



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

**Incremento de la productividad en el tonelaje movido
mediante la aplicación de la mejora de métodos en una
empresa minera**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Joan Fermín VEGA ROSALES

ASESOR

Jorge José ESPONDA VÉLIZ

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Vega, J. (2019). *Incremento de la productividad en el tonelaje movido mediante la aplicación de la mejora de métodos en una empresa minera*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Metadatos

Código ORCID del autor:	No aplica
Código ORCID del asesor:	https://orcid.org/0000-0002-7841-0291
Grupo de investigación:	No aplica
Institución financiada parcial o total:	No aplica
Ubicación geográfica de la investigación:	Av. Militar 1975 Dpto. 306, Lince
Año o rango de años de la investigación	2018 - 2019
DNI	72843595



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ACTA N°033-VDAP-FII-2019

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **lunes 28 de octubre de 2019**, a las 10:30 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

**“INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL TONELAJE MOVIDO
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA MEJORA DE METODOS EN UNA
EMPRESA MINERA”**

Que presenta el Bachiller:

VEGA ROSALES, JOAN FERMÍN

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria**.

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 11:15 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido Aprobado con la calificación promedio de Diecisiete, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 28 de octubre del 2019


MG. SALAS BACALLA, JULIO ALEJANDRO
Presidente


MIG. MAYLA HINOJOZA, DANIEL HUMBERTO
Miembro


ING. MENDOZA ALTEZ, EDGARDO AURELIO
Miembro


MIG. ESPOYDA VELIZ, JORGE JOSE
Asesor

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	2
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
DEDICATORIA	6
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I.	10
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	10
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	11
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	11
1.3. JUSTIFICACIÓN	11
1.4. OBJETIVOS	13
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES	13
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	13
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	13
1.5.3. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	14
1.5.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	14
1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	15
1.6.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	15
1.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA	16
CAPÍTULO II.	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.2. TÉRMINOS A TOMAR EN CUENTA	19
2.3. MARCO TEÓRICO.....	20
2.3.1. PRODUCTIVIDAD.....	20
2.3.1.1. DEFINICIÓN.....	20
2.3.1.2. IMPORTANCIA Y FUNCIÓN	20

2.3.1.3.	FACTORES DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD	21
2.3.2.	MEJORA DE PROCESOS	22
2.3.2.1.	DEFINICIÓN.....	22
2.3.2.2.	METODOLOGÍAS PARA LA MEJORA DE LOS PROCESOS	23
2.3.2.3.	HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA LA MEJORA DE PROCESOS	26
2.4.	ASPECTOS GENERALES	31
2.4.1.	MINERÍA	31
2.4.1.1.	LA ACTIVIDAD MINERA	31
2.4.1.2.	RECURSO MINERAL	31
2.4.2.	MINERÍA DE COBRE.....	33
2.4.2.1.	EN EL MUNDO	33
2.4.2.2.	EN EL PERÚ	33
2.4.3.	EQUIPOS DE MINERÍA SUPERFICIAL	36
2.4.3.1.	EQUIPOS PRINCIPALES	36
2.4.3.2.	EQUIPOS AUXILIARES.....	36
2.5.	RECURSOS MINERALES DE LA REGIÓN JUNÍN	37
CAPÍTULO III.....		38
3.1.	ANÁLISIS DEL PROCESO.....	38
3.2.	DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACIÓN	39
3.3.	ANÁLISIS DE CARGUÍO Y ACARREO	40
3.3.1.	ESQUEMA DEL PROCESO.....	40
3.3.2.	ANÁLISIS DE CARGUÍO	42
3.3.3.	ANÁLISIS DE ACARREO	49
3.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL BENEFICIO.....	55
3.5.	COSTOS DE LA MEJORA.....	58
3.6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
CAPÍTULO IV.....		62
4.1.	CONCLUSIONES	62
4.2.	RESUMEN DE APORTES	63
4.3.	RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		65
ANEXOS		67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de evaluación de problemas.....	12
Tabla 2	Identificación de variables	14
Tabla 3	Operacionalización de variables	14
Tabla 4	Matriz de consistencia.....	16
Tabla 5	Variedad de Minerales	32
Tabla 6	2008-2017 Producción Mundial de cobre por país (Millones de TMF)	33
Tabla 7	Criterios de tiempos tomados en el inicio de guardia	42
Tabla 8	Tiempos tomados en el inicio de guardia – Escenario actual	44
Tabla 9	Tiempos tomados en el inicio de guardia – Escenario proyectado	44
Tabla 10	Criterios de tiempos tomados en el fin de guardia.....	45
Tabla 11	Tiempos tomados en el fin de guardia – Escenario actual	46
Tabla 12	Tiempos tomados en el fin de guardia – Escenario proyectado.....	46
Tabla 13	Criterios para la tabla resumen del análisis de carguío	46
Tabla 14	Tiempo de demora en el cambio de guardia – Escenario actual	47
Tabla 15	Tiempo de demora en el cambio de guardia – Escenario proyectado.....	47
Tabla 16	Beneficio obtenido en tiempo por guardia.....	47
Tabla 17	Criterios para el cálculo del beneficio en tonelaje	48
Tabla 18	Beneficio en tonelaje.....	48
Tabla 19	Criterios de tiempos tomados en el inicio de guardia	49
Tabla 20	Tiempos tomados en el inicio de guardia – Escenario actual	50
Tabla 21	Tiempos tomados en el inicio de guardia – Escenario proyectado	51
Tabla 22	Criterios de tiempos tomados en el fin de guardia.....	51
Tabla 23	Tiempos tomados en el fin de guardia – Escenario actual	52
Tabla 24	Tiempos tomados en el fin de guardia – Escenario proyectado.....	52
Tabla 25	Criterios para la tabla resumen del análisis de carguío	52
Tabla 26	Tiempo de demora en el cambio de guardia – Escenario actual	53
Tabla 27	Tiempo de demora en el cambio de guardia – Escenario proyectado.....	53
Tabla 28	Beneficio obtenido en tiempo por guardia.....	53
Tabla 29	Criterios para el cálculo del beneficio en tonelaje	54
Tabla 30	Beneficio en tonelaje.....	54
Tabla 31	Criterios para el cálculo de la producción de concentrado de cobre	55
Tabla 32	Evaluación de la producción de concentrado – Escenario actual.....	56
Tabla 33	Evaluación de la producción de concentrado – Escenario proyectado	56
Tabla 34	para el cálculo del beneficio económico	57
Tabla 35	Evaluación económica del beneficio.....	57
Tabla 36	Desglose de costos	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de la trampa de la productividad baja.....	21
Figura 2. Modelo integrado de factores de la productividad de una empresa.....	22
Figura 3. Modelo integrado de factores de la productividad de una empresa.....	24
Figura 4. Modelo integrado de factores de la productividad de una empresa.....	26
Figura 5. Nuevo diagrama de flujo del proceso de la forma de solicitud de ajuste menor para el Departamento de ventas y mercadotecnia.....	26
Figura 6. Estructura de una gráfica de control	27
Figura 7. Hoja de verificación para la recopilación de datos	28
Figura 8. Diagrama de Pareto	29
Figura 9. Estructura general de un diagrama de causa-efecto.....	30
Figura 10. Tres tipos de correlación.....	30
Figura 11. 2008-2017 Producción Nacional de Cobre (Millones de TMF)	34
Figura 12. Estructura de la producción de cobre por empresas, enero-diciembre 2018	34
Figura 13. Producción Nacional de Cobre por Empresa (Distribución Porcentual)	35
Figura 14. Destino de las exportaciones de cobre enero - diciembre 2018.....	35
Figura 15. Árbol de causa – efecto para las demoras en el cambio de guardia.....	39
Figura 16. Diagrama general – Ciclo de Minado.....	40
Figura 17. Diagrama carguío y acarreo.....	42

DEDICATORIA

Dedico este trabajo:

A Dios, puesto que sus bendiciones se dejan ver en cada etapa del camino.

A mi familia, que con sus enseñanzas, esfuerzo e incondicional apoyo fueron mi inspiración para no darme por vencido ante las adversidades de la vida y siempre seguir adelante.

RESUMEN

Durante el desarrollo de esta investigación se buscó aplicar la mejora de métodos en una empresa minera para poder incrementar la productividad.

El estudio propone la construcción de un nuevo módulo de cambio de guardia que se encuentre localizado dentro del tajo para que los operadores se encuentren más cerca a sus equipos y reemplazar los vehículos Kamaz por camionetas para poder reducir el tiempo de traslado de los operadores a sus respectivos equipos.

Dentro del ciclo de minado se analizaron los procesos de carguío y acarreo, se pudo identificar que el acarreo es el cuello de botella entre ambos procesos. Luego del análisis se pudo concluir que la aplicación de las mejoras propuestas tiene un impacto significativo en la productividad de palas y camiones, producción de tonelaje movido e ingresos.

Palabras clave: Carguío, acarreo, concentrado, recuperación y guardia

ABSTRACT

During the development of this research we applied the methods improvement in a mining company to increase productivity.

The study proposes the construction of a new change of guard module that is located in the pit for operators would be closer to their equipment and replace the Kamaz buses by trucks to reduce the transfer time of operators to their equipment.

Within the mining cycle, the loading and hauling processes were analyzed; it was possible to identify that hauling is the bottleneck between both processes. After the analysis it was concluded that the application of the proposed improvements has a significant impact on the shovels and trucks productivity, production of moved tonnage and revenues.

Key words: Loading, hauling, concentrate, recovery and guard

INTRODUCCIÓN

La compañía minera está ubicada en la región Junín que produce y comercializa concentrado de cobre. La presente investigación se refiere al incremento de la productividad en las operaciones de esta mina.

Este trabajo se realizó debido al interés de la empresa por mejorar aquellos factores que influyen directamente sobre la productividad del tonelaje movido. Esto permitió identificar los diferentes problemas que existían en la operación como falla de equipos, problemas de neumáticos, fallas en el sistema de medición, cansancio de operadores por falta de equipos, falta de compromiso, demoras en el cambio de guardia, procedimientos no documentados entre otros. Entre todos los problemas se decidió priorizar las demoras en el cambio de guardia debido a que su mejora tendría un mayor impacto en las operaciones

Para su desarrollo se llevó a cabo un estudio de tiempo de los procesos de carguío y acarreo, contrastando el escenario actual de la operación y el escenario proyectado con la implementación de la mejora. Se diseñó un nuevo módulo de cambio de guardia cuya ubicación permita que los operadores puedan trasladarse en menor tiempo a los equipos. Además, se realizó el cálculo de un los costos y beneficios adicionales

Fue de suma importancia el apoyo del área dueña de los procesos de carguío y acarreo, puesto que esta tiene un mejor entendimiento de estos procesos y del dispatch debido a que esta área maneja la base de datos con los tiempos que toman los equipos en realizar sus actividades.

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los commodities producidos por la industria minera tienen precios considerables en el mercado, es por ello que incrementar la productividad de forma eficiente y sostenible puede incrementar los ingresos de la minera productora de manera significativa.

Actualmente en la Minera Modela existen diferentes factores que de ser mejorados pueden incrementar la productividad de la empresa puesto que tienen una incidencia directa sobre la producción.

Una vez que estos factores sean identificados por la empresa y se ejecuten planes de acción sobre estos, la empresa podrá mejorar su producción y como consecuencia su productividad.

Como resultado de las demoras ocasionadas por los factores mencionados existe tonelaje adicional que se podría producir y cuyos ingresos no se están percibiendo. Es importante

considerar este factor debido a que los precios del cobre y plata son 6,523.33 USD/Tn y 15.71 USD/oz respectivamente; montos que son muy considerables.

Por todos los puntos sustentados en los párrafos anteriores es de suma importancia que la empresa tome especial interés por disminuir las demoras e incrementar la productividad, ya que se verá beneficiada en gran medida por los ingresos adicionales que percibirá una vez aplicadas las mejoras.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

PG: ¿Cómo influye la mejora de métodos de trabajo en la productividad en el tonelaje movido del área de operaciones en una empresa minera?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

PE1: ¿Cuáles son las principales fuentes de tiempo improductivo?

PE2: ¿De qué manera se pueden mejorar los métodos de trabajo para incrementar la producción de tonelaje movido?

PE3: ¿Cuál es el impacto en las fuentes de tiempo improductivo en la producción tonelaje movido?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Es necesario realizar un trabajo de mejora continua en todos los procesos de una empresa para mejorar sus indicadores, como son la productividad, la eficiencia, la eficacia entre otros.

Sin embargo, para identificar los problemas es necesario el uso de herramientas como son la Espina de Ishikawa, los 5 por qué, el árbol de causa efecto entre otras.

Para identificar los problemas con los que se contaba en el proceso de Producción de Tonelaje Movido en la empresa minera se elaboró un diagrama de Ishikawa basado en las 6 M's. Ver Anexo 1.

De los problemas identificados en el diagrama mencionado se optó por realizar una matriz de priorización con los problemas identificados excepto con los de clima adverso o clima variable que no se tomaron en cuenta debido a que son condiciones que se presentan por la propia naturaleza de la operación, mientras que la variabilidad de las leyes de cobre y los niveles de fragmentación no óptimo son temas que tienen mayor afinidad con la Ingeniería de Minas.

