquirido para generar una nueva, siguiendo este proceso hasta llegar a un producto final validado.

### 3.5 Funcionamiento MASSO

MASSO se involucra en las operaciones de Minera Centinela desde el proceso de planificación de los trabajos hasta la ejecución y términos de estos (Figura 13). La plataforma permite integrar con trazabilidad total los procesos ejecutados, generando documentación y autorizaciones en línea, a continuación, se muestra un diagrama que permite comprender los procesos de MASSO.

Figura 14.- Diagrama de procesos MASSO.

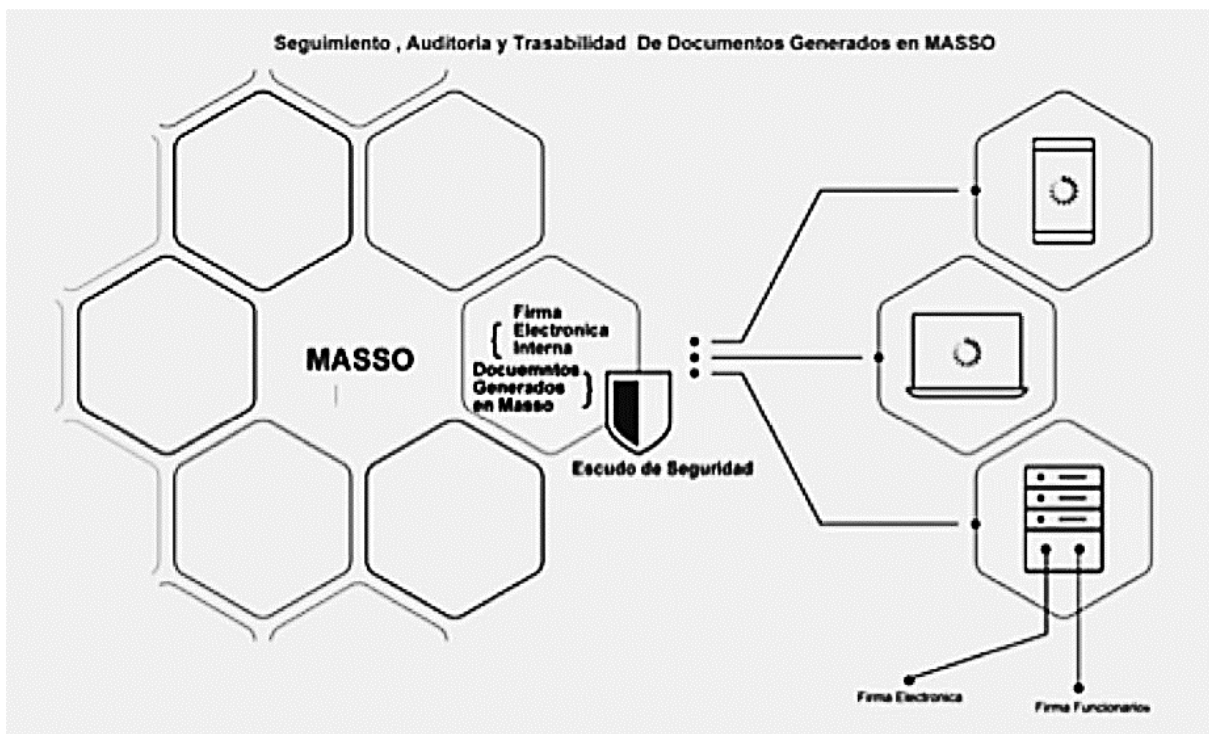


Fuente: Elaborado por Kefa Teconología.

El sistema cuenta con una plataforma Web donde la gerencia y responsables de operaciones pueden coordinar y planificar las actividades de mantención que se realizarán en las plantas y áreas, definiendo todos los recursos necesarios para llevar a cabo los trabajos.

En el desarrollo diario de las tareas, los trabajadores cuentan con una plataforma Móvil, donde tienen acceso a generar las actividades planificadas por la administración y solicitar las autorizaciones correspondientes a los premisos de trabajo y protocolos de seguridad, la cual se autoriza por medio del mismo aplicativo y genera la documentación correspondiente en cada etapa de los trabajos.

**Figura 15.-** Proceso seguimiento, auditoria y trazabilidad de los documentos generados en MASSO.



Fuente: Kefa Tecnología.

La plataforma posee la característica de realizar seguimiento, auditoria y trazabilidad de los documentos generados en la aplicación (Figura 14) mediante la inserción de una firma electrónica interna que implanta un código en el documento y permite validarlo en la aplicación, esta firma electrónica simple es válida solo en el entorno interno de la red y busca dar confiabilidad a los documentos, por otra parte permite la inserción de la firma de los funcionarios que han sido instruidos para algún trabajo o por alguna capacitación.

El sistema se diseñó integrando herramientas que tienen como finalidad resguardar la vida y seguridad de los trabajadores, por lo que valida en cada una de las etapas el cumplimiento a las normativas legales de la compañía, asegurando el cumplimiento de los protocolos de la actividad.

Minera Centinela cuenta con trabajos críticos que requieren bloqueos de energías, los cuales se rigen por el Reglamento de Aislación y Bloqueo.

El proceso de Aislación y Bloqueo se refiere, en palabras simples, al procedimiento a través del cual se le quita energía a un equipo con el objetivo de trabajar de manera segura. Este proceso evita que alguien active una maquinaria determinada mientras está siendo manipulada por otra persona. Puede consistir en el bloqueo de un interruptor eléctrico, una válvula de vapor, de agua o de aire, entre otras.

Para llevar a cabo este procedimiento en faena, es imperativo cumplir con el Decreto Supremo N° 72 del Reglamento de Seguridad Minera, en el cual el artículo N° 31 explicita lo siguiente: *“Cada vez que se efectúe la mantención y reparación de maquinarias o equipos y antes de que sean puestos en servicio, deberán ser colocados todos sus dispositivos de seguridad y sometidos a pruebas de funcionamiento que garanticen el perfecto cumplimiento de su función.”*

La tecnología incorpora todas las etapas y procedimientos del proceso de Aislación y Bloqueo de Minera Centinela, dando cumplimiento a la normativa descrita y reduciendo los riesgos a los que exponen los trabajadores.

La plataforma opera como un Sistema de Gestión Integral que proporciona una visión global y específica de las operaciones de mantención que se realizan en las plantas mineras, entregando herramientas que permiten la gestión de los tiempos de trabajos, reduciendo exponencialmente los riesgos a los que se exponen los trabajadores dando mayor control sobre estos, permitiendo una comunicación en línea entre los diferentes niveles jerárquicos de la organización, entregando información en tiempo real y de forma oportuna para la toma de decisiones de toda índole.

#### **4. Proceso Implementación Proyecto**

Con el propósito del proyecto claro y con la definición del sistema o plataforma digital con la cual se ejecutará el proyecto para mejorar la productividad de la planta y a la vez mejorar los controles y gestión de seguridad. Se inicia la etapa de implementación en forma de pilotaje. Para el desarrollo del proyecto se realiza una planificación del proceso de implementación con un equipo multidisciplinario de

Centinela, para asegurar el éxito en la ejecución del proyecto. Los principales ámbitos considerados por el equipo evaluador son los siguientes:

- Diseño de estructura de equipos de trabajo
- Levantamiento de la información requerida
- Seguimiento y control de proyecto
- Adaptabilidad (Gestión de Cambio)
- Puesta en Marcha
- Evaluación e impacto del proyecto

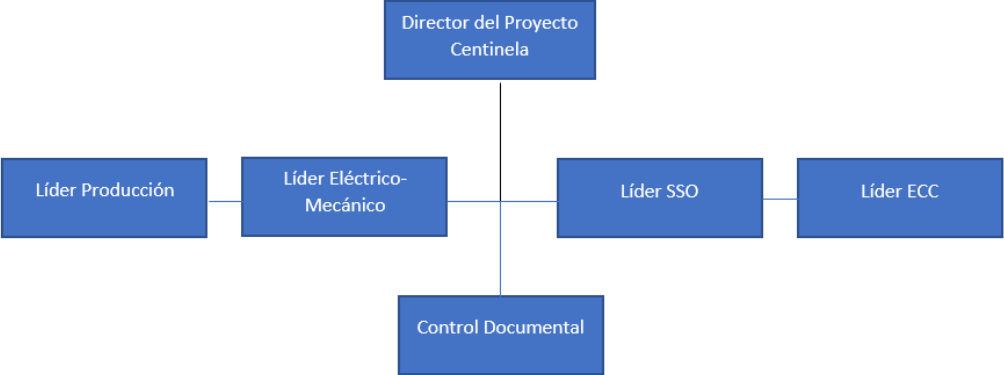
#### **4.1 Formación de Equipos**

Para poder desarrollar el proyecto piloto desde una base que permita llevar un trabajo fluido entre las partes, se forma un equipo de trabajo multidisciplinario de Minera Centinela, que sea capaz de desarrollar un trabajo que conecte con las necesidades de terreno y a su vez con las necesidades de la organización, para luego poder transformarlas en una solución digital que facilite la operación diaria de los trabajadores, (Figura 16). Este equipo tiene el objetivo de llevar a cabo la Planificación, seguimiento y control del proyecto, gestión de cambio y puesta en marcha.