Tabla 1

Matriz de evaluación de problemas

Problemas	Costo	Dificultad	Impacto	Calificación
Falla de Equipos	1	2	4	16
Problemas con neumáticos	1	1	4	15
Fallas en el sistema de medición	3	2	3	17
Cansancio por operación de equipos	3	3	2	15
Falta de compromiso	3	3	2	15
Demoras en cambio de guardia	1	3	4	17
Procedimientos no documentados	3	2	2	14

Nota. Fuente: Elaboración propia. Ver Anexo 2

De la Tabla 1 se puede concluir que bajo los criterios de evaluación utilizados, hay dos problemas que cuentan con la calificación más alta. Sin embargo, se optará por tomar como oportunidad de mejora a las demoras en el cambio de guardia puesto que se encuentra más alineado con uno de los objetivos estratégicos de la empresa de incrementar la producción.

Por tanto, el estudio de este problema beneficiará directamente a la empresa minera debido a que actualmente cuenta con una producción promedio de 131,400,000 Tn/año. Esta cantidad puede ser incrementada realizando una mejora de métodos para disminuir tiempos improductivos. Los tiempos improductivos afectan directamente a la cantidad de tonelaje movido diariamente y a la utilización de los equipos por lo cual es necesario disminuirlos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

OG: Diseñar una mejora de métodos de trabajo para incrementar la productividad del tonelaje movido en una empresa minera.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Describir las principales fuentes de tiempos improductivos.

OE2: Diseñar alternativas para mejorar los métodos de trabajo en la producción de tonelaje movido.

OE3: Cuantificar el impacto de las fuentes de tiempo improductivo en la producción de tonelaje movido.

1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

HG: La aplicación de la mejora de métodos de trabajo incrementará la productividad en el tonelaje movido en una empresa minera.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: La principal fuente de tiempo improductivo son las demoras en el cambio de guardia.

HE2: La construcción de un nuevo módulo de cambio de guardia y el traslado de operadores en camionetas incrementará la producción de tonelaje movido.

HE3: El impacto de las fuentes de tiempo improductivo es superior a 15 horas de producción.

1.5.3. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

Identificación de variables

HIPÓTESIS	VARIABLE	TIPO	CONCEPTUALIZACIÓN
HG	Mejora de métodos de trabajo	Independiente	Formas existentes con las que se ejecutan las tareas.
HG	Incremento de la productividad	Dependiente	Es el indicador que mide la productividad que comprende al tonelaje movido respecto del tiempo - equipo.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

1.5.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 3

Operacionalización de variables

HIPÓTESIS	VARIABLE	TIPO	OPERACIONALIZACIÓN
HG	Mejora de métodos de trabajo	Independiente	-
HG	Incremento de la productividad	Dependiente	Relación entre en tonelaje movido, el tiempo y el número de equipos.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación se define como proyectiva debido a que según Hurtado (2007) la investigación proyectiva requiere de la exploración, descripción, explicación y propuesta de alternativas de cambio, las cuales posiblemente no sean implementadas. Estas actividades son las que se realizarán en la investigación.

1.6.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población que se tomará en cuenta para el análisis serán los tiempos improductivos en el carguío y acarreo generados en las palas CAT 7495 y los camiones CAT 797 respectivamente.

La muestra que fue seleccionada son todos los tiempos improductivos generados en cuatro meses por las Palas CAT 7495 y los camiones CAT 797.

1.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 4

Matriz de consistencia: "Incremento de la productividad en el tonelaje movido mediante la aplicación de la mejora de métodos en una empresa minera"

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES E INDICADORES	MÉTODO
PG: ¿Cómo influye la mejora de métodos de trabajo en la productividad en el tonelaje movido del área de operaciones en una empresa minera?	OG: Diseñar una mejora de métodos de trabajo para incrementar la productividad del tonelaje movido en una empresa minera.	HG: La aplicación de la mejora de métodos de trabajo incrementará la productividad en el tonelaje movido en una empresa minera.	VARIABLE INDEPENDIENTE X. Mejora de métodos de trabajo	Tipo de la investigación: Esta investigación es del tipo proyectiva.
PE1: ¿Cuáles son las principales fuentes de tiempo improductivo?	OE1: Describir las principales fuentes de tiempos improductivos.	HE1: La principal fuente de tiempo improductivo son las demoras en el cambio de guardia.	VARIABLE DEPENDIENTE Y. Incremento de la productividad <i>Indicadores:</i> Y.1 Producción por hora-máquina	Enfoque de la investigación: El enfoque de esta investigación es mixto (cualitativo-cuantitativo)
PE2: ¿De qué manera se pueden mejorar los métodos de trabajo para incrementar la producción de tonelaje movido?	OE2: Diseñar alternativas para mejorar los métodos de trabajo en la producción de tonelaje movido.	HE2: La construcción de un nuevo módulo de cambio de guardia y el traslado de operadores en camionetas incrementará la producción de tonelaje movido.	Población La población son tiempos improductivos en el carguio y acarreo generados en las palas CAT 7495 y los camiones CAT 797 respectivamente.	Muestra La muestra seleccionada son todos los tiempos improductivos generados en cuatro meses por las palas CAT 7495 y los camiones CAT 797
PE3: ¿Cuál es el impacto en las fuentes de tiempo improductivo en la producción de tonelaje movido?	OE3: Cuantificar el impacto de las fuentes de tiempo improductivo en la producción de tonelaje movido.	HE3: El impacto de las fuentes de tiempo improductivo es superior a 15 horas de producción.		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La mejora de la productividad es un tema que ha sido ampliamente estudiado en diferentes trabajos de investigación desde las diferentes ópticas en las que puede ser tratado, y es muy probable que sea un tema que siga siendo estudiado.

En su mayoría los trabajos de investigación acerca de la mejora de la productividad buscan identificar los distintos factores que afectan el proceso productivo para posteriormente optimizar los procesos donde se identifiquen oportunidades de mejora con el objetivo de incrementar la producción.

Por ejemplo, el trabajo desarrollado por Pabel Huarocc (2014) a través de su tesis “Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.” plantea el uso de indicadores claves para optimizar los procesos de carguío y acarreo y también el uso de estos para

controlar la producción y los costos debido a que todos estos controles conllevarían al incremento de la producción. De igual manera en la tesis “Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en CIA. Minera Condestable S.A.” desarrollada por Zoila Baldeón (2011) la autora plantea la optimización del proceso de acarreo mediante el incremento de la utilización de los equipos y un mayor estudio de los parámetros usados en el proceso mencionado.

Por otro lado José Arzozano (2014) en su tesis “Implementación del método de explotación V.C.R. para mejorar la producción en Mina Julia, U.E.A. Orcopampa, CÍA. de Minas Buenaventura S.A.A.” plantea incrementar la producción mediante la aplicación del método de explotación V.C.R (Explotación por gradas de retroceso vertical) para ello hace un especial énfasis en los factores geológicos y geomecánicos pues la viabilidad de la aplicación de este método de explotación está ligado a estos componentes.

En la tesis “Diseño de la galería paralela 270-1 e integración de rampas 400 y 1000 para incrementar la producción en la zona Hércules CIA. Minera Huancapeti” de Marco Parichahua (2014) plantea el incremento de la producción mediante la integración de dos rampas mediante la construcción de una galería, esta integración permitiría la extracción de los recursos minerales existentes en los niveles inferiores de la mina.

Deivy Reymer (2013) en sus tesis “Gestión del sistema de despacho para la optimización del ciclo de acarreo en la Unidad Minera Lagunas Norte CIA. Minera Barrick Misquichilca” sugiere incrementar el tonelaje movido mediante una mejor distribución de camiones por medio de la aplicación de un sistema dinámico para optimizar las operaciones de acarreo.

Todas las tesis mencionadas tuvieron como resultado un incremento en su productividad y en cada una se puede observar que para lograr este incremento cada investigación planteó una solución distinta.

2.2. TÉRMINOS A TOMAR EN CUENTA

- Carguío: “Constituye una de las etapas que forma parte del proceso de explotación a rajo abierto. Se refiere específicamente a la carga de material mineralizado del yacimiento. Ésta se realiza en las bermas de carguío, las que están especialmente diseñadas para la actividad”. (Ministerio de Minería – Chile, 2016)
- Acarreo: “Llevar el mineral o desmonte a un lugar próximo”.
- Ratio de desbroce: Es la relación que existe entre el tonelaje de desmonte y el tonelaje de mineral extraído. Es decir, cuantas toneladas de desmonte se mueven por cada tonelada de mineral extraído.
- Ley de mineral: “Se refiere a la concentración de oro, plata, cobre, estaño, etc. presente en las rocas y en el material mineralizado de un yacimiento”. (Ministerio de Minería – Chile, 2016)
- Concentrado: “Pulpa espesa obtenida de la etapa de flotación en el proceso productivo, en la que se encuentra una mezcla de sulfuro de cobre, fierro y una serie de sales de otros metales. Su proporción depende de la mineralogía de la mina”. (Ministerio de Minería – Chile, 2016)
- Recuperación: “Relación entre el peso del componente útil en el concentrado de mineral y el del mismo componente en el alimento de la misma operación unitaria. Generalmente se expresa en porcentaje y en ocasiones sirve como indicativo del rendimiento de una operación de preparación de minerales”. (Ministerio de Minas y Energía – Colombia, 2015)
- Guardia: “Tiempo en que se cumplen las labores en el interior de la mina”. (María Rodríguez, 2004)

- Stock: “Mineral fragmentado y amontonado en pilas en la superficie a la espera de tratamiento de beneficio o de embarque”. (Ministerio de Minas y Energía – Colombia, 2015)
- Blending: Es la mezcla que se hace entre un mineral de mayor ley con otro mineral de menor ley para obtener mineral con una ley estándar.

2.3. MARCO TEÓRICO

2.3.1. PRODUCTIVIDAD

2.3.1.1. DEFINICIÓN

Existen muchas definiciones alrededor de la productividad, el autor Joseph Prokopenko (1989) plasma dos definiciones para este concepto: “la productividad se define como el uso eficiente de recursos - trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información - en la producción de diversos bienes y servicios” (p. 3) y “la productividad también puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos” (p. 3).

La productividad suele ser representada bajo la siguiente fórmula:

$$\frac{\textit{Producto}}{\textit{Insumo}} = \textit{Productividad}$$

2.3.1.2. IMPORTANCIA Y FUNCIÓN

Como detalla Prokopenko, la productividad ha alcanzado una importancia para el bienestar de las naciones puesto que el incremento del PBI se ve influenciado por el incremento de la productividad. En consecuencia, se puede decir que el incremento de este factor tiene una notable influencia en los fenómenos sociales y económicos.

Por otro lado, la productividad también determina el grado de competitividad que tienen los productos de un país en el mercado. Por ejemplo, si la

productividad de un país disminuye con respecto a la de otro que fabrica el mismo producto se crea un desequilibrio competitivo debido a que los costos de producción se harán mayores lo cual encarece el bien; como resultado los clientes optarán por consumir los productos más económicos.

Debido a que algunos países no logran competir con la productividad de otros, estos optan por devaluar su moneda lo cual solamente ocasiona la reducción de ingreso real ya que los bienes importados resultan más caros y aumenta la inflación interna. En la Figura 1 se representa un diagrama causal entre las variables y factores que afectan la productividad.

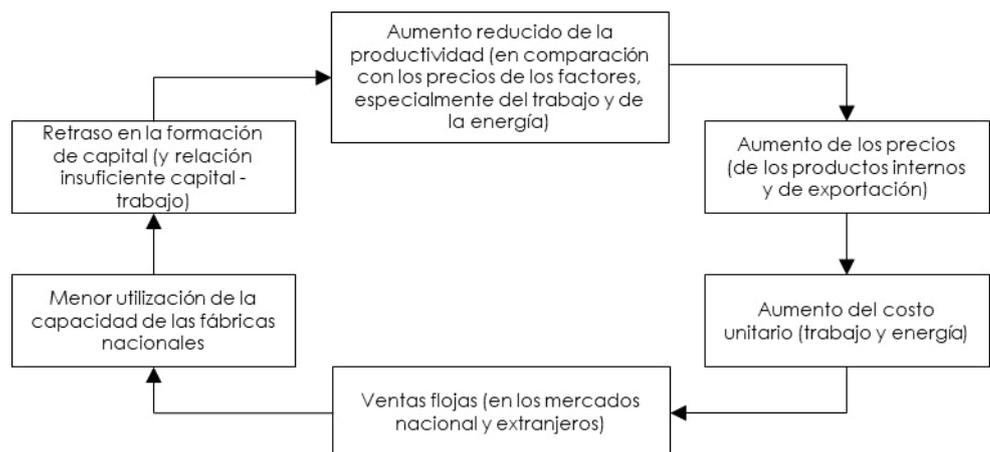


Figura 1. Modelo de la trampa de la productividad baja

Fuente: GINEBRA, J. Prokopenko, La gestión de la productividad (1989) (p. 8)

2.3.1.3. FACTORES DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Los factores podrían clasificarse de dos maneras:

- Externos: Se denominan así a los factores que no pueden ser controlados por la empresa.
- Internos: Se denominan así a los factores sobre los cuales la empresa tiene control.

En la Figura 2 se puede observar el desglose de los factores de mejoramiento de la productividad.

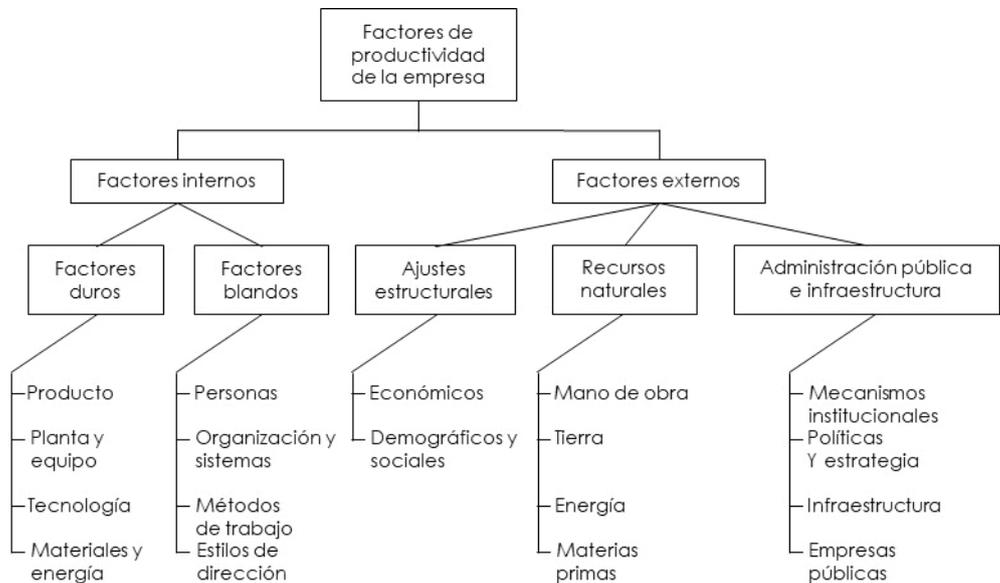


Figura 2. Modelo integrado de factores de la productividad de una empresa

Fuente: GINEBRA, J. Prokopenko, La gestión de la productividad (1989) (p. 10)

2.3.2. MEJORA DE PROCESOS

2.3.2.1. DEFINICIÓN

Según Evan y Lindsay (2008) se puede definir como:

La mejora de los procesos es una estrategia de negocios importante en los mercados competitivos

Porque:

- La lealtad de los clientes se basa en el valor entregado.
- El valor entregado se crea mediante los procesos de negocios.
- El éxito continuo en los mercados competitivos requiere que una empresa mejore en forma consistente el valor entregado.

- Para mejorar en forma consistente la capacidad de crear valor, una empresa debe mejorar de manera continua sus procesos de creación de valor

Además, recalcan que “la mejora debe ser una tarea de administración proactiva y se debe considerar como una oportunidad y no simplemente como una reacción ante los problemas y las amenazas de la competencia”.
(p. 362)

2.3.2.2. METODOLOGÍAS PARA LA MEJORA DE LOS PROCESOS

- El ciclo de Deming (Ciclo PHVA):

Llamado así por los japoneses en honor a W. Edwards Deming, es una metodología creada por Walter Shewhart en 1950. Esta metodología está conformada por cuatro etapas (Ver Figura 3):

- Planear: Consiste en estudiar la situación bajo las condiciones actuales, describir los procesos; probar teorías sobre las causas y plantear soluciones.
- Hacer: En esta etapa se implementan los planes a manera de prueba. Se recopila y registra la data generada.
- Verificar: Se estudian los resultados de la etapa anterior, se da un diagnóstico y se identifican nuevos posibles experimentos.
- Actuar: Se selecciona la mejor solución y se procede a implementarla.

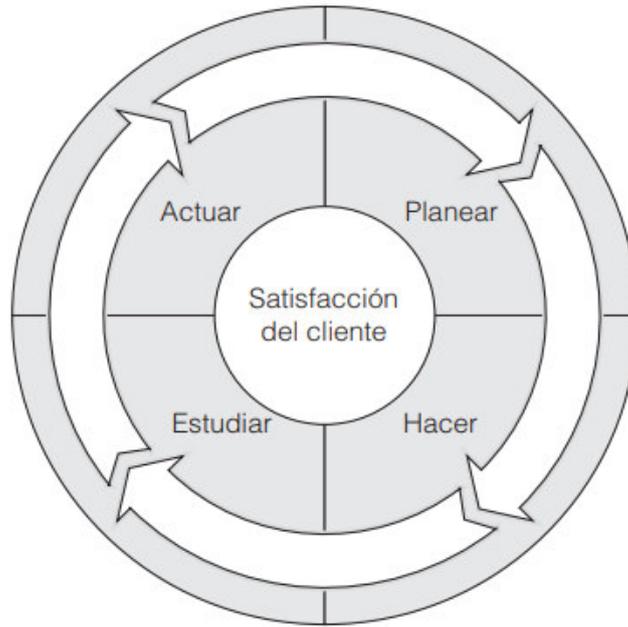


Figura 3. Modelo integrado de factores de la productividad de una empresa

Fuente: MÉXICO, J. Evans y W. Lindsay, *Administración y control de la calidad*, 7a. edición (2008) (p. 657)

- Secuencia de la innovación de Juran

Está compuesta por los siguientes pasos:

- Prueba de la necesidad: La alta dirección debe estar convencida de que las mejoras en la calidad se ven reflejadas como una buena economía.
- Identificación de proyectos: Al adquirir un enfoque de proyectos, la alta dirección convierte un ambiente de defensa en uno de acción constructiva.
- Organización de la innovación: Se identifican los equipos necesarios para la gestión de los proyectos.
- Etapa de diagnóstico: En esta etapa se requiere de personas con

habilidad para la estadística y recopilación de datos.

- Etapa de remedio: En esta etapa se selecciona la alternativa que optimice el costo, se implementa y se maneja la resistencia al cambio.
- Conservar los beneficios: Se establecen los lineamientos para conservar los cambios para garantizar que la innovación perdure.

- Metodología DMAIC

Es usado por el enfoque Six Sigma. La metodología DMAIC está compuesta por cinco pasos:

- Definir: En esta etapa se define el problema en términos operativos para facilitar el análisis de la siguiente etapa. Además, se define el alcance.
- Medir: Esta etapa se basa en cómo medir aquellos procesos que tiene impacto en los CTQ (Critical to Quality). En esta etapa es necesario entender la relación que existe entre el desempeño de los procesos y el valor para el cliente.
- Analizar: Esta etapa se concentra en el por qué se dan los defectos, errores o variación excesiva. Plantear una correcta solución requiere identificar aquellas variables claves con una mayor probabilidad de dar lugar a errores y variación considerable. Se identifican los equipos necesarios para la gestión de los proyectos.
- Mejorar: En esta etapa se generan una gran cantidad de ideas para eliminar, resolver o mejorar los indicadores de desempeño. Por ello se requiere de mucha creatividad debido a que muchas de las

soluciones no son obvias. Una vez identificada la solución se procede a la implementación.

- Controlar: Esta etapa se centra en realizar mediciones y como mantener las modificaciones realizadas con la mejora.

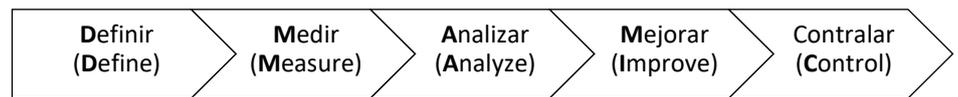


Figura 4. Modelo integrado de factores de la productividad de una empresa

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3. HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA LA MEJORA DE PROCESOS

- Diagramas de flujo o mapa de procesos: Identifica un flujo de actividades, materiales o información dentro de un proceso. Este diagrama facilita el entendimiento de un proceso por parte de los participantes.



Figura 5. Nuevo diagrama de flujo del proceso de la forma de solicitud de ajuste menor para el Departamento de ventas y mercadotecnia

Fuente: MÉXICO, J. Evans y W. Lindsay, Administración y control de la calidad, 7a. edición (2008) (p. 667)

- Gráficas dinámicas y de control: Muestra la variación y el desempeño de un proceso o sus indicadores a través del tiempo. Además, identifica tendencias y anomalías.

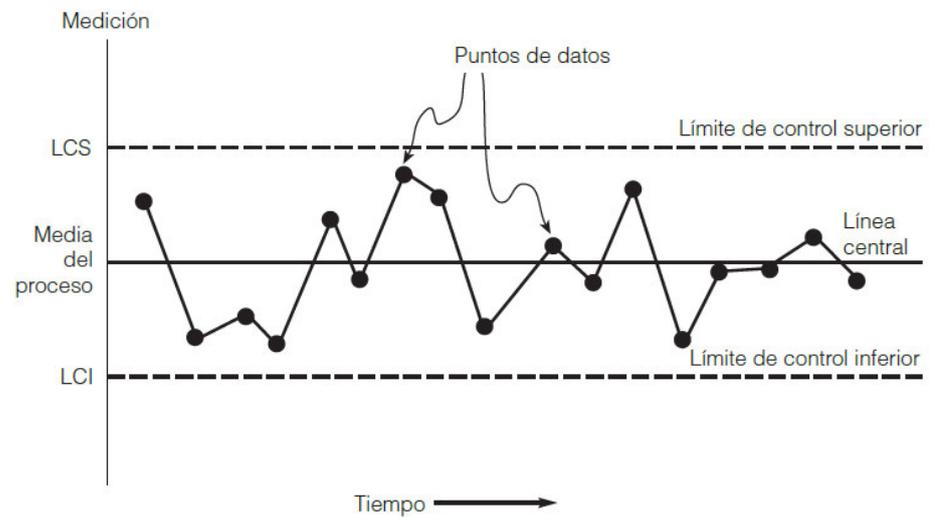


Figura 6. Estructura de una gráfica de control

Fuente: MÉXICO, J. Evans y W. Lindsay, Administración y control de la calidad, 7a. edición (2008) (p. 667)

- Hojas de verificación: Son formatos que sirven para registrar datos, este formato facilita la validación de elementos no conformes.

(Uso continuo de datos) No. _____

Hoja de verificación

Nombre del producto _____	Fecha _____
Uso _____	Nombre de la fábrica _____
Especificación _____	Nombre de sección _____
Número de inspecciones _____	Recopilador de datos _____
Número total _____	Nombre del grupo _____
Número de lote _____	Comentarios _____

Dimensiones	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
40																		
35			Especificación										Especificación					
30																		
25																		
20																		
15																		
10																		
5																		
Frecuencia total	1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2	1

Figura 7. Hoja de verificación para la recopilación de datos

Fuente: MÉXICO, J. Evans y W. Lindsay, Administración y control de la calidad, 7a. edición (2008) (p. 670)

- Histogramas: Muestra gráficamente número de observaciones o frecuencia de un fenómeno. Vuelve evidentes patrones, lo cuales serían complejos de observar en una tabla. La hoja de verificación de la Figura X se diseñó para mostrarse visualmente como un histograma
- Diagrama de Pareto: En este diagrama se ordenan de mayor a menor las frecuencias observadas. Además, permite enfocarse a los usuarios en problemas específicos y estratificar los datos a un nivel más detallado.

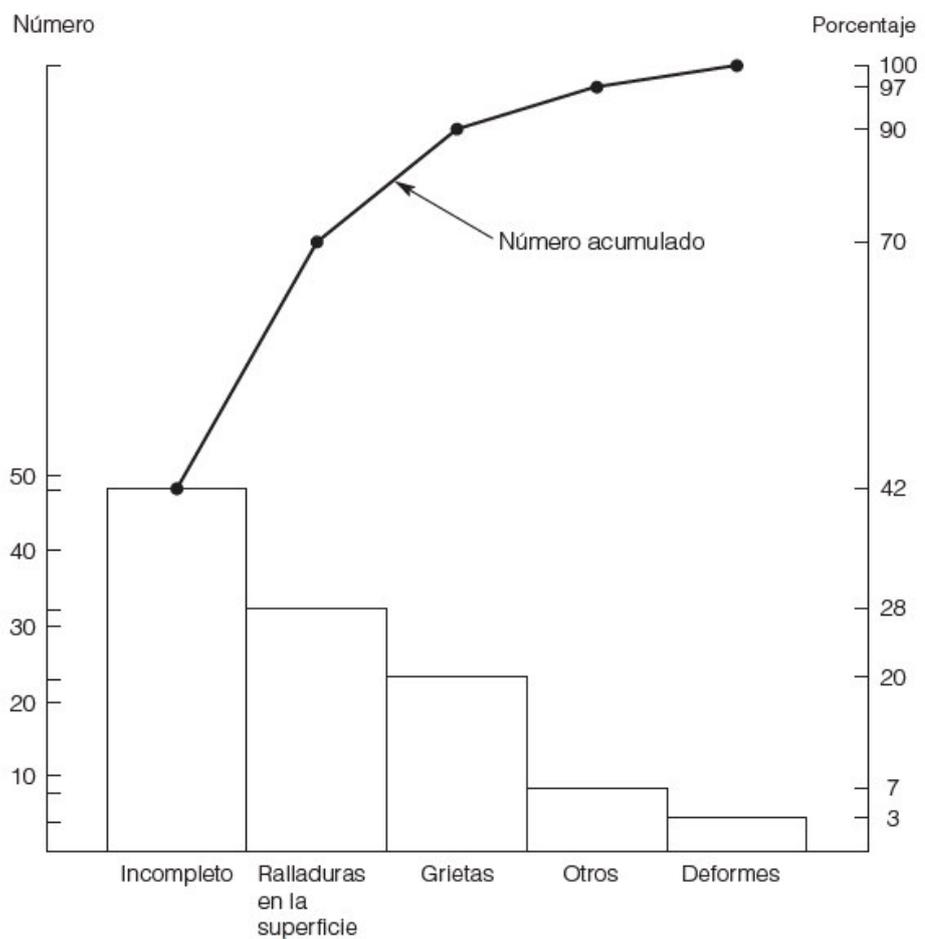


Figura 8. Diagrama de Pareto

dFuente: MÉXICO, J. Evans y W. Lindsay, Administración y control de la calidad, 7a. edición (2008) (p. 673)

- Diagrama de causa efecto: Método gráfico para detallar una cadena causas y efectos, clasificar causas y organizar las relaciones entre variables.