La estructura organizacional por parte del equipo Centinela consiste en:

- Director del Proyecto
- Líder Proyecto Operaciones
- Líder SSO (seguridad)
- Líder Eléctrico
- Líder Empresas Colaboradoras
- Líder Mantenimiento
- Control de Documentos

**Figura 16.-** Organigrama Equipo Centinela.

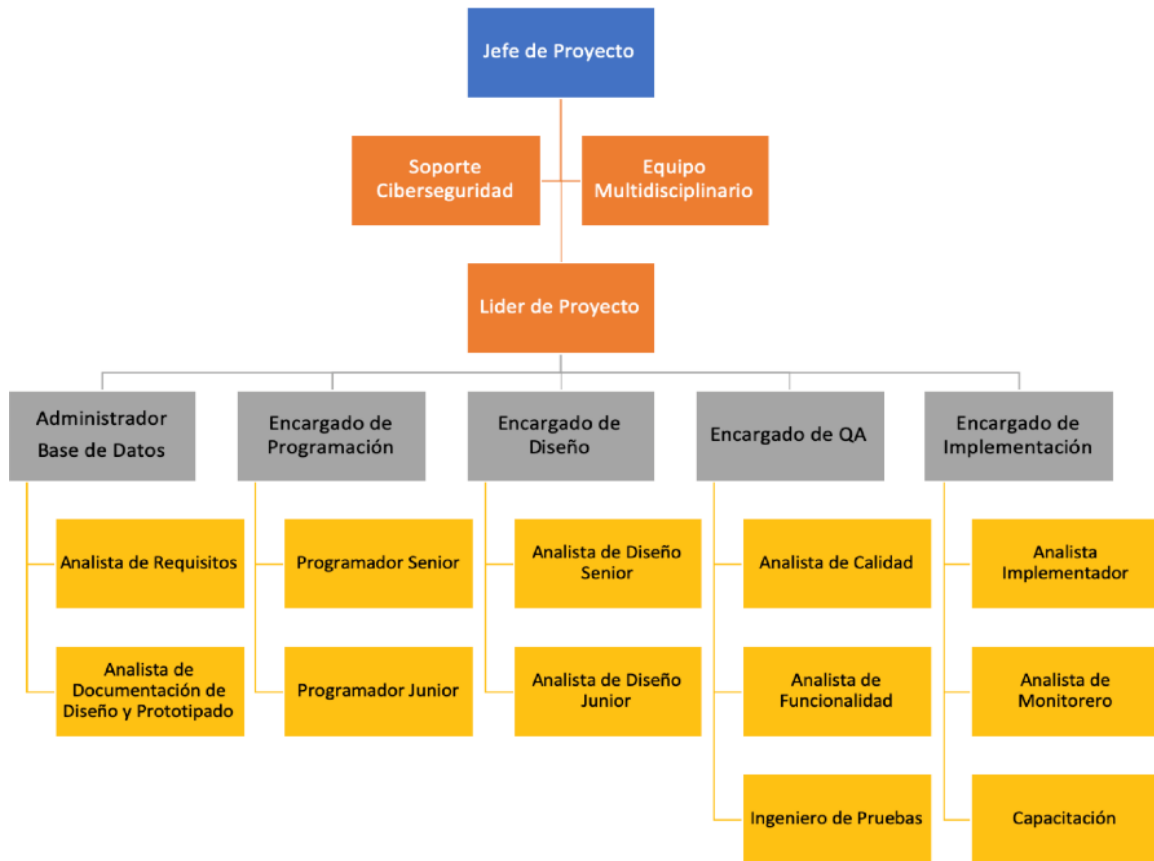


Fuente: Minera Centinela.

Por el otro lado empresa KEFA desarrolla un organigrama destinado al proyecto MASSO (Figura 17), donde el Jefe de Proyecto se relaciona con el equipo de implementación Centinela.



**Figura 17.- Organigrama equipo KEFA**



Fuente: Equipo Implementación Proyecto Centinela

#### 4.2 Levantamiento de Actividades de Seguridad Requeridas para el Proyecto.

Una vez formado los equipos técnicos, se planifica la revisión de las actividades de seguridad críticas que se deben incorporar a la transformación digital para lograr el propósito del objetivo. Para este levantamiento se revisan todos los procedimientos de seguridad de Centinela con el equipo multidisciplinario con el fin de buscar coherencia entre los protocolos y las practicas deseadas, evitando duplicidad de información y con una mirada de mejorar la eficiencia de los procesos actuales. Este paso del proceso es muy importante para asegurar que la información que se levante al sistema de digitalización sea coherente los objetivos que se buscan. Para este proceso se forma un equipo con dedicación exclusiva para

desarrollar esta etapa, incorporando empresas colaboradoras, trabajadores de terreno, supervisores y personal del área de seguridad.

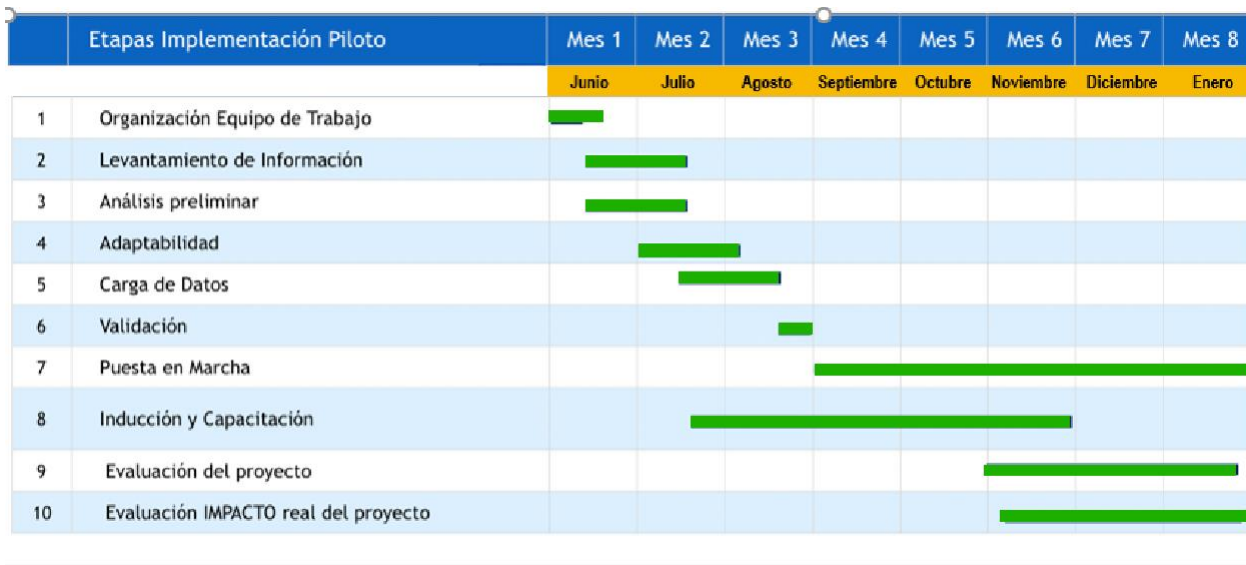
### **4.3 Seguimiento y Control del Proyecto**

Con la formación de los equipos de trabajo y teniendo validada las actividades con potencial de mejora para aumentar la productividad de la operación a través de la mejora de protocolos y transformación digital, se comienza con la planificación de la ejecución del proyecto.

Para la planificación y seguimiento de la implementación del proyecto se elabora un plan de acción que permita realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas del proyecto, viendo gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto y frecuencia de seguimiento a nivel de directorio.

Se elabora una planificación mediante carta Gantt (Figura 18) para definir las etapas de implementación del piloto, su seguimiento y control de avance. Se diseña su seguimiento semanal, con la participación del equipo formado por ambas partes, con el fin de detectar oportunamente riesgos de avances del proyecto y generar los planes de acción en forma temprana y evitar la materialización de estos riesgos en el proyecto. En este proceso se establece la planificación general, a continuación, es posible observar las principales actividades.

**Figura 18.- Carta Gantt Ejecución del Proyecto**



Fuente: Equipo Implementación Proyecto

Quando se tiene claramente lo que se desea alcanzar, se pueden definir los resultados necesarios para el logro de los objetivos del proyecto, por ello el proyecto se dividió en cinco fases para realizar un ordenamiento (Figura 19), seguimiento y control, donde se establece que las actividades críticas si no se realizan no se puede avanzar al siguiente paso. Las fases utilizadas se muestran en las siguientes imágenes.