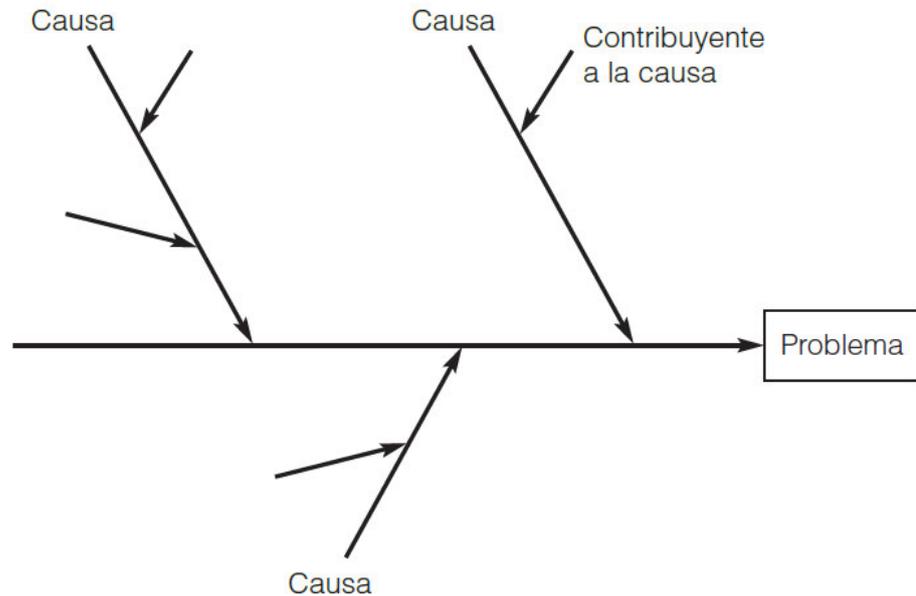


Figura 9. Estructura general de un diagrama de causa-efecto

Fuente: MÉXICO, J. Evans y W. Lindsay, Administración y control de la calidad, 7a. edición (2008) (p. 673)

- Diagramas de dispersión: Sirve para identificar las relaciones que existen entre variables, por lo general las variables estudiadas tienen la relación de causa-efecto.

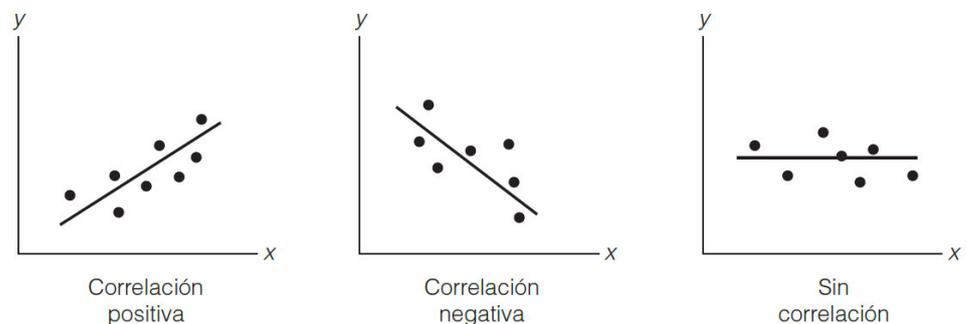


Figura 10. Tres tipos de correlación

Fuente: MÉXICO, J. Evans y W. Lindsay, Administración y control de la calidad, 7a. edición (2008) (p. 677)

2.4. ASPECTOS GENERALES

2.4.1. MINERÍA

Según OSINERGMIN (2007) “la minería es una actividad extractiva cuyo desarrollo constituye soporte para gran parte de la industria manufacturera y es una importante fuente de crecimiento económico para los países en vías de desarrollo”.

2.4.1.1. LA ACTIVIDAD MINERA

Esta se basa en la obtención selectiva de minerales y otros materiales a partir de la corteza terrestre, lo cual, en la mayoría de los casos, implica la extracción física de grandes cantidades de materiales, para recuperar sólo pequeños volúmenes del producto deseado. El objetivo de la minería es obtener minerales o combustibles.

2.4.1.2. RECURSO MINERAL

Un recurso mineral es un volumen de la corteza terrestre con una concentración elevada de un mineral o combustible determinado. Se convierte en una reserva si dicho mineral, o su contenido (un metal, por ejemplo), se puede recuperar mediante la tecnología del momento con un costo que permita una rentabilidad razonable de la inversión en la mina.

Hay gran variedad de materiales que se pueden obtener de dichos yacimientos los cuales pueden clasificarse como sigue:

Tabla 5

Variedad de Minerales

Grupo	Minerales
Metales	Incluyen los metales: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Preciosos (el oro, la plata y los metales del grupo del platino) ▪ Siderúrgicos (hierro, níquel, cobalto, titanio, vanadio, cromo) ▪ Básicos (cobre, plomo, estaño y zinc) ▪ Ligeros (magnesio y aluminio) ▪ Nucleares (uranio, radio y torio) ▪ Especiales, como el litio, el germanio, el galio o el arsénico.
Minerales industriales	Incluyen los de potasio y azufre, el cuarzo, la trona, la sal común, el amianto, el talco, el feldespato y los fosfatos.
Materiales de construcción	Incluyen la arena, la grava, los áridos, las arcillas para ladrillos, la caliza y los esquistos para la fabricación de cemento. En este grupo también se incluyen la pizarra para tejados y las piedras pulidas, como el granito, el travertino o el mármol.
Gemas	Incluyen los diamantes, los rubíes, los zafiros y las esmeraldas.
Combustibles	Incluyen el carbón, el lignito, la turba, el petróleo y el gas (aunque generalmente estos últimos no se consideran productos mineros). El uranio se incluye con frecuencia entre los combustibles.

Nota. Fuente: PERÚ, OSINERGMIN, Panorama de la Minería en el Perú (2007) (p. 14)

2.4.2. MINERÍA DE COBRE

2.4.2.1. EN EL MUNDO

La producción de cobre en el mundo se distribuye de la siguiente manera:

Tabla 6

2008-2017 Producción Mundial de cobre por país (Millones de TMF)

PAÍS	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 ^(*)
TOTAL	15.60	16.04	16.15	16.13	16.88	18.26	18.44	19.13	20.14	19.76
CHILE	5.33	5.39	5.42	5.26	5.43	5.78	5.75	5.76	5.55	5.33
PERÚ	1.27	1.28	1.25	1.24	1.30	1.38	1.38	1.70	2.35	2.45
CHINA	1.09	1.07	1.20	1.31	1.59	1.72	1.78	1.71	1.90	1.86
ESTADOS UNIDOS	1.31	1.18	1.11	1.11	1.17	1.25	1.36	1.38	1.43	1.27
AUSTRALIA	0.89	0.85	0.87	0.96	0.91	1.00	0.97	0.97	0.95	0.92
CONGO	0.23	0.35	0.43	0.53	0.66	0.97	1.03	1.02	0.85	0.85
MÉXICO	0.25	0.24	0.27	0.44	0.50	0.48	0.52	0.59	0.75	0.76
ZAMBIA	0.53	0.70	0.69	0.66	0.70	0.76	0.71	0.71	0.76	0.76
INDONESIA	0.63	1.00	0.88	0.54	0.39	0.50	0.37	0.57	0.73	0.65
CANADÁ	0.61	0.49	0.53	0.57	0.58	0.63	0.67	0.70	0.71	0.62
OTROS	3.47	3.49	3.52	3.51	3.64	3.79	3.91	4.01	4.16	4.30

Nota. Fuente: PERÚ, MINEM, Anuario Minero 2017 (2018) (p. 14)

(*): Cifras estimadas

2.4.2.2. EN EL PERÚ

La producción de cobre en el Perú ha ido evolucionando de la siguiente manera:

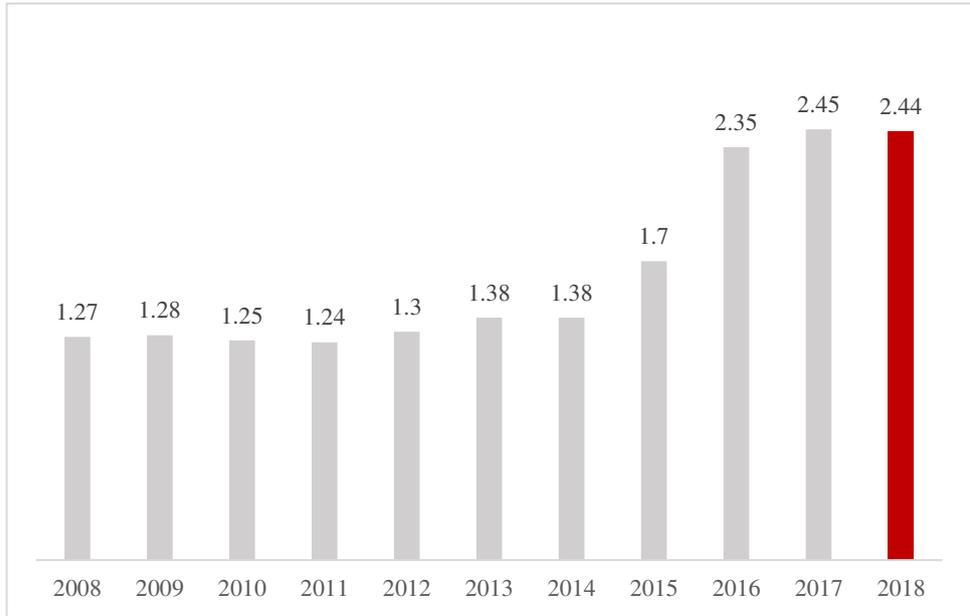


Figura 11. 2008-2017 Producción Nacional de Cobre (Millones de TMF)

Fuente: PERÚ, MINEM, Anuario Minero 2017 (2018) (p. 48)

A nivel de empresas la producción nacional de cobre se distribuye de la siguiente manera:

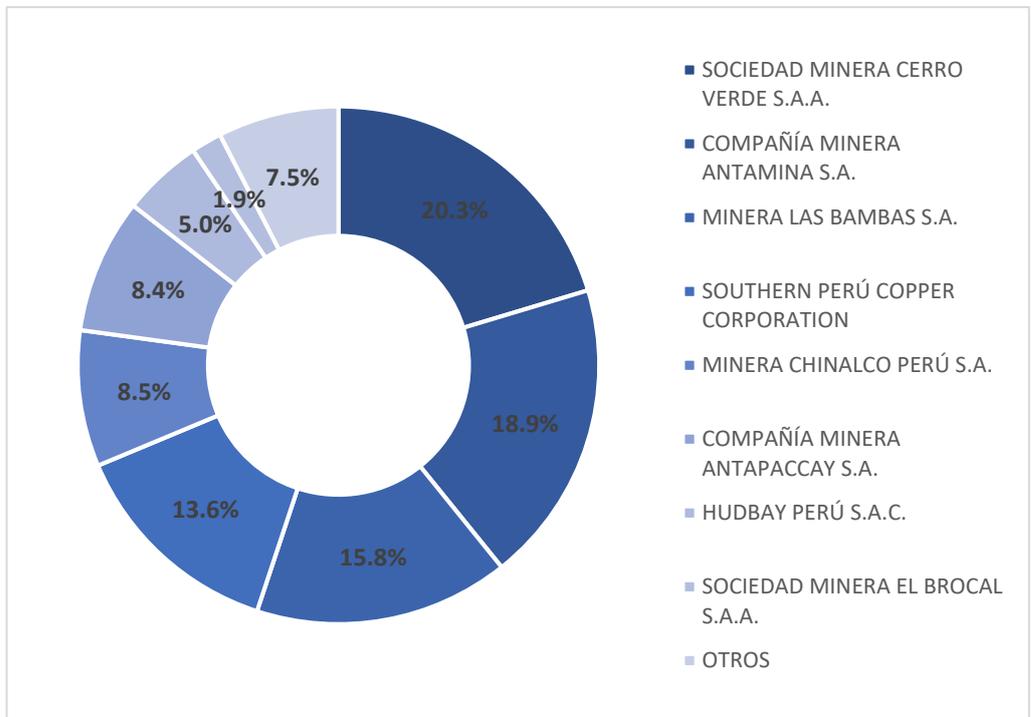


Figura 12. Estructura de la producción de cobre por empresas, enero-diciembre 2018