Figura 19.- Fases Implementación MASSO en CENTINELA



Fuente: Equipo Implementación Proyecto

Figura 20.- Detalle fases en Cronograma de Actividades

Fase	Cronograma de Actividades	Responsable	Enviado	Recep.	Estado
FASE 1 Preparación Inicial	• Alcance	KEFA			Aprobación
	• Factores Críticos	CENTINELA-KEFA			Confirmación
	• Conformación Equipo de Trabajo	CENTINELA-KEFA			Confirmación
	• Modalidad de Trabajo y Reuniones	CENTINELA-KEFA			Confirmación
	• Acta Preparación Inicial	KEFA			Realizada
FASE 2 Objetivos	• Objetivos Implementación Masso	CENTINELA-KEFA			Aprobación
	• Identificación Empresas Contratistas en MASSO	CENTINELA		Pendiente	
	• Plan Levantamiento información OXE	CENTINELA	Si	Si	Revisión
	• Plan Levantamiento información OXE - Contratistas	CENTINELA	Si	Si	Revisión
	• Plan Levantamiento información MET - Contratistas	CENTINELA	Si	Si	Revisión
	• Revisión Información Recepcionada	KEFA			Revisión
FASE 3 Poblamiento	• Plan Poblamiento Base de Datos	KEFA			Proceso
	• Geoposicionamiento Equipos OXE	CENTINELA-KEFA			
	• Revisión	KEFA			Proceso
	• Acta de aprobación datos incorporados a MASSO	KEFA			
FASE 4 QA - Aprobación	• Pruebas con la información ingresada	CENTINELA-KEFA			
	• Acta Aprobación a Fase Producción	KEFA			
FASE 5 Puesta en Producción	• Aplicativo Móvil y WEB MASSO	KEFA			
	• Acompañamiento	KEFA			
	• Soporte	KEFA			



Fuente: Equipo Implementación Proyecto

El seguimiento de control del proyecto se realiza con una metodología de mejoramiento continuo, como fue explicada en la etapa del Marco Conceptual, a través del ciclo de Deming, (Plan, do, check, act). Con un foco importante en la planificación del proyecto, realización de las actividades, revisión de avance y modificación y acción a las desviaciones del proceso de ejecución.

#### 4.4 Adaptabilidad, Gestión de cambio

Esta etapa corresponde a uno de los procesos más desafiantes del proyecto, dado que el objetivo del proyecto busca erradicar prácticas instauradas en la organización y en los trabajadores por muchos años, donde existen “miedos” desde la forma de operar con la digitalización, adaptación de los trabajadores del papel a la tecnología, confiabilidad de los sistemas digitales, posibles fallas de comunicación, atrasos en los procesos por desconocimiento de las herramientas etc.

Para enfrentar todos estos miedos y resistencias al cambio, se realiza una planificación estratégica con el equipo de implementación del proyecto, donde se busca que este proceso antes de ser implementado en terreno se identifiquen los riesgos y se generen planes de acción con el fin aumentar la probabilidad de éxito de la implementación del proyecto en terreno. Los riesgos que se presentan son:

- Falta de conocimiento para operar el sistema digital.
- Sistema de red Wifi sin alcance para todas las zonas de implementación.
- Resistencia al Cambio.
- Autorización de las Autoridades para implementar un sistema digital para los temas de seguridad (bloqueo de energías).
- Falla en las comunicaciones de los sistemas existentes.
- Respaldo de la información con baja seguridad en la nube y sin autorización por IT centinela.
- Poco interés de los stakeholders en asumir este riesgo de cambio.
- Falta de dispositivos para usar el sistema en terreno.
- Otros

Para los riesgos expuesto se genera un plan de acción mitigador, con el fin de poder realizar una gestión de cambio exitosas y el proyecto tenga un mayor potencial de éxito en su implementación. Las acciones que se generan:

- Plan de capacitación teórico y práctico para todos los trabajadores que usan el nuevo sistema digital
- Se integra al equipo IT de centinela al equipo de implementación.
- Se realiza estrategia de comunicación con el equipo de Innovación AMSA
- Se asignan líderes de cambio para el proceso de implementación.

- Se realiza levantamiento de Zonas sin Wifi, antes de implementación
- Se realiza evaluación de riesgo con las acciones propuestas
- Se mantiene filosofía de ciclo Deming.
- Se solicita autorización a Sernageomin.
- Planificación actividades para puesta en marcha del proyecto.

#### **4.5 Puesta en Marcha y Evaluación del Proyecto**

Una vez realizado el proceso de Gestión de Cambio, y evaluación de riesgo de la implementación de proyecto, se planifica la puesta en marcha, el tiempo estimado para ejecutar la puesta en marcha es de 6 meses, donde uno de los objetivos de este proceso es que el proyecto pueda maximizar su potencial esperado, para evitar que la primera etapa del proceso de implementación genere un impacto negativo y rechazo en los trabajadores, se realiza una estrategia de implementación inicial de bajo riesgo asegurando la adaptación y credibilidad del proyecto, por lo cual inicialmente las actividades que se realizan con el sistema de digitalización son reducidas y de bajo impacto para el negocio, con trabajadores muy bien capacitados y con práctica en el uso del sistemas. Lugo de realizar las actividades estas se analizan y se genera un ciclo de Deming para asegurar el mejoramiento continuo, una vez logrado el máximo potencial esperador en las actividades de menor riesgo o impacto al negocio, se aumenta el número actividades y número de trabajadores que usan el sistema digital. Luego de 6 meses de puesta en marcha, se realiza la evaluación del proyecto desde un punto de vista de aumento de productividad, costo versus beneficio y de mejoramiento en la gestión de seguridad.

#### **5. Resultados**

Con la implementación del proyecto digital se logra como resultado un mayor control, seguimiento y gestión de las actividades de seguridad en terreno, obteniendo un proceso en línea, donde los protocolos se pueden desarrollar en

forma paralela por cada una de las personas que ingresan a las áreas, facilitado por el desarrollo digital, y no en serie como se desarrollaba antiguamente, Figura 21. Esto permite reducir considerablemente los tiempos de ingreso al área, logrando beneficios productivos importantes para el negocio. Además, todas las actividades ejecutadas quedan respaldadas logrando mejorar considerablemente la trazabilidad de la documentación realizada, permitiendo incorporar indicadores de gestión y mejoramiento a los temas de seguridad y productividad. Adicionalmente se logra un aporte al medio ambiente y gasto al reducir 100% los papeles para desarrollar las actividades de seguridad en terreno.

**Figura 21.-** Antes y después con y sin sistema digital.



**5.1 Resultados Reducción de tiempos**

La forma para evaluar si existe o no reducción de tiempo usando la forma tradicional (con papel) versus la plataforma digital, para las actividades de seguridad en el ingreso a la planta (Área Seca-Centinela), considera un levantamiento de las actividades que se requieren realizar para cumplir con los protocolos de seguridad y luego realizar una medición de tiempos para cada una de



estas actividades, comparando la línea base (forma tradicional tabla 2) con el resultado de medición de tiempo usando el proceso digitalización, a continuación observan las principales actividades requeridas para el cumplimiento de los protocolos de seguridad:

- **Permisos de Trabajo:** Proceso donde el supervisor autoriza o no, el ingreso de las empresas al área de trabajo. Una vez que se evidencia el cumplimiento de los requerimientos de seguridad exigidos por el área de acuerdo con los riesgos que se expondrán los trabajadores que realizarán la actividad.
- **Aislación:** Proceso donde los equipos a intervenir son aislados eléctricamente, desde salas eléctricas, por una persona acreditada con estas competencias.
- **Bloqueo:** Todos los interventores que ingresen a trabajar a un equipo específico, deben realizar su bloqueo con candado y hacer el llenado del libro de bloqueo para dejar trazabilidad, para asegurar que este equipo no se energice hasta que la última persona interventora salga del equipo.
- **HCR 360:** Cartilla que se utiliza para identificar los riesgos del área, todos los trabajadores a intervenir la deben realizar esta cartilla y debe ser validada por el supervisor.
- **HVCC:** Si se identifica un riesgo de Fatalidad (cartilla HCR 360) en la actividad a intervenir, debe ser llenada esta cartilla para asegurar que los controles para evitar la fatalidad (pre-definidos) estén presentes en el área. Todos los interventores la llenan y son validadas por el supervisor.
- **Check list de Seguridad:** Se realiza un control a las herramientas, condiciones del área y elementos de protección personal según el riesgo presente.

Los resultados que se presentan a continuación, es una proyección con los resultados de medición de tiempo que se obtiene de 100 actividades de trabajo (*midiendo los tiempos de inicio a fin de cada equipo de trabajo por actividad*), comparando ambas formas de ejecutar los protocolos de seguridad mencionados anteriormente. En la medición de tiempo de cada una de ellas el resultado muestra una tendencia favorable al realizar las actividades mediante una plataforma digital, pasando de 85 min con la forma tradicional a 16 min con el nuevo sistema, logrando una reducción de 69 min por detención de planta, equivalente a una mejora del 81% de los tiempos muertos que se tenían con la forma tradicional de ejecutar las actividades de seguridad. (Tabla 2, Figura 22)

**Tabla 1.-** Tiempo min (cuartil 1) ejecución de actividades (línea base).

<b>Actividades</b>	<b>Tiempos Time On Tools (min) Línea Base</b>
<b>Aislación</b>	<b>15</b>
<b>Bloqueo</b>	<b>20</b>
<b>HCR 360</b>	<b>15</b>
<b>HVCC</b>	<b>15</b>
<b>Check list</b>	<b>20</b>
<b>Total tiempo (min)</b>	<b>85</b>

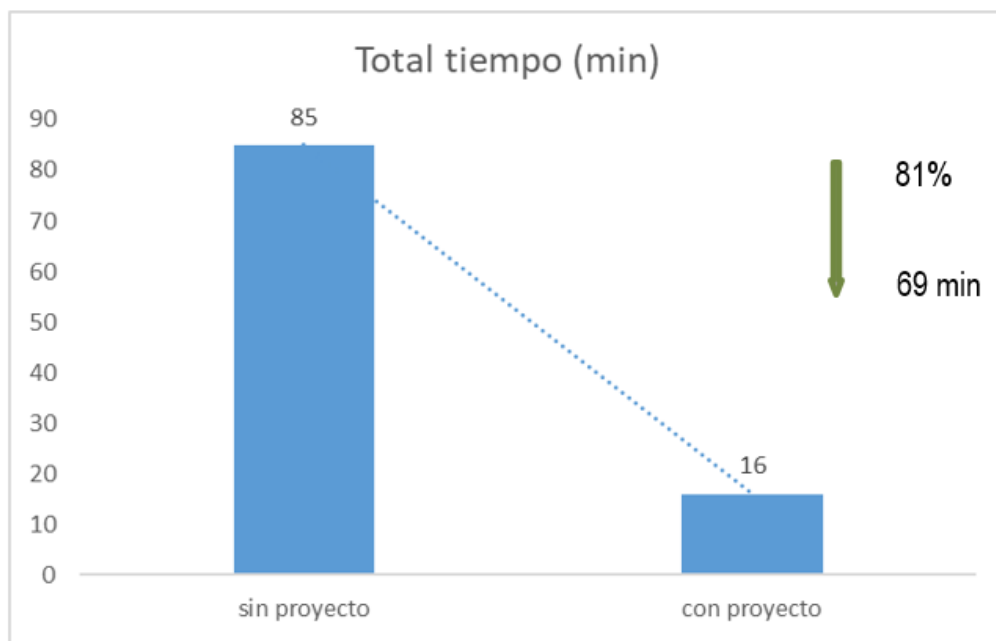
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

**Tabla 2.-** Comparación medición de tiempos sin proyecto – con proyecto.

Actividades	Tiempos Time On Tools (min) sin Proyecto	Tiempos Time On Tools (min) con Proyecto	Potencial Ganancial en min/actividad
Aislación	15	5	10
Bloqueo	20	4	16
HCR 360	15	2	13
HVCC	15	2	13
Check list	20	3	17
<b>Total tiempo (min)</b>	<b>85</b>	<b>16</b>	<b>69</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

**Figura 22.-** Total tiempos muertos sin proyecto vs con proyecto.



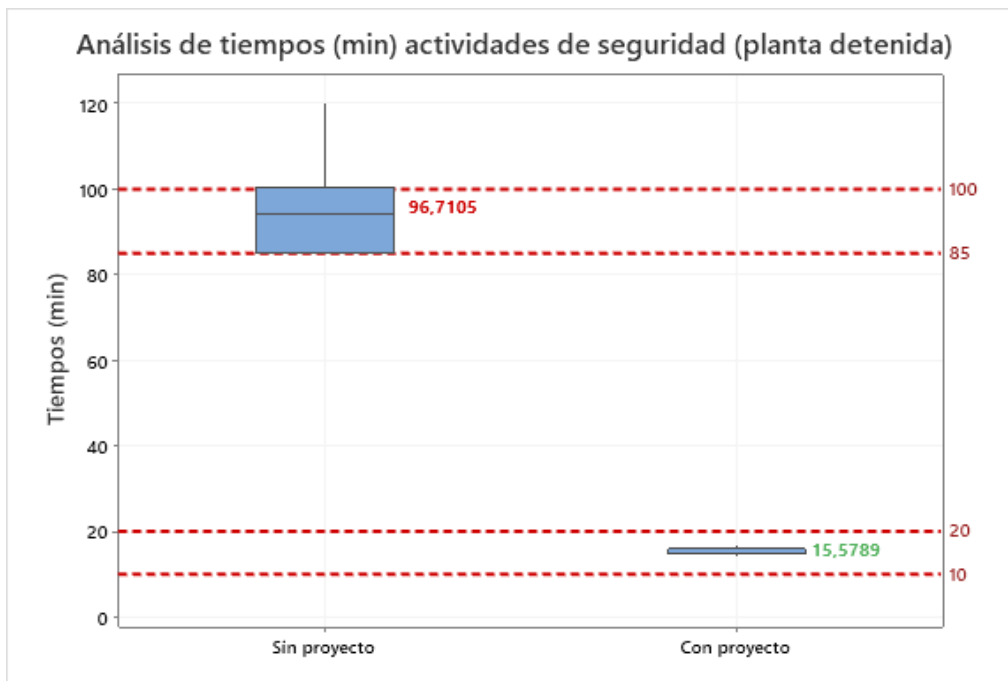
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

Cabe mencionar que la variabilidad de las mediciones realizadas para la forma tradicional era mayor que usando la plataforma digital (con proyecto), demostrado con el gráfico (2) de cajas, obteniendo un proceso más predecible, y programable.

Para efecto de la propuesta de valor del proyecto se define que para la forma tradicional de ejecutar las actividades de seguridad se usará el Cuartil 1 del resultado del gráfico de caja, entendiendo que mejorando las prácticas actuales se podría llegar al valor de tiempo más bajo medido y para el caso de los resultados de medición de tiempos de las actividades usando la plataforma digital se usará la

mediana, definiendo los tiempos mencionados de 85 min para la forma tradicional y 16 min para la plataforma digital (Figura 23).

**Figura 23.-** Comparación medición de tiempos sin proyecto vs con Proyecto.



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

## 5.2 Resultado Producción

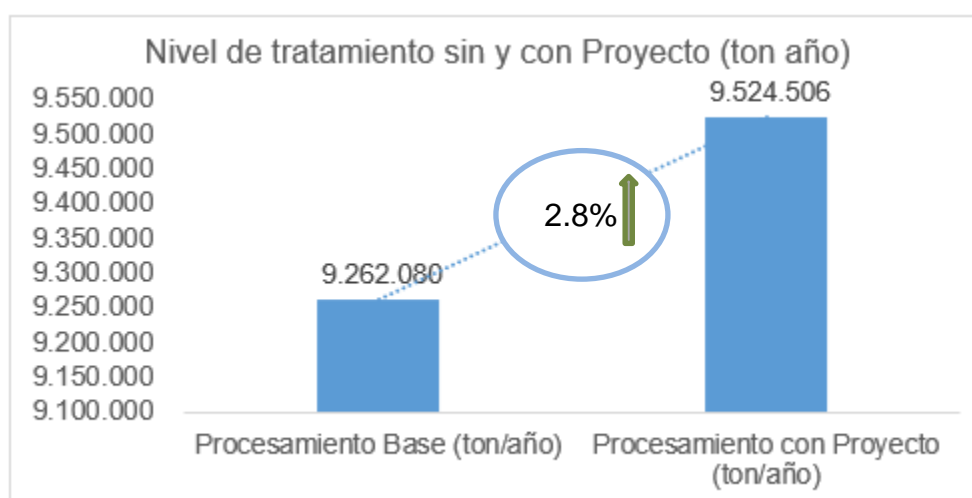
Con una reducción de tiempo de 69 min (1.2 hrs) por actividad, aportado por el proyecto y considerando un coeficiente de marcha (CM) de 67% de acuerdo con el performance real de la planta, el potencial en tiempo disponible adicional que se genera para producción es de 0,8 hrs por cada Mantenimiento Programado. Considerando que al mes se programan 17 detenciones menores para mantener la planta y con un rendimiento de diseño de planta de 1.600 TPH, el potencial de aumento de procesamiento al año es de 262.426 toneladas, equivalente a 2.8% de aumento de procesamiento al año, en tabla 4 se presenta los beneficios proyectados y en Figura 24.

**Tabla 3.- Aumento procesamiento de mineral (Proyecto Digital)**

Beneficio disminución tiempo de ingresos al mes (hrs)	20,4
Beneficio disminución tiempo de ingreso al año (hrs)	245
Rendimiento Promedio mensual ton/hrs	1.600
Coeficiente de marcha base	67%
Beneficio anual en tratamiento	262.426
Procesamiento Base (ton/año)	9.262.080
Procesamiento con Proyecto (ton/año)	9.524.506

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

**Figura 24.- Aumento Procesamiento Mineral con Proyecto Digital.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

El aumento del nivel de procesamiento permite incrementar 1.064 ton de Cuf con respecto a lo planificado para el año (2020), equivalente a un 1.3% de aumento de producción (Tabla 4).