Fuente: PERÚ, MINEM, Boletín Estadístico Minero - Diciembre 2018 (2019) (p. 4)

A nivel regional la producción nacional de cobre se distribuye de la siguiente manera:

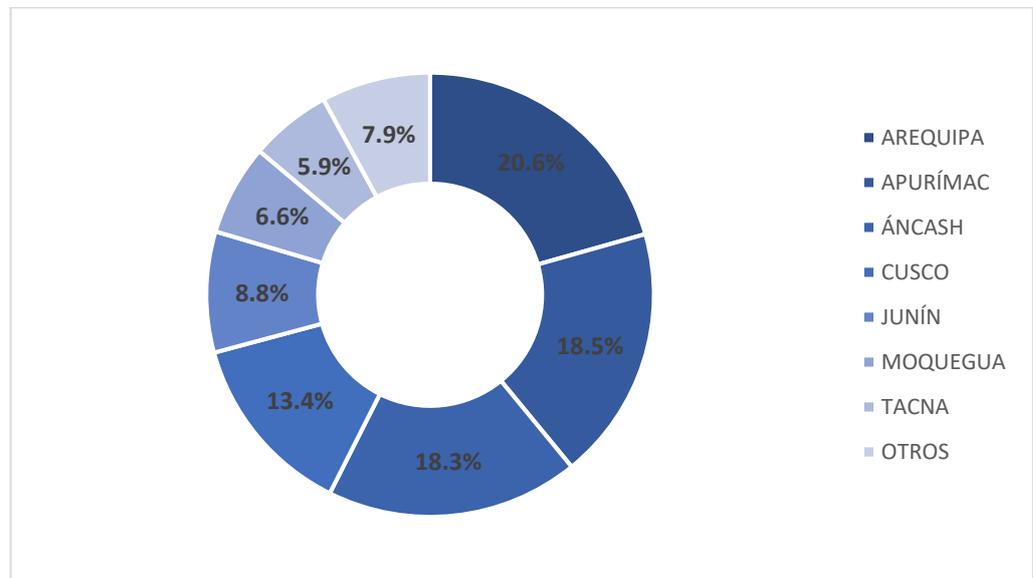


Figura 13. Producción Nacional de Cobre por Empresa (Distribución Porcentual)

Fuente: PERÚ, MINEM, Anuario Minero 2017 (2018) (p. 49)

Los principales destinos de exportación del cobre se distribuyen de la siguiente manera:

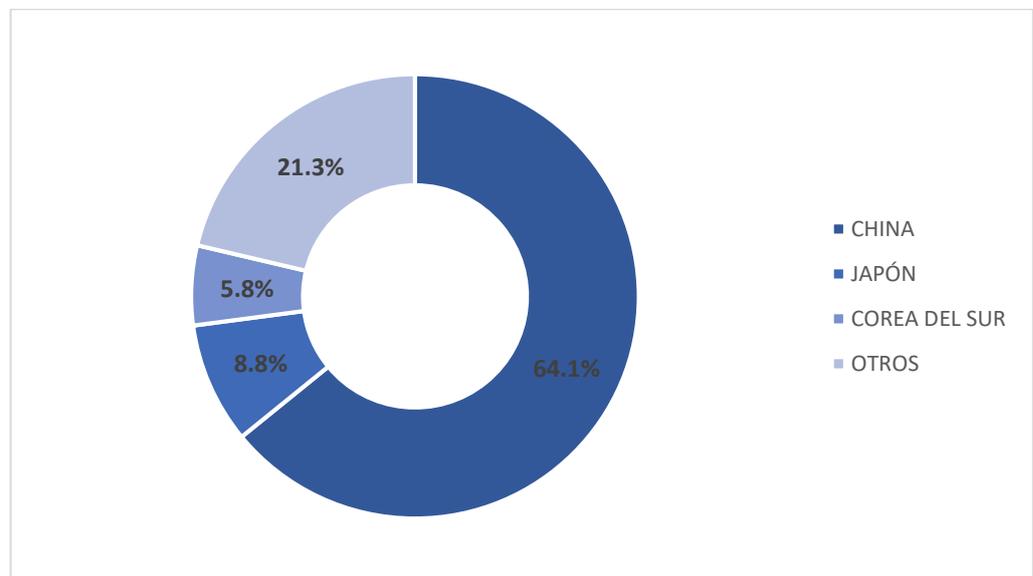


Figura 14. Destino de las exportaciones de cobre enero - diciembre 2018

Fuente: PERÚ, MINEM, Boletín Estadístico Minero - Diciembre 2018 (2019) (p. 4)

2.4.3. EQUIPOS DE MINERÍA SUPERFICIAL

2.4.3.1. EQUIPOS PRINCIPALES

- CAT 7495 – Pala Eléctrica
Capacidad de cuchara: 100 Tn
Altura: 20.72 m
Peso: 1,365 Tn
- CAT 797F – Camiones
Capacidad: 371 Tn
Potencia: 4000 HP
Peso: 624 ton (cargado)
- Atlas Copco Pit Viper 351 – Perforadora
Profundidad de perforación: 19.8 m (en un pase)
Diámetro de perforación: 12 ¼’’
Potencia: 1400 HP
Peso: 204 Tn
- LeTourneau 2350 – Cargador Frontal
Capacidad de cuchara: 53 yd³
Potencia: 2300 HP
Peso: 267 ton.

2.4.3.2. EQUIPOS AUXILIARES

- CAT 777F – Camiones
- CAT 992K – Cargador Frontal
- CAT D11T – Bulldozer
- CAT D10T – Tractor

- CAT 854K – Wheel dozer
- CAT 24M – Motoniveladora
- CAT 777WT – Cisterna
- CAT 390DL – Excavadora
- CAT 793 – Cama baja
- CAT CS76XT – Compactador
- Atlas Copco DM 45 – Perforadora
- Atlas Copco ROC L8 – Perforadora

2.5. RECURSOS MINERALES DE LA REGIÓN JUNÍN

Junín es un departamento del Perú con una superficie total de 44,197 km² (3 % del territorio nacional), ubicado en la parte central del país, tiene como capital a la ciudad de Huancayo (con 3271 m.s.n.m., situada en pleno valle del Mantaro).

Abarca territorios de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes en diversas altitudes, incluyendo valles y punas de la sierra y la zona cubierta por la Amazonia.

La mayor extensión corresponde a la selva con el 53 % y un 47 % a la sierra.

Limita por el sur con los departamentos de Huancavelica y Ayacucho, por el norte con Pasco y Ucayali, por el este con Cusco y por el oeste con Lima. Hasta 1825 se llamó departamento de Tarma.

Coordenadas:

- Latitud sur: 10° 41' 55"

- Latitud oeste: 75° 1' 8" y 76° 31' 8"

El departamento de Junín se encuentra conformado por nueve provincias (Junín, Huancayo, Tarma, Chanchamayo, Jauja, Yauli, Concepción, Chupaca y Satipo) y 123 distritos.

CAPÍTULO III.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO

3.1. ANÁLISIS DEL PROCESO

Se realizó un análisis de las demoras en el cambio de guardia, se identificaron cuáles son las fuentes de demora y cuál es el impacto que estas tienen. Posteriormente se plasmaron en un árbol de causa – efecto.

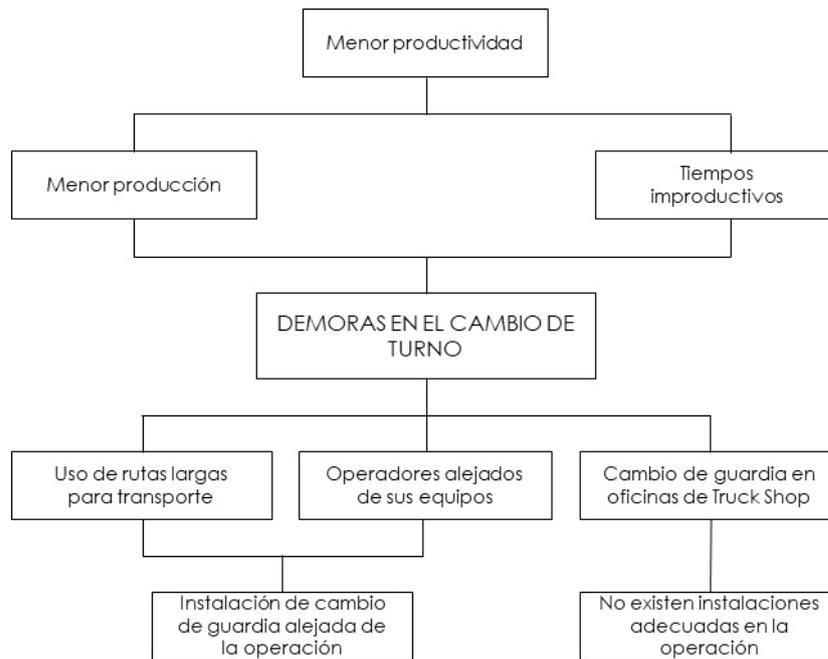


Figura 15. Árbol de causa – efecto para las demoras en el cambio de guardia

Fuente: Elaboración propia

3.2. DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE MEJORA

Con las fuentes de demora identificadas, se plantearon las siguientes medidas para mejorar los métodos de trabajo, aumentar la producción y como resultado la productividad.

- Construcción de un módulo de cambio guardia en el tajo:

Actualmente el módulo de cambio de guardia se encuentra alejado de las operaciones por tanto el traslado de los operadores desde este lugar hasta los equipos toma más tiempo.

La alternativa propone la construcción de un módulo de cambio de guardia que cuente con los requisitos necesarios para el confort de los operadores puesto que en este nuevo módulo se llevará al cabo el cambio de guardia y el refrigerio. Esta alternativa es beneficiosa debido a que al ser construida más cerca de las operaciones, se disminuirá la distancia de traslado y por consecuencia el tiempo.

- Uso de camionetas para el traslado de operadores.

La empresa realiza la movilización de los operadores a sus equipos en buses Kamaz, por tanto el traslado es más lento.

La alternativa resulta beneficiosa debido a que el traslado en camionetas disminuye el tiempo de traslado a los equipos de los operadores.

3.3. ANÁLISIS DE CARGUÍO Y ACARREO

Dentro de los análisis se plantearon dos escenarios:

- Escenario actual: Este escenario muestra como se viene dando el proceso actualmente.
- Escenario proyectado: Este escenario muestra como operaría el proceso con las mejoras implementadas (Cambio en la movilidad de los operadores y construcción de un nuevo módulo de cambio de guardia).

3.3.1. ESQUEMA DEL PROCESO

En la Figura 16 se puede observar de manera general como se lleva a cabo el ciclo de minado en la empresa minera.



Figura 16. Diagrama general – Ciclo de Minado

Fuente: Elaboración propia

- Explotación: “Proceso de extracción y procesamiento de los minerales, así como la actividad orientada a la preparación y el desarrollo de las áreas que abarca el depósito mineral”. (Ministerio de Minas y Energía – Colombia, 2015)
- Chancado: “Es el proceso mediante el cual se disminuye el tamaño de las rocas mineralizadas triturándolas en equipos llamados chancadoras”. (Ministerio de Minería – Chile, 2016)
- Molienda: “Es el proceso mediante el cual se reduce el tamaño del material mineralizado a menos de 0,2 milímetros, de manera que sea adecuado para la flotación. Al material mineralizado que viene de la planta de chancado se le agrega agua y algunos reactivos, y se lleva a los molinos de barra y de bolas. Los molinos giran y las barras o bolas muelen el material.”. (Ministerio de Minería – Chile, 2016)
- Concentración: “Es el proceso por el cual el mineral se separa en concentrados de metal y material de desecho. El material concentrado se envía a las refinерías”. (Southern Cooper)
- Transporte: “Movilización o desplazamiento de materiales como mena, carbón, estéril, insumos y otros, de un lugar a otro por cualquier medio manual o mecanizado”. (Ministerio de Minas y Energía – Colombia, 2015)
- Embarque: Es el proceso mediante el cual el concentrado se carga en los buques para ser exportado.

La mejora está localizada en el macroproceso de explotación, el cual está compuesto por los procesos de perforación, voladura, carguío y acarreo. La mejora se centra en los procesos de carguío y acarreo, los cuales están diagramados en la Figura 17.

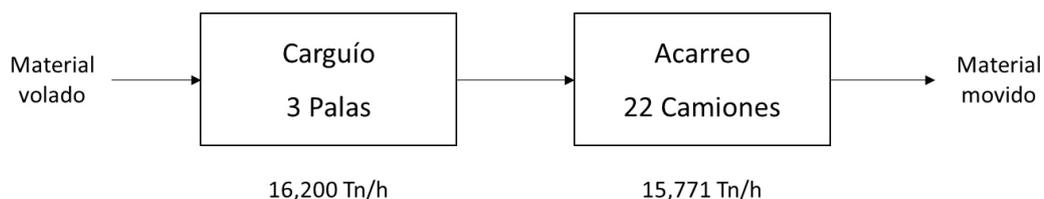


Figura 17. Diagrama carguío y acarreo

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 17 el proceso de acarreo es el cuello de botella en el macroproceso de extracción.