**Tabla 4.-** Aumento Cuf año.

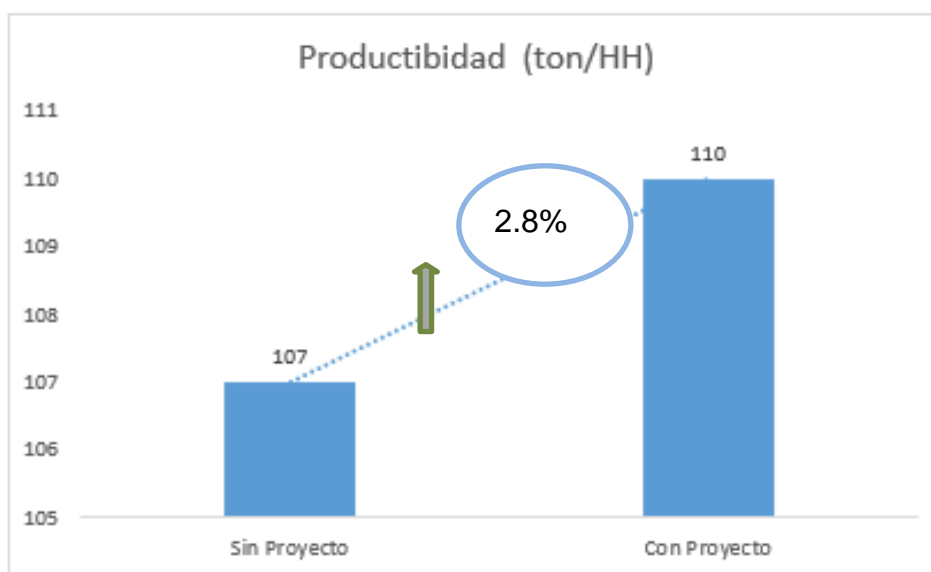
Recuperación Cuf	60,5%
Ley CuT	0,67%
Beneficio anual en tratamiento	262.426
aumento Cobre fino al año (ton)	1.064
Producción anual Planificada	85.000
Incremento Producción con Proyecto	86.064
% Aumento al plan anual de Producción Cuf	1,3%

*Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto*

### **5.3 Aumento Productividad**

Uno de los propósitos relevantes del desarrollo de este proyecto es identificar e implementar iniciativas de aumento de productividad en la industria minera. En este caso, se incorpora la digitalización en el proceso para desafiar “como” se realizan los protocolos de seguridad hoy en día en Centinela. Al implementar este proceso, se logra mejorar los tiempos de la realización de los protocolos de seguridad, aportando a un incremento al nivel de procesamiento a la planta Área Seca de Centinela. Sin la necesidad de aumentar dotación, por lo tanto, se logra un mayor nivel de producción con la misma cantidad de personas, aportando al aumento de productividad en 2.8% con respecto a la línea base del estudio, pasando de 107 ton/HH a 110 ton/HH, (Figura 25).

**Figura 25.-** Aumento de Productividad sin y con Proyecto Digitalización.



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

#### **5.4 Resultados Gestión Seguridad**

La actividad minera es una actividad de alto riesgo, donde se interactúa con distintos tipos de energías, por lo tanto, el desafío para este sector es mayor en cuanto a eliminar las fatalidades y mitigar los efectos de la actividad productiva en relación con las enfermedades profesionales. En consecuencia, se requiere de la implementación de un sistema de gestión eficiente y efectivo, tendiente a reducir la tasa de gravedad de accidentes, la exposición a agentes que generan enfermedades profesionales y, sobre todo, eliminar las fatalidades.

La gestión de riesgos y seguridad constituye un objetivo prioritario para la minería, entendiendo que un sistema eficaz de gestión de prevención de riesgos laborales, supone una mejora de la seguridad y salud de los trabajadores.

Con la implementación del proyecto se logra gestionar y monitorear los riesgos a los que se expone el personal en Minera Centinela, mejorando el control en seguridad de los trabajadores, asegurando las competencias de las personas que ingresan, el cumplimiento de los procedimientos y estándares de seguridad de

la compañía, mejorando la trazabilidad y generando mejoras a la gestión de seguridad, esquema de este sistema (Figura 26).

Esta herramienta tecnológica inteligente permite gestionar de forma dinámica los riesgos en la industria minera, a fin de prevenir y reducir los riesgos de accidentes a los que se exponen los trabajadores, siendo amigables con el medio ambiente y contribuyendo en la continuidad operacional de la organización y optimizar los tiempos. En la figura siguiente se muestra un esquema de la integración de la información al sistema de digital quedando disponible para una mejor gestión.

**Figura 26.-** Esquema Gestión Sistema



La plataforma digital incorpora una serie de medidas que permiten que las actividades que se realizan en terreno se ejecuten de forma segura, en cumplimiento a las normativas legales y de la compañía.

La Plataforma, ha registrado en promedio mensual más de 1.830 actividades ejecutadas en la planta Área Seca de Centinela desde su implementación (Figura 27, 28), las cuales se distribuyen en siete áreas (Figura 29). Con esta información disponible permite realizar una gestión de la cual antes la organización no disponía de antecedentes, ya que esta información se perdía en terreno, por estar en forma



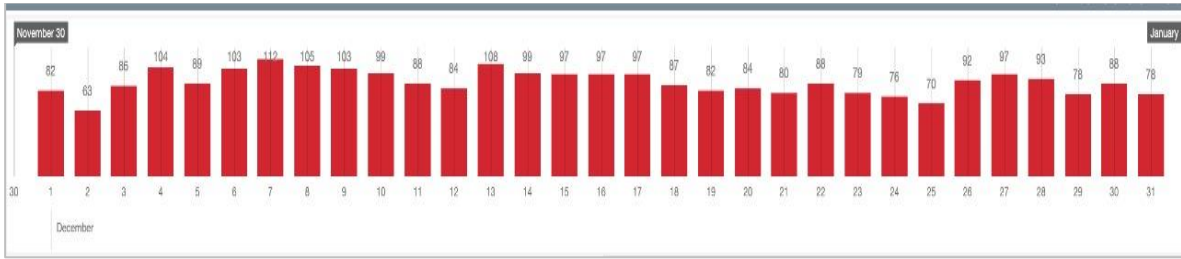
de papel, sin poder administrar la cantidad de información que se generaba en terreno.

Minera Centinela se rige por las normativas de controles de seguridad de Antofagasta Minerals que establece 15 Estándar de Riesgos de Fatalidad Transversal, los cuales son:

- Pérdida De Control del Vehículo
- Pérdida de Control de Equipo
- Interacción Personas
- Equipos y Vehículos
- Caída de Roca / Falla de Terreno
- Pérdida de Control En Manejo de Explosivos
- Pérdida de Control En Maniobras de Izaje
- Pérdida de Equilibrio / Caída desde Altura
- Falla Estructural
- Caída de Objeto
- Contacto con Energía Eléctrica
- Liberación Descontrolada de Energía
- Espacio Confinado
- Atrapamiento con Partes Móviles
- Contacto con Sustancias Peligrosas
- Incendio

Estos controles críticos de seguridad se monitorean con la plataforma MASSO en tiempo real (al tener todo el proceso digitalizado) junto con los protocolos de seguridad como la HCR 360, controles de Permisos Especiales de Trabajo, Check List, permitiendo hacer gestión y mejoramiento continuo, a continuación, se muestra la cantidad de actividades en la cuales antes quedaban en papel y hoy día están capturadas digitalmente para mejorar la gestión de los procesos.

**Figura 27.- Actividades Promedio Mensual MASSO.**



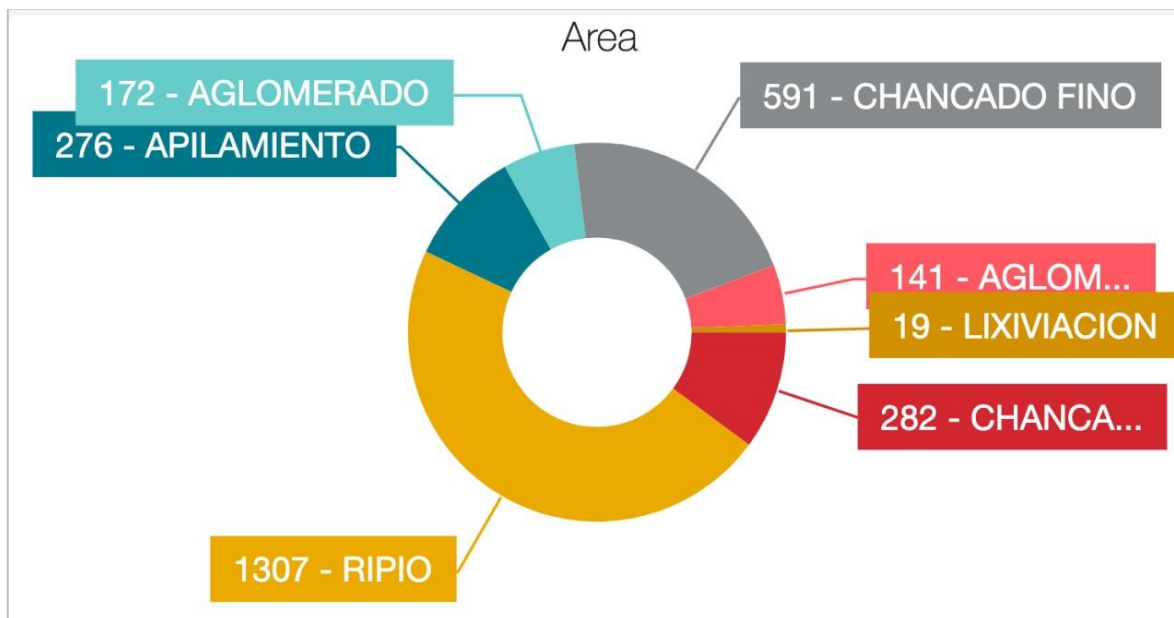
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

**Figura 28.- Actividades Ejecutadas Septiembre 2020 – Febrero 2021.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

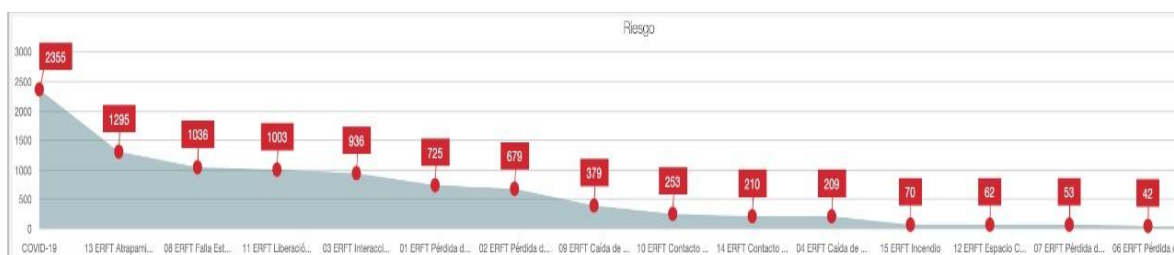
**Figura 29.-** Actividades Promedio por Área



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

En cuanto a la exposición a los riesgos del personal de Minera Centinela en las actividades ejecutadas en terreno, los agentes de riesgos que mayor registro de controles críticos han tenido es el Agente COVID-19 con 2.761 actividades, el riesgo de Atrapamiento con Partes Móviles con 1.471 formularios de controles críticos, y el riesgo de Liberación Descontrolada de Energía con 1.215 actividades (Figura 30).