3.3.2. ANÁLISIS DE CARGUÍO

Para realizar el análisis del proceso de carguío en primer lugar se definieron los criterios de tiempo a tomar en cuenta en el inicio de guardia en la Tabla 7. Tener en cuenta que los cálculos se realizaron en base a una guardia de doce horas, por tanto en un día existen dos guardias.

Tabla 7

Criterios de tiempos tomados en el inicio de guardia

Criterios	
C1	Hora de llegada de operadores
C2	Tiempo de ingreso a módulo de cambio de guardia
C3	Tiempo de reparto de guardia
C4	Movilización de operadores hacia paradero
C5	Tiempo de traslado de operadores a los equipos
C6	Tiempo de inspección del equipo
C7	Tiempo de demora en cambio de guardia (Inicio de guardia)
C8	Hora de Inicio Operativo

Nota. Fuente: Elaboración propia

Teniendo en la cuenta la información de la Tabla 8 y la Tabla 9. Además, C1 se mantiene igual puesto que la hora del inicio de la guardia no va a cambiar ya que es un horario establecido por las políticas de la empresa. De la misma manera el

criterio C3 se mantiene igual en ambas tablas debido a que el tiempo que toma la repartición de labores en el cambio de guardia se mantiene igual para ambos escenarios.

El criterio C2 indica el tiempo que toma a los operadores trasladarse desde el paradero de buses hasta el lugar donde se realiza el cambio de guardia. En el caso de C4 se refiero al tiempo que toma el retorno de los operadores al paradero.

En el caso de C2 y C4 el tiempo disminuye en la Tabla 9 debido a que los parqueos se encuentran más cerca del ambiente donde se realiza el cambio de guardia.

Además, el nuevo módulo de cambio de guardia contará con tres equipos para realizar el control de asistencia mientras que actualmente solo se cuenta con uno.

En el caso de C5 se registra un tiempo de traslado diferente para cada Pala CAT - 7495 (PL) debido a que cada pala se encuentra ubicada en un punto diferente de la operación, por tanto el tiempo depende de cuan alejado se encuentre el equipo del paradero de buses.

El criterio C6 se mantiene igual debido a que los estándares de seguridad de la empresa establecen que cada operador debe tomar cinco minutos para inspeccionar sus equipos antes de comenzar sus labores.

La suma de C2, C3, C4, C5 y C6 dan como resultado C7, el cual significa el total de tiempo que toma tener a cada una de las palas operativas en el inicio de guardia.

Además, C1 adicionado al valor de C7 da como resultado la hora de inicio operativo de las palas (C8).

En C7 se puede observar que los tiempos han disminuido en la Tabla 9 respecto de la Tabla 8 debido a la cercanía que tiene el nuevo módulo de cambio de guardia a la operación y el empleo de camionetas para el traslado de los operadores en el escenario proyectado.

Tabla 8

Tiempos tomados en el inicio de guardia – Escenario actual

Criterio	Inicio de guardia					
C1	07:30:00					
C2	4					min.
C3	12					min.
C4	4					min.
C5	PL001		PL002		PL003	
	25	min.	17.5	min.	21	min.
C6	5					min.
C7	00:50:00		00:42:30		00:46:00	
C8	08:20:00		08:12:30		08:16:00	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Tiempos tomados en el inicio de guardia – Escenario proyectado

Criterio	Inicio de guardia					
C1	07:30:00					
C2	2					min.
C3	12					min.
C4	2					min.
C5	PL001		PL002		PL003	
	8.8	min.	2.4	min.	6.0	min.
C6	5					min.
C7	00:29:48		00:23:24		00:27:00	
C8	07:59:48		07:53:24		07:57:00	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para continuar el análisis del proceso de carguío se definieron los criterios de tiempo a tomar en cuenta en el fin de guardia en la Tabla 10.

Tabla 10

Criterios de tiempos tomados en el fin de guardia

Criterios	
C9	Equipo
C10	Hora de Fin de Guardia
C11	Tiempo de inspección
C12	Tiempo de traslado de operadores a paradero
C13	Tiempo de demora en cambio de guardia (Fin de guardia)
C14	Hora de parada del equipo

Nota. Fuente: Elaboración propia

Teniendo en la cuenta la información de la Tabla 11 y la Tabla 12, C10 se mantiene igual puesto que la hora del fin de la guardia no va a cambiar ya que es un horario establecido por las políticas de la empresa al igual que C1.

El criterio C11 se mantiene igual debido a que los estándares de seguridad de la empresa establecen que cada operador debe tomar cuatro minutos para inspeccionar sus equipos luego de terminar de operarlos.

En el caso de C12 se registra un tiempo de traslado diferente para cada Pala CAT -7495 (PL) debido a que cada pala se encuentra ubicada en un punto diferente de la operación, por tanto, el tiempo depende de cuan alejado se encuentre el equipo del paradero de buses.

La suma de C11 y C12 dan como resultado C13, el cual significa con que tiempo de antelación debe el operador parar el equipo para poder estar en los parqueos para su recojo y traslado al campamento. Además, C10 restado con el valor de C13 da como resultado la hora en la que se deben parar los equipos (C14).

Tabla 11

Tiempos tomados en el fin de guardia – Escenario actual

Criterio	Fin de guardia		
C9	PL001	PL002	PL003
C10	07:30:00	07:30:00	07:30:00
C11	4		min.
C12	23.00	17.50	21.00
C13	00:27:00	00:21:30	00:25:00
C14	07:03:00	07:08:30	07:05:00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Tiempos tomados en el fin de guardia – Escenario proyectado

Criterio	Fin de guardia		
C9	PL001	PL002	PL003
C10	07:30:00	07:30:00	07:30:00
C11	4		min.
C12	9.7	2.6	6.7
C13	00:13:42	00:06:36	00:10:42
C14	07:16:18	07:23:24	07:19:18

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del beneficio en tiempo se definieron los siguientes criterios en la Tabla 13.

Tabla 13

Criterios para la tabla resumen del análisis de carguío

Criterios	
C15	Tiempo de demora en cambio de guardia
C16	Beneficio (Tiempo operativo por guardia)

Nota. Fuente: Elaboración propia

El cálculo de C15 se realiza mediante la suma de los tiempos de demora en el inicio y final de la guardia (C7 y C13).

Tabla 14

Tiempo de demora en el cambio de guardia – Escenario actual

Criterios	PL001	PL002	PL003
C7	00:50:00	00:42:30	00:46:00
C13	00:27:00	00:21:30	00:25:00
C15	01:17:00	01:04:00	01:11:00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Tiempo de demora en el cambio de guardia – Escenario proyectado

Criterios	PL001	PL002	PL003
C7	00:29:48	00:23:24	00:27:00
C13	00:13:42	00:06:36	00:10:42
C15	00:43:30	00:30:00	00:37:42

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para realizar el cálculo de C16 se realizó la resta de C15 de la Tabla 14 con C15 de la Tabla 15. Como resultado se obtiene el tiempo ganado en el escenario proyectado respecto del escenario actual.

Tabla 16

Beneficio obtenido en tiempo por guardia

Criterios	PL001	PL002	PL003
C15 – Tabla 14	01:17:00	01:04:00	01:11:00
C15 – Tabla 15	00:43:30	00:30:00	00:37:42
C16	00:33:30	00:34:00	00:33:18

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para realizar cálculo del beneficio en tonelaje se definieron los siguientes criterios en la Tabla 17.

Tabla 17

Criterios para el cálculo del beneficio en tonelaje

Criterios	
C17	Beneficio (Tiempo operativo por día)
C18	Producción/Pala (Tn/Hr)
C19	Incremento de Tonelaje Movido/Día (Al 100%)
C20	Incremento de Tonelaje Movido/Día (Al 70%)
C21	Incremento de Tonelaje Movido Anual (Al 70%)

Nota. Fuente: Elaboración propia

El criterio C18 tiene el valor de la producción por hora de cada pala establecido por la compañía.

El criterio C17 es equivalente al doble de C16 debido a que un día tiene dos guardias. Para realizar el cálculo de C19 se multiplico el beneficio obtenido (C17) por la producción de la pala por hora (C18), dando como resultado el tonelaje adicional producido en un día. En el caso de C20 se aplicó un factor de 70% a C19 como contingencia. Para obtener el tonelaje adicional que se produciría en un año (C21) se multiplicó a C20 por los 365 días.

Tabla 18

Beneficio en tonelaje

Criterios	PL001	PL002	PL003	TOTAL
C16	00:33:30	00:34:00	00:33:18	01:40:48
C17	01:07:00	01:08:00	01:06:36	03:21:36
C18	5,400	5,400	5,400	16,200
C19	6,030	6,120	5,940	18,090
C20	4,221	4,284	4,158	12,663
C21	1,540,665	1,563,660	1,517,670	4,621,995

Nota. Fuente: Elaboración propia

El cálculo del beneficio en tonelaje anual con la aplicación de las mejoras mencionadas asciende a 4,621, 995 toneladas.

3.3.3. ANÁLISIS DE ACARREO

Para realizar el análisis del proceso de acarreo en primer lugar se definieron los criterios de tiempo a tomar en cuenta en el inicio de guardia en la Tabla 19. Tener en cuenta que:

- Los cálculos se realizaron en base a una guardia de doce horas, por tanto, en un día existen dos guardias.
- Tanto en el escenario actual como en el proyectado se cuentan con un total de 29 camiones, de los cuales 22 se encuentran operativos y 7 se encuentran en mantenimiento preventivo.

Tabla 19

Criterios de tiempos tomados en el inicio de guardia

Criterios	
C22	Parqueo
C23	Nro. de camiones
C24	Hora de inicio de guardia
C25	Hora de inicio de equipos operativos
C26	Tiempo de demora en cambio de guardia (Inicio de guardia)
C27	Tiempo total no operativo a inicio de guardia

Nota. Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la información de la Tabla 20 y la Tabla 21, C22 indica el nombre de todos los lugares en los que permanecen parqueados los camiones CAT – 797F luego de que los operadores de turno concluyan sus labores. Mientras que C23 indica el número de camiones parqueados en los lugares indicados en el criterio C22.

Al igual que en análisis de carguío se debe tener en cuenta que el criterio C24 permanece igual en la Tabla 20 y 21 debido a que la hora de inicio ha sido establecida en las políticas de la empresa.

En el caso de C25 en la Tabla 21 los tiempos son menores debido a la cercanía que existe entre el nuevo módulo de cambio de guardia respecto a los equipos (camiones).

El criterio C26 es el resultado de la diferencia entre los criterios C24 y C25, este representa el tiempo que le toma a los operadores llegar a los equipos parqueados en las distintas locaciones y comenzar a operarlos. El criterio C27 representa al tiempo total que toma tener a todos los equipos operativos, para su cálculo se realiza la multiplicación entre los tiempos mostrados en C26 y la cantidad de autos parqueados cuyo valor se detalla en C23 (este cálculo se realiza para cada locación); posteriormente se realiza la suma de todos estos valores.

Es importante recalcar que la cantidad de autos parqueados en Copaycocha incrementa debido a la habilitación de un parqueadero más grande para camiones.

Tabla 20

Tiempos tomados en el inicio de guardia – Escenario actual

Criterios	Parqueos						
	Copaycocha	AK3	Chancadora	Grifo	PL001	PL002	PL003
C22	Copaycocha	AK3	Chancadora	Grifo	PL001	PL002	PL003
C23	8	5	2	2	2	2	1
C24	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00
C25	08:05:00	08:11:00	08:02:00	07:55:00	08:18:00	08:10:30	08:14:00
C26	00:35:00	00:41:00	00:32:00	00:25:00	00:48:00	00:40:30	00:44:00
C27	13:40:00						

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Tiempos tomados en el inicio de guardia – Escenario proyectado

Criterios	Parqueos					
C22	Copaycocha	Chancadora	Grifo	PL001	PL002	PL003
C23	12	2	1	5	1	1
C24	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00
C25	07:45:00	07:55:00	07:53:00	07:55:00	07:48:00	07:48:00
C26	00:15:00	00:25:00	00:23:00	00:25:00	00:18:00	00:18:00
C27	06:54:00					

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para realizar cálculo del tiempo no operativo en el fin de guardia se definieron los siguientes criterios en la Tabla 22.

Tabla 22

Criterios de tiempos tomados en el fin de guardia

Criterios	
C28	Hora límite de parqueo
C29	Hora de fin de guardia
C30	Tiempo de demora en cambio de guardia (Fin de guardia)
C31	Tiempo total no operativo a fin de guardia

Nota. Fuente: Elaboración propia

El criterio C28 indica la hora en la que los operadores de los equipos deben parquear los equipos para poder trasladarse al paradero de buses y posteriormente ser trasladados al campamento.

En el caso del criterio C29 este permanece igual en la tabla 23 y 24 debido a que la hora de fin de guardia está establecida en las políticas de la empresa.

En criterio C30 es el resultado de la diferencia entre los criterios C29 y C28, este representa el tiempo que le toma a los operadores trasladarse hasta el punto de recojo del bus. El criterio C31 representa al tiempo total que toma el traslado de los operadores a su punto de recojo, para su cálculo se realiza la multiplicación

entre los tiempos mostrados en C30 y la cantidad de autos parqueados cuyo valor se detalla en C23 (este cálculo se realiza para cada locación); posteriormente se realiza la suma de todos estos valores.