**Figura 30.-** Exposición Personas Expuestas a Riesgos.

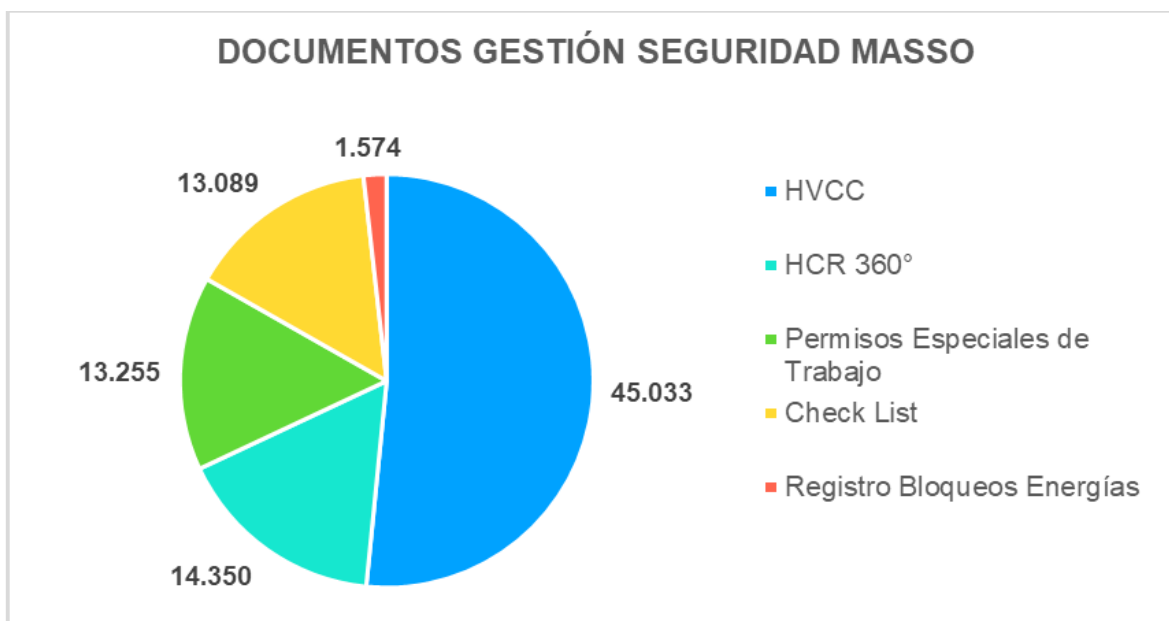


Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

El gran volumen de personas y de información que supone la ejecución de las actividades cotidianas en minería, requiere supervisión de las competencias del personal involucrado, acción que sólo es posible realizar con una plataforma digital.

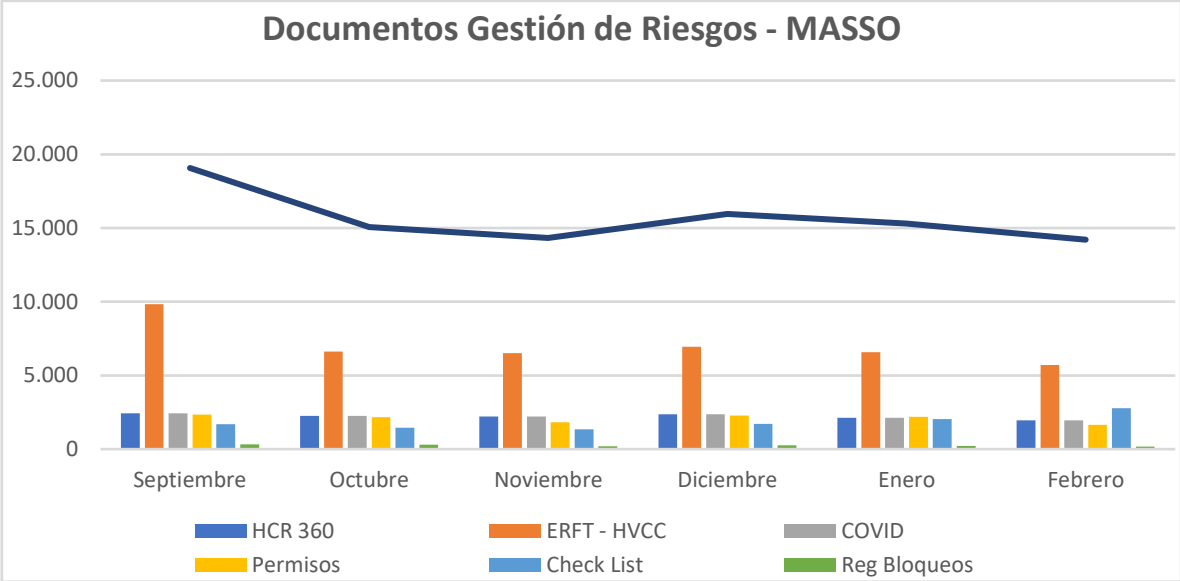
Las actividades realizadas en la plataforma han registrado 103.225 documentos digitales (en un periodo de 6 meses) provenientes de los protocolos de seguridad como Hojas de Verificación de Controles Críticos, HCR 360, Permisos Especiales de Trabajo, Check List, y Registros de Bloqueo de energías (Figura 31 y Figura 32).

**Figura 31.-** Documentos de Gestión de Seguridad generados



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto

**Figura 32.- Documentos de Gestión de Riesgos**



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la ejecución del proyecto.

**5.5 Resultado Medio Ambiente (eliminación del papel)**

Según Greenpeace, el 40% de la madera talada para uso industrial se usa para fabricar papel. Cada año se pierden unos 15.000 millones de árboles y de continuar así, en 300 años habrán desaparecido por completo. A ello se suma la pérdida de hábitat para especies protegidas, desaparición de flora en vías de extinción o el daño que eso supone al equilibrio del ciclo hídrico.

Con la implementación del proyecto de digitalización, en medio año se ha contribuido al medioambiente eliminando 103.205 papeles en la Planta Cátodos, lo que equivale a 13 árboles.

Si se proyectan estos resultados a las tres plantas de la minera, en un año sería posible salvar cerca de 26 árboles, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono.

## 6. Evaluación Financiera

Para los cálculos de la evaluación económica se considera los datos de la tabla 4, donde muestra que con la implementación del proyecto se puede lograr un potencial de aumento de producción anual de 1.064 ton de Cuf, representando un 1.3% de la producción anual, este beneficio es extrapolando a un año los resultados obtenidos en la puesta en marcha del proyecto (6 meses) para la planta de Óxidos de Centinela. Para la inversión inicial del Pilotaje se considera en 340KUS\$ y con un gasto mensual para la implementación del área de 28KUS\$, considera todo el soporte por la empresa KEFA para mantener el sistema operativo más apoyo técnico. El precio del Cu proyectado para el caso desarrollo es de 270 cUS\$/lb, y los años considerados para el cálculo del VAN, serán los considerados como vida útil del caso desarrollo del año 2019, esto proyecta la operación de Óxidos (Tesoro) hasta el año 2025.

Con estos datos se calcula el VAN del proyecto, con una tasa de descuento del 8.5%. Centinela usa un rango en la tasa de descuento que va desde 7% a 8.5%. esto se determina por algunos factores:

- 1) Si los proyectos están o no relacionado a minería de Cobre.
- 2) Lugar donde se invierte (país de alto o bajo riesgo).
- 3) Nivel de riesgo del portafolio o el proyecto a evaluar.

La decisión de la tasa de descuento en este caso a usar fue determinada por el riesgo de la implementación del proyecto, al ser un proyecto de innovación (alto riesgo), se decide tomar la tasa de descuento más alta (8.5%) por el riesgo asociado a la innovación.

Haciendo los cálculos de flujo del negocio se obtiene un VAN > 0 (Tabla 5), y el TIR es mayor a la tasa de descuento inicial (8.5%) por lo tanto los intereses equivalentes sobre el capital generado por el proyecto son superiores al interés mínimo bancario por lo cual se recomienda financieramente continuar con este proyecto para su implementación.