Tabla 23

Tiempos tomados en el fin de guardia – Escenario actual

Criterios	Parqueos						
	Copaycocha	AK3	Chancadora	Grifo	PL001	PL002	PL003
C22	8	5	2	2	2	2	1
C28	07:18:00	07:20:00	07:20:00	07:20:00	07:04:00	07:08:00	07:05:00
C29	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00
C30	00:12:00	00:10:00	00:10:00	00:10:00	00:26:00	00:22:00	00:25:00
C31	05:07:00						

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Tiempos tomados en el fin de guardia – Escenario proyectado

Criterios	Parqueos					
	Copaycocha	Chancadora	Grifo	PL001	PL002	PL003
C22	12	2	1	5	1	1
C28	07:24:00	07:15:00	07:20:00	07:16:00	07:20:00	07:20:00
C29	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00	07:30:00
C30	00:06:00	00:15:00	00:10:00	00:14:00	00:10:00	00:10:00
C31	03:22:00					

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del beneficio en tiempo se definieron los siguientes criterios en la Tabla 25.

Tabla 25

Criterios para la tabla resumen del análisis de carguío

Criterios	
C32	Tiempo de demora en cambio de guardia
C33	Beneficio (Tiempo operativo por guardia)

Nota. Fuente: Elaboración propia

El cálculo de C32 se realiza mediante la suma de los tiempos de demora en el inicio y final de la guardia (C27 y C31).

Tabla 26

Tiempo de demora en el cambio de guardia – Escenario actual

Criterios	Tiempos
C27	13:40:00
C31	05:07:00
C32	18:47:00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Tiempo de demora en el cambio de guardia – Escenario proyectado

Criterios	Tiempos
C27	06:54:00
C31	03:22:00
C32	10:16:00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para realizar el cálculo de C33 se realizó la resta de C32 de la Tabla 26 con C15 de la Tabla 27. Como resultado se obtiene el tiempo ganado en el escenario proyectado respecto del escenario actual.

Tabla 28

Beneficio obtenido en tiempo por guardia

Criterios	Tiempos
C32 – Tabla 26	18:47:00
C32 – Tabla 27	10:16:00
C33	08:31:00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para realizar cálculo del beneficio en tonelaje se definieron los siguientes criterios en la Tabla 29.

Tabla 29

Criterios para el cálculo del beneficio en tonelaje

Criterios	
C34	Beneficio (Tiempo operativo por día)
C35	Producción por Camión (Tn/Hr)
C36	Incremento de Tonelaje Movido/Día (Al 100%)
C37	Incremento de Tonelaje Movido/Día (Al 70%)
C38	Incremento de Tonelaje Movido Anual (Al 70%)

Nota. Fuente: Elaboración propia

El criterio C35 tiene el valor de la producción promedio por hora de cada camión establecido por la compañía.

El criterio C34 es equivalente al doble de C33 debido a que un día tiene dos guardias. Para realizar el cálculo de C36 se multiplico el beneficio obtenido (C34) por la producción del camión por hora (C35), dando como resultado el tonelaje adicional producido en un día. En el caso de C37 se aplicó un factor de 70% a C36 como contingencia. Para obtener el tonelaje adicional que se produciría en un año (C38) se multiplicó a C37 por los 365 días.

Tabla 30

Beneficio en tonelaje

Criterios	Tiempos
C33	08:31:00
C34	17:02:00
C35	751
C36	12,792
C37	9,000
C38	3,285,000

Nota. Fuente: Elaboración propia

El cálculo del beneficio en tonelaje anual con la aplicación de las mejoras mencionadas asciende a 3,285,000 toneladas.

3.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL BENEFICIO

Para realizar el cálculo de la producción de concentrado de cobre se definieron los siguientes criterios en la Tabla 31.

Tabla 31

Criterios para el cálculo de la producción de concentrado de cobre

Criterios	
C39	Mineral al proceso (Tn/mes)
C40	Mineral enviado a stocks (Tn/ mes)
C41	Desmonte (Tn/ mes)
C42	Total movido (Tn/ mes)
C43	Ratio de desbroce
C44	Ley de cobre (%)
C45	Recuperación metalúrgica (%)
C46	Producción de concentrado de cobre (Tn/mes)

Nota. Fuente: Elaboración propia

El criterio C39 se refiere a todo el material que es enviado a la chancadora para ser enviado a planta. En el caso de C40 se refiere al material que es enviado a los stocks para ser utilizado posteriormente en el blending, mientras que C41 se refiere al material estéril que se mueve durante el mes.

El criterio C42 se refiere al total de material movida durante un día, para su cálculo se suman las cantidades de C39, C40 y C41.

El criterio C46 indica el tonelaje de cobre producido durante el mes.

Tabla 32

Evaluación de la producción de concentrado – Escenario actual

Criterios	Valores
C39	3,233,832
C40	3,499,220
C41	3,321,693
C42	10,054,745
C43	2.11
C44	0.677
C45	78
C46	17,069

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

Evaluación de la producción de concentrado – Escenario proyectado

Criterios	Valores
C39	3,233,832
C40	3,636,095
C41	3,458,568
C42	10,328,495
C43	2.19
C44	0.681
C45	79
C46	17,298

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para realizar el cálculo del beneficio económico se definieron los siguientes criterios en la

Tabla 34.

Tabla 34

Criterios para el cálculo del beneficio económico

Criterios	
C47	Diferencia producción de cobre (Tn/mes)
C48	Ley del concentrado de cobre (%)
C49	Cantidad de cobre en el concentrado (Tn/mes)
C50	Valor aproximado del concentrado (USD/Tn)
C51	Total de ingresos adicionales/mes (USD)
C52	Total de ingresos adicionales/año (USD)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para realizar el cálculo de C47 se realizó la resta de C46 de la Tabla 33 con C46 de la Tabla 32. Como resultado se obtiene el tonelaje adicional de cobre en el escenario proyectado respecto del escenario actual.

El criterio C48 y C49 indican la ley de cobre que tiene el concentrado producido y la cantidad de concentrado producido respectivamente.

El criterio C50 se refiere al precio aproximado que tiene cada tonelada de concentrado producido luego de aplicadas las penalidades. En los criterios C51 y C52 se detallan los ingresos mensuales y anuales adicionales respectivamente.

Tabla 35

Evaluación económica del beneficio

Criterios	Valores
C46 – Tabla 33	17,298
C46 – Tabla 32	17,069
C47	229
C48	20
C49	1,146
C50	888
C51	1,016,769
C52	12,201,226

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.5. COSTOS DE LA MEJORA

En el punto 3.2 se sustentó que para realizar la disminución de tiempos y optimización de la productividad es necesaria la construcción de un nuevo módulo de cambio de guardia.

En la Tabla 36 se desglosaron los costos requeridos para la implementación de la mejora.

Tabla 36

Desglose de costos

SUB AREAS	COSTO (\$)	COSTO UNITARIO (\$)	ACTIVIDAD
Trabajos previos	0	0	Acondicionar terreno
Implementación de 1 módulo de sala de reuniones - Comedor	96,550	50,000	Comprar 1 módulo de sala de reuniones
		9,000	Trasladar 1 módulo de sala de reuniones a W8
		3,000	Instalar 1 módulo de sala de reuniones
		9,000	Instalar dados de concreto (35 dados)
		10,650	Comprar mobiliario (sillas mesas)
		11,150	Comprar mobiliario (comedor, línea de auto servicio)
		250	Compra de extintores
		3,500	Montar mobiliario de sala de reuniones
Implementación de 1 batería de baños	19,100	13,000	Comprar 1 módulo de batería de baños
		3,000	Trasladar 1 módulo de batería de baños a W8
		1,600	Instalar 1 módulo de batería de baños
		1,500	Instalar dados de concreto (6 dados)
Implementación de 1 módulo de oficinas	8,650	5,000	Comprar 1 módulo de oficinas
		800	Trasladar 1 módulo de oficinas de baños a W8
		1,150	Instalar 1 módulo de oficinas
		1,000	Instalar dados de concreto (4 dados)
		30	Compra de extintores
		500	Compra de escritorio y sillas
Reinstalación de 2 módulos de pernocte	4,000	170	Montar escritorio y sillas
		500	Desmontar 2 módulos de pernocte
		3,000	Instalar dados de concreto
Compra e instalación de pedestales para control de asistencia y control en comedor	21,000	500	Reinstalar 2 módulos de pernocte
		8,000	Comprar pedestales para control de comedor (2 unidades)
		12,000	Comprar pedestales para control de asistencia (3 unidades)
Acondicionamiento audiovisual de comedor	47,500	1,000	Instalar pedestales y controladores de asistencia
		23,000	Compra de televisores (3 televisores)
		7,000	Implementación de sistema de cableado
		3,500	Comunicaciones LAN
		14,000	Servicio Audiovisual

SUB AREAS	COSTO (\$)	COSTO UNITARIO (\$)	ACTIVIDAD
Implementación de tanque de agua	7,100	1,500	Comprar tanque de agua (2,500 L)
		500	Instalar tanque de agua
		3,600	Compra de estructura metálica para soporte de tanque
		550	Instalar estructura metálica
		500	Instalar dados de concreto
		450	Instalar tuberías de agua
Implementación de tanque de almacenamiento de aguas residuales	11,100	6,200	Comprar tanque de almacenamiento (25,000 L)
		1,300	Instalar tanque de almacenamiento
		1,500	Comprar barandas y puente
		800	Instalar barandas y puente
		300	Instalar apoyos de concreto
		1,000	Instalar tuberías de drenaje
Implementación de parqueos y caminos	6,500	1,800	Comprar tope de parqueo
		1,200	Instalar tope de parqueo
		3,500	Construir veredas
Implementación de pararrayos	51,000	32,000	Comprar pararrayos
		8,000	Montar SPAT
		5,500	Construir cimentación de bases de pararrayos
		5,500	Montar pararrayos
Instalaciones eléctricas	77,500	73,000	Compra de materiales
		1,500	Montaje de postes
		3,000	Montaje de instalaciones eléctricas
<i>SUB-TOTAL</i>	350,000		
<i>COONTINGENCIA</i>	50,000		
TOTAL	400,000		

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 36 se pueden observar que los costos de la implementación del proyecto serán de 400,000 USD.

Los costos operativos por limpieza, transporte y alimentación una vez que entre en funcionamiento el nuevo módulo de cambio de guardia se estimaron en 2,000 USD. Para poder trasladar a los operadores a las palas y otros puntos se requiere del alquiler de 03 camionetas, el alquiler mensual por las 03 camionetas asciende a 6,000 USD. Es decir, los costos mensuales operativos ascienden a 8,000 USD.

3.6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Actualmente la empresa minera cuenta con una capacidad promedio de tonelaje movido de 340,000 toneladas por día.

Para el análisis de la mejora, se estudió el impacto de la reducción de tiempos en los siguientes procesos.

- **Carguío:** En este proceso quedó evidenciado que para las 3 palas que usadas se puede ganar un tiempo de 3.36 horas por día. Este tiempo ganado tiene un impacto en la producción de 18,090 toneladas adicionales por día, por políticas de la empresa se le aplicó un factor de seguridad de 70% dando como resultado 12,663. La productividad promedio de estos equipos es actualmente de 5,400 Tn/Hr-Pala, con la mejora realizada la productividad de la pala puede ascender a 5,575.88 Tn/Hr-Pala.
- **Acarreo:** En este proceso quedó evidenciado que para los 22 camiones que se encuentran operando se puede ganar un tiempo de 17.03 horas por día. Este tiempo ganado tiene un impacto en la producción de 12,792 toneladas adicionales por día, por políticas de la empresa se aplicó un factor de seguridad de 70% dando como resultado 9,000. La productividad promedio de estos equipos es actualmente de 751 Tn/Hr-Camión, con la mejora realizada la productividad de la pala puede ascender a 768.05 Tn/Hr-Camión.

En la Figura 18 se puede observar que los procesos de carguío y acarreo están relacionados. En los cálculos se puede visualizar que el acarreo representa el cuello de botella, por ello se considerará como producción adicional 9,000 Tn/día. Por tanto, las productividades serán de 5,525 Tn/Hr-Pala y 768.05 Tn/Hr-Camión con un aumento de 125 Tn/Hr-Pala y 17.05 Tn/Hr-Camión respectivamente.

En cuanto a los costos, en la Tabla 36 se pueden visualizar todas las actividades necesarias para la implementación de un nuevo módulo de cambio de guardia, cuyo costo es de 400,000 USD. Además, existe un costo mensual de 8,000 USD para mantener operativa la mejora.

En cuanto a los ingresos, en la Tabla 35 se puede verificar ingresos mensuales adicionales por 1,016,769 USD. Por ello podemos decir que la inversión se recupera en el primer mes que el nuevo módulo de cambio de guardia entra en funcionamiento.