**Tabla 5.- Cálculo del VAN -TIR.**

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Inversión Pilotaje	-340.000						
Ingreso		6.331.898	6.331.898	6.331.898	6.331.898	6.331.898	6.331.898
Costo V Op.		-2.954.886	-2.954.886	-2.954.886	-2.954.886	-2.954.886	-2.954.886
Costo Mensual MASSO		-336.000	-336.000	-336.000	-336.000	-336.000	-336.000
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-340.000</b>	<b>\$ 3.041.012</b>	<b>\$ 3.041.012</b>	<b>\$ 3.041.012</b>	<b>\$3.041.012</b>	<b>\$3.041.012</b>	<b>\$3.041.012</b>

<b>Tasa Descuento</b>	<b>8,5%</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ 13.507.513</b>
<b>TIR</b>	<b>894%</b>

La inversión para ejecutar el proyecto es relativamente baja para el beneficio que se obtiene, el Payback del proyecto es de 2,7 meses, con un rápido retornos sobre la inversión.

Se define hacer un análisis de sensibilidad con variables económicas críticas del proyecto, para entender cómo podían influir en el impacto del VAN, al tener fluctuaciones negativas con respecto al ejercicio utilizado para el pilotaje del proyecto, las variables que se deciden utilizar para este ejercicio son:

- 1) Precio de venta del Cu.
- 2) Precio mensual del Proyecto.
- 3) Beneficio del proyecto en el nivel de procesamiento de mineral.

Como la definición para el ejercicio de sensibilidad es proyectarse en un escenario negativo con respecto a los resultados obtenidos, se define castigar las variables en un 85% y 60% respectivamente con respecto al ejercicio presentado que se define con el 100%.

Las variables para este ejercicio son evaluadas en forma independiente, por lo tanto, se verán los efectos en forma aisladas, los resultados de los ejercicios son los siguientes.

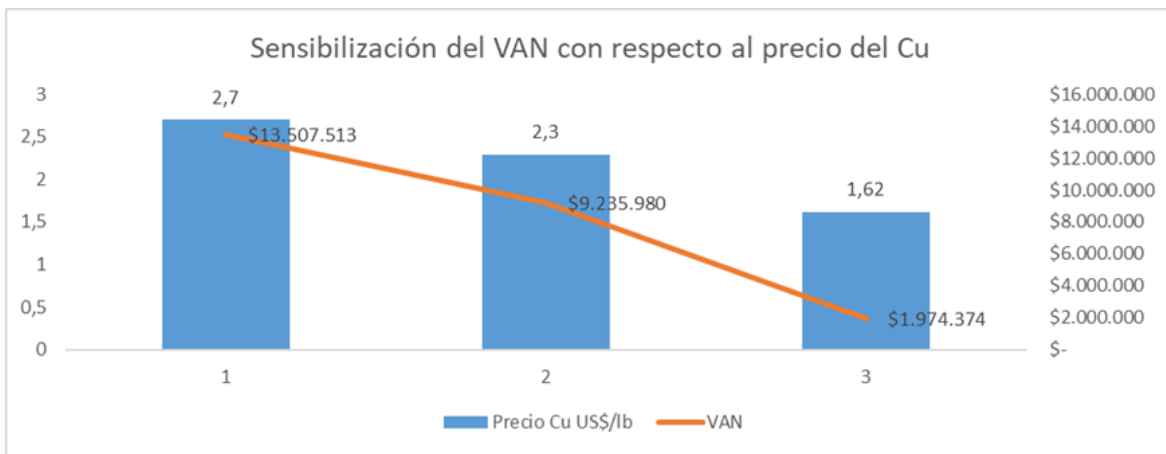
- 1) Precio de Venta del Cuf.

Desde tabla 6 se aprecia el efecto de los indicadores económicos con respecto a la variación del precio de venta del Cuf, como se puede observar en figura 33 el VAN se afecta en forma acelerada con respecto a esta variable, sin embargo, sigue siendo un valor positivo, haciendo atractivo el proyecto, con un PAYBACK en el peor escenario de 16 meses.

**Tabla 6.-** Sensibilidad VAN; TIR; PAYBACK por precio del Cuf.

% Castigo al Precio Venta Cuf	100%	85%	60%
Precio Cuf US\$/lb	2,7	2,3	1,62
VAN	\$13.507.513	\$9.235.980	\$1.974.374
TIR	894%	619%	149%
PAYBACK	2,7	3,9	16

**Figura 33.-** Presenta la sensibilidad del VAN con respecto al precio de venta del Cuf.



2) Precio Mensual del Proyecto.

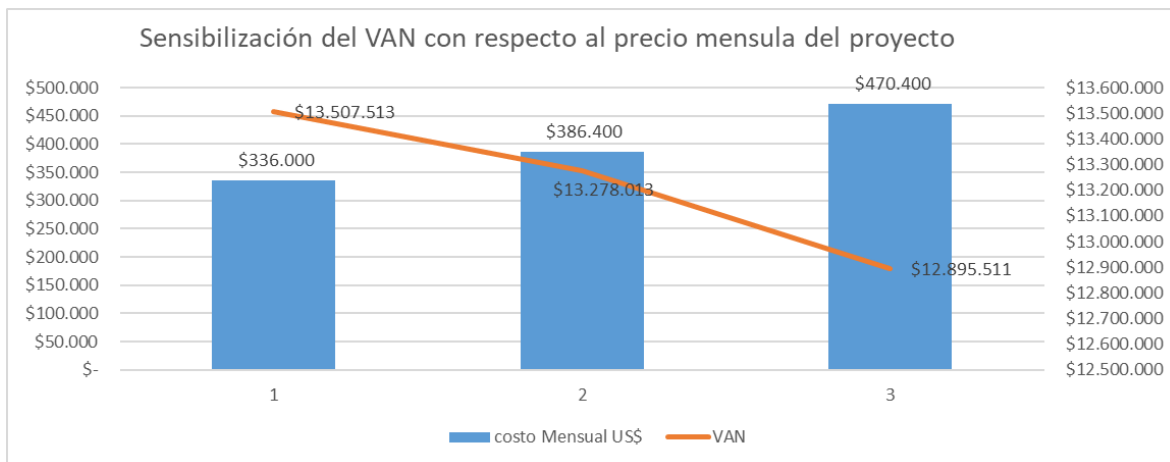
Para este ejercicio se proyecta un aumento en el costo mensual, del 15% y 40% respectivamente, como se puede observar en la tabla 7 y figura 34, esta variable en los porcentajes proyectados no afecta significativamente a las variables económicas consideradas para este ejercicio.

**Tabla 7.-** Sensibilidad VAN; TIR; PAYBACK con respecto al precio mensual del proyecto.

% aumento del precio mensual del proyecto	0%	15%	40%
costo Mensual US\$	\$ 336.000	\$ 386.400	\$ 470.400
VAN	\$13.507.513	\$13.278.013	\$ 12.895.511
TIR	894%	880%	855%
PAYBACK (meses)	2,7	2,9	3,3



**Figura 34.-** Sensibilización del VAN con respecto al precio mensual del proyecto.



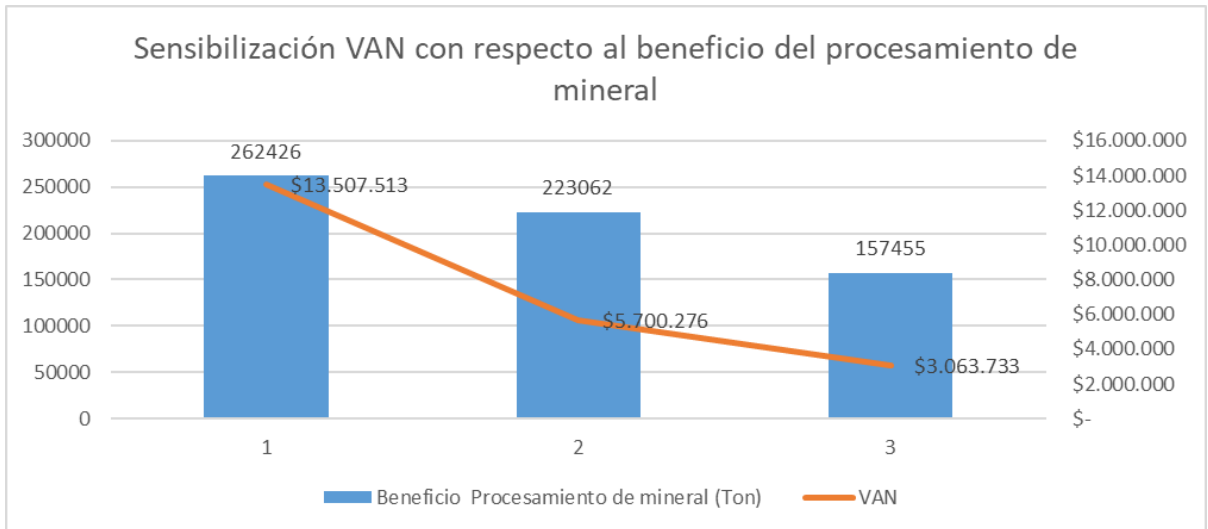
### 3) Beneficio del proyecto en el nivel de procesamiento de mineral.

El nivel de procesamiento genera un efecto importante en los indicadores económicos, además esta variable es el Output del resultado del proyecto, por lo cual es parte de la promesa de valor, sin embargo con una variación importante a la baja de lo obtenido en los resultados del pilotaje, el resultado sigue siendo económicamente rentable, ver tabla 8 y figura 35.

**Tabla 8.-** Sensibilidad VAN; TIR; PAYBACK con respecto al precio mensual del proyecto.

% Castigo Procesamiento mineral	100%	85%	60%
Beneficio Procesamiento de mineral (Ton)	262426	223062	157455
VAN	\$13.507.513	\$5.700.276	\$3.063.733
TIR	894%	730%	432%
PAYBACK	2,7	3,2	4,8

**Figura 35.-** Sensibilización del VAN con respecto al beneficio del procesamiento de mineral.



Podemos concluir en análisis económico, que el proyecto es atractivo económicamente y el análisis de sensibilidad muestra que al tener una de las variables castigadas (según proyección estimada) con respecto a los inputs y/o outputs del proyecto, este continúa siendo rentable.

## 7. Consideraciones Iniciativa

Con los resultados de seguridad y productividad que se obtienen del pilotaje del proyecto, con más de 100 actividades medidas, donde se demuestra que con el sistema de digitalización que se desarrolla, se logra el cumplimiento eficaz y eficiente de todos los protocolos de seguridad solicitados por AMSA, además permite realizar gestión de la información, mejorar trazabilidad y alertas de eventos no deseado, en temas de seguridad.

Por el lado de producción el pilotaje muestra un beneficio de 1.3% adicional de producción de Cuf al año, manteniendo la dotación, en la planta de Hidrometalurgia (donde se desarrolla el pilotaje). En la evaluación financiera del proyecto se genera un VAN bastante mayor a 0, y un Payback de menos de 5 meses, en todos los aspectos evaluados se cumple con los objetivos planteados inicialmente, por lo cual se recomienda la implementación de este proyecto de digitalización (innovador en la industria minera) que se implemente para todo Centinela y el grupo AMSA.

Se debe tener en consideración para la implementación del proyecto, tener habilitada las redes de wifi en las áreas, tener el apoyo del área de TICA para el desarrollo técnico del proyecto y además generar una robusta gestión de cambio, por las particularidades que se pueda tener tanto en lo técnico como en lo adaptativo. El proceso adaptativo y de gestión de cambio es un tema relevante, puesto que culturalmente la digitalización y los procesos de innovación no están bien asimilado en la minería, por lo cual se debe dar el foco adecuado, destinando tiempo, capacitaciones, recursos, para lograr un buen proceso de cambio. Tener en consideración también los procesos normativos, en este caso se solicita permisos a Sernageomin, para que las firmas digitales sean validadas y autorizadas por las autoridades.

## 8. Conclusión

El desarrollo del proyecto muestra lo importante de dar una mirada distinta a las problemáticas existentes en la minería, obtener oportunidades, donde están las dificultades. En este caso se busca innovar a través de la digitalización y generar un proceso más eficiente y productivo para cumplir con los protocolos de seguridad existentes, robusteciendo los procesos actuales, aumentando los controles en seguridad, la capacidad de gestión y alertas tempranas, todo en un marco de productividad, logrando avanzar en una minería más segura y productiva.

Se puede concluir que sin incorporar la digitalización (uso de papel en el llenado de los protocolos de seguridad) en los procesos de seguridad tendríamos mermas importantes en productividad. Como se observaron en los resultados de esta tesis, antes se obtenían tiempos muertos de 85 min, al incorporar innovación al proceso y digitalizarlo, se logra una reducción de tiempo de 81% pasando a tiempos muertos de 16 min por actividad, obteniendo un margen importante de captura de valor para capitalizar en mayor producción y utilidades para el negocio. Al generar un proceso digital donde todas las actividades se encuentran mapeadas, con los riesgos identificados y enlazados con los protocolos que corresponden, se logra una planificación más robusta de los trabajos, permitiendo hacer trabajos más seguros y productivos.

El potencial de producción adicional (1.3% anual) producto de la reducción de tiempo al ejecutar los protocolos de seguridad (que se obtiene de los primeros 6 meses del pilotaje), versus el costo de la implementación del proyecto de digitalización, hacen que financieramente el proyecto sea muy atractivo, con un VAN positivo y un Payback de 2.7 meses del proyecto, además con el análisis de sensibilidad, se muestra que a pesar de castigar fuertemente (hasta 40%) algunas variables en forma individual, el proyecto continua siendo atractivo económicamente.

Al desarrollar un sistema de digitalización, para los procesos de seguridad en las actividades que viven en terreno, genera un gran potencial de gestión para el

mejoramiento en seguridad, incorporando KPIs, alertas, informes, haciendo visible un proceso que antes no era visible para la gestión de las actividades.

Desde la implementación del pilotaje del proyecto, se han evitado la impresión de 103.205 papeles en la Planta Cátodos, lo que equivale a 13 árboles. Generando un aporte en tema ambiental en línea con los desafíos que estamos teniendo hoy en día con respecto al calentamiento global.

Al ser este proyecto un proceso de cambio, desde una forma tradicional de hacer las cosas a una innovación digital, la planificación y ejecución de la Gestión de cambio es fundamental para el éxito en la implementación del pilotaje, es clave que las personas sientan que es una herramienta amigable, que generará valor al negocio y a ellos, facilitando y mejorando su trabajo y empleabilidad. Las mayores dificultades en el desarrollo del proyecto se encuentran en los paradigmas y temores asociados a los cambios digitales, trabajando estos miedos y mostrando el beneficio que existe para todos, se puede obtener el máximo potencial de la digitalización en la industria minera. Esto fue facilitado al usar un sistema LEAN, DEMIN, donde la filosofía fue el mejoramiento continuo día a día, permitiéndonos aprender y capturar las necesidades de las bases (terreno), un sistema con esta metodología facilita el desarrollo del proyecto colocando a todos los integrantes al servicio de las necesidades reales de terreno, haciendo procesos simples y útiles para los usuarios finales.

La tesis fue un aporte para el desarrollo del proyecto dando un orden a la estructura, desde la planificación estrategia, táctica, control, seguimiento y evaluaciones del proyecto.

Una de las dificultades para desarrollar este proyecto, es que aún la industria minera existen paradigmas asociados al desarrollo digital, existe un grado de estado de confort con la forma tradicional de hacer las cosas, y cuesta a arriesgarse hacer cambios, desde el punto de vista personal, debemos aumentar el apetito de riesgo a la innovación, estamos atrasados a como han avanzado otras industrias y existen muchas oportunidades que se pueden capturar, creo que este desarrollo de tesis

aporta con un grano de arena, que se puede mirar el negocio desde otro punto de vista y desafiar el “status quo” actual.

## 9. Bibliografía

1. *Consejo Minero, año 2020, Cifras actualizadas de la minería.*
2. *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, sexta edición, publicado por Project Management*
3. *Administración Exitosa de un Proyecto, quinta edición; Jack Gido & James P. Clements*
4. *El Futuro de las Profesiones, “Cómo el trabajo transformará el trabajo de los futuros Humanos”, Richard Susskind, Daniel Susskind (tell Editorial, Sl. 2016.*
5. *La gran oportunidad, Edición Kindle, Mosiri Cabezas.*
6. *Modelo Lean Starup, Eric Ries, 2011*
7. *BREALEY, MYERS Y ALLEN (2006), Principios de Finanzas Corporativas, 8ª Edición, Editorial Mc Graw Hill.)*
8. *MARÍN, E., (2013). ABD consultoría y soluciones informáticas. [En línea] Disponible en: <https://www.abd.es/2013/04/01/cinco-razones-para-digitalizar/> [Último acceso: 05 Octubre 2020].*
9. *Valente, E., 2018. ¿Es la transformación digital la respuesta a los desafíos de las empresas mineras? Revista EY Building a better working world. Recuperado de [www.eychile.cl](http://www.eychile.cl) [Último acceso: 05 Octubre 2020].*
10. *Deming, W. Edwards (1986). Out of the Crisis. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study*
11. *Kootz, H, y Weihrich, H. (1998). Administración: una perspectiva global. 11ª Edición. México: McGraw-Hill.*

12. Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad: Manual práctico*. 1ª Edición. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
13. Tomioka, M., Quijano, A. y Canavesi, M. (2014). *Gestión de sistemas Educativos con Calidad*. Lima, Perú: Ed, Díaz de Santos.
14. Valente, E., (2018). *¿Es la transformación digital la respuesta a los desafíos de las empresas mineras?* *Revista EY Building a better working world*. Recuperado de [www.eychile.cl](http://www.eychile.cl) [Último acceso: 05 Octubre 2020].
15. Walton, M. (2004). *Gerencia: El método Deming en la práctica*. Lima, Perú: Editorial Norma.
16. Walter A Shewhart y W Edwards Deming (1939). *Statistical method from the viewpoint of quality control*. Washington: The Graduate School, The Dept. of Agriculture
17. Camisón, C.; Boronat, M.; Villar, A.; Puig, A. (2009). *Sistemas de gestión de la calidad y desempeño: importancia de las prácticas de gestión del conocimiento y de I+D*. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 18, núm. 1.