CAPÍTULO IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Con la aplicación de la mejora de métodos los resultados de la productividad serán de 5,525 Tn/Hr-Pala y 768.05 Tn/Hr-Camión con un aumento de 125 Tn/Hr-Pala y 17.05 Tn/Hr-Camión respectivamente.
- Pudieron identificarse las distintas fuentes de tiempos improductivos en el área de operaciones de la empresa minera, las principales son: Falla de equipos, problemas con neumáticos, fallas en los sistemas de medición, cansancio por operación de equipos, falta de compromiso de los colaboradores, demoras en el cambio de guardia y procedimientos no documentados. Luego de una evaluación se decidió enfocar la mejora en la demora en los cambios de guardia.
- Una vez ejecutada la construcción de un módulo de cambio guardia en el tajo y el uso de camionetas para el traslado de operadores la producción se incrementa en 3,285,000 toneladas anuales.

- Se realizó un análisis de tiempo para los procesos de carguío y acarreo del escenario proyecto luego de la aplicación de las mejoras, se cuantificó que el tiempo que se puede ganar con las mejoras es de aproximadamente 17 horas.
- Basados en el punto anterior se puede decir que los procesos de carguío y acarreo son importantes dentro del ciclo de minado. Tiene gran impacto en la generación de valor de la empresa, es por ello que su optimización provoca un beneficio adicional en los ingresos de 12,201,226 USD anuales.

4.2. RESUMEN DE APORTES

- La empresa no había realizado la evaluación del impacto de construir nuevas instalaciones dentro de la operación cuya ubicación permita desplazarse a los equipos en menos tiempo. En este trabajo se realizó el cálculo del tonelaje adicional producido y del beneficio económico que produce la mejora.
- En el trabajo se realizó el diseño y ubicación los módulos, equipos, parqueo y tanques del nuevo módulo de cambio de guardia. Además, se calcularon todos los costos necesarios para la implementación de este.
- Se realizó una evaluación de los problemas que tengan efecto sobre la producción del tonelaje movido usando el diagrama de la Espina de Ishikawa. Si bien este trabajo se enfocó en las demoras en el cambio de guardia, en el diagrama se detallan otras oportunidades de mejora.

4.3. RECOMENDACIONES

- Los procesos de Carguío y Acarreo son muy importantes dentro del ciclo de minado debido al gran impacto que pueden generar en la producción de tonelaje movido es por eso que se recomienda que a estos procesos se les aplique la mejora continua.
- Para realizar una evaluación de tiempos se sugiere usar la data generada por el software del Área de Dispatch para las palas y camiones puesto que hacer una evaluación de manera más precisa y sencilla, debido a que todos los tiempos se calculan de manera automática y quedan registrados en la base de datos.
- Para realizar la ubicación de nuevas instalaciones dentro de la operación es muy importante tener en cuenta el plan de minado, puesto que al ser una mina el ambiente va cambiando constantemente dependiendo de cómo se haya planificado la explotación del yacimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

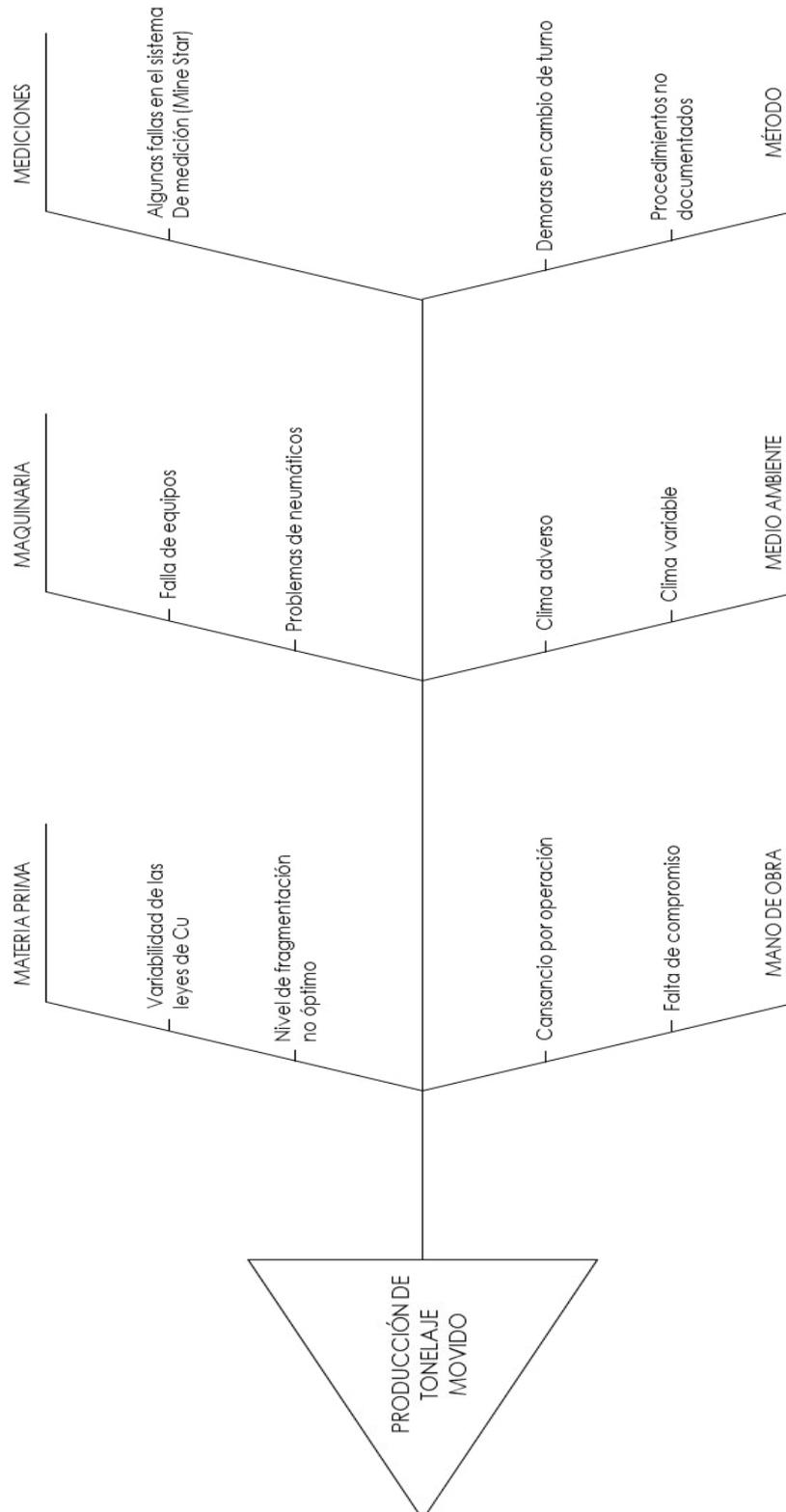
- Artezano, J. (2014). *Implementación del método de explotación V.C.R. para mejorar la producción en Mina Julia, U.E.A. Orcopampa, CÍA. de Minas Buenaventura S.A.A.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. Recuperado el 13.09.2018 de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/13340020>
- Baldeón, Z. (2011). *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en CIA. Minera Condestable S.A.* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado el 16.08.2018 de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/897>
- Escalona T. (Sin fecha). *Tipos de metodología de la investigación – Cómo hacer una metodología.* Recuperado el 27.09.2018 de <http://aprenderlyx.com/tipos-de-metodologia-de-investigacion>
- Evans J. y Lindsay W. (2008). *Administración y control de la calidad.* Ciudad de México: Cengage Learning Editores
- Huaroc, P. (2014). *Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. Recuperado el 06.09.2018 de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1337>
- Ministerio de Energía y Minas (2017). *Anuario Minero 2017.* Lima: Autor
- Ministerio de Energía y Minas (2019). *Boletín Estadístico Minero - Febrero.* Lima: Autor
- Ministerio de Minería (2015). *Glosario Técnico Minero.* Bogotá: Autor
- Ministerio de Minería (2016). *Glosario Minero.* Santiago de Chile: Autor
- Paricahua, M. (2014). *Diseño de la galería paralela 270-1 e integración de rampas 400 y 1000 para incrementar la producción en la zona Hércules CIA. Minera Huancapeti*

(tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Recuperado el 12.09.2018 de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3900>

- Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo
- Reymer, D. (2013). *Gestión del sistema de despacho para la optimización del ciclo de acarreo en la Unidad Minera Lagunas Norte CIA. Minera Barrick Misquichilca* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Recuperado el 13.09.2018 de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3923>
- Southern Copper (2012). *Glosario de Términos*. Lima: Autor

ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de Ishikawa basado en las 6 M's para el proceso de producción de tonelaje movido.



Anexo 2: Instructivo para la elaboración de la Matriz de Evaluación (Método usado para la evaluación de oportunidades de mejora de la empresa minera)

Matriz de Evaluación

Problemas	Costo	Dificultad	Impacto	Calificación
Problema 1	Co ₁	Di ₁	Im ₁	Ca ₁
Problema 2	Co ₂	Di ₂	Im ₂	Ca ₂
Problema 3	Co ₃	Di ₃	Im ₃	Ca ₃
Problema n	Co _n	Di _n	Im _n	Ca _n

Escala de calificación por criterio

Escala	Costo	Dificultad	Impacto
1	>100k	Difícil/Complejo	No tiene impacto
2	\$ 50 ~ 100K	Medio	Poco impacto
3	\$ 1 ~ 50K	Bajo	Medio impacto
4	Sin costo	Fácil, Simple	Alto impacto

Importancia de cada factor

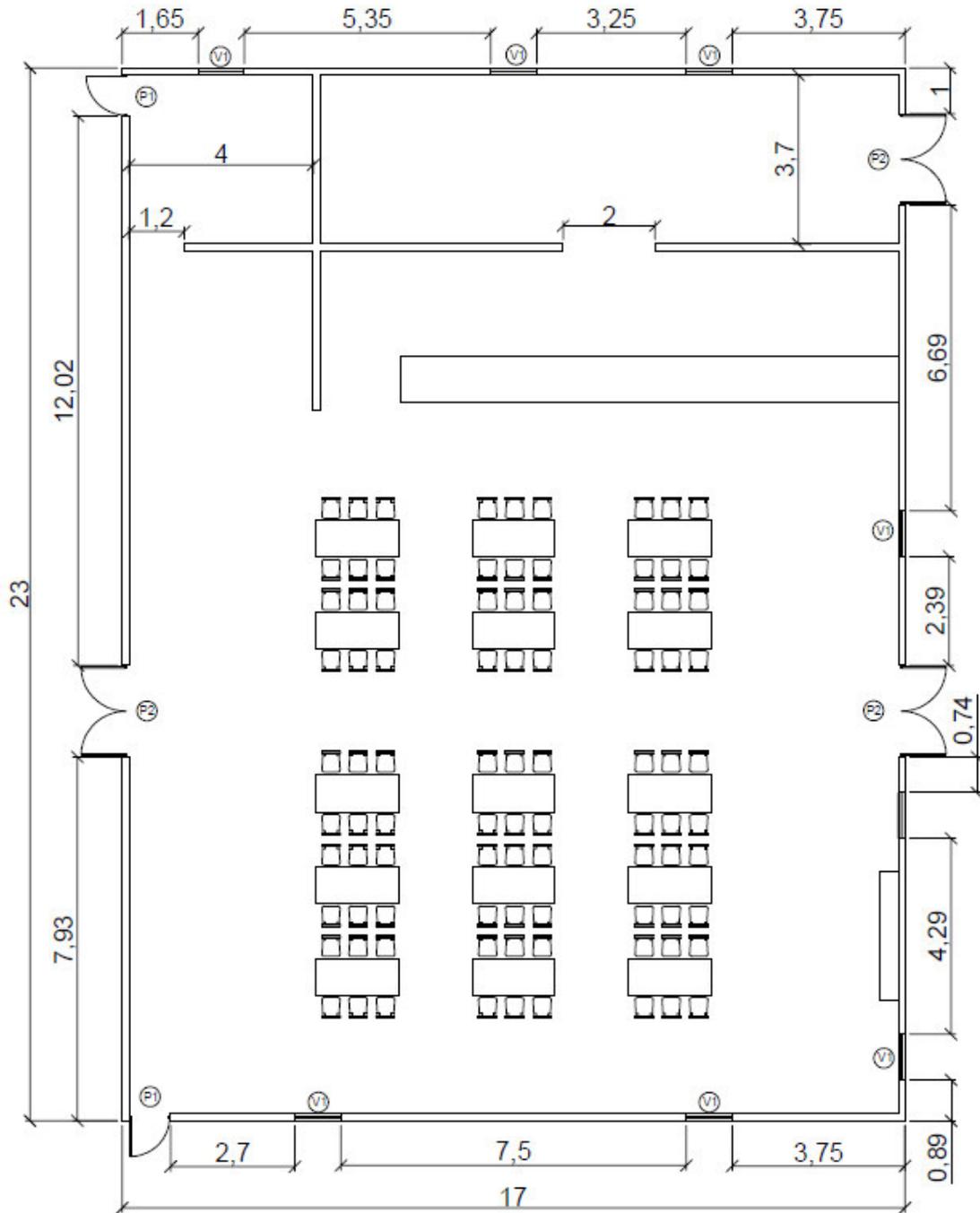
	Costo	Dificultad	Impacto
Importancia	IC	ID	II
	2	1	3

Cálculo de la calificación

$$Ca_n = IC * Co_n + ID * Di_n + II * Im_n$$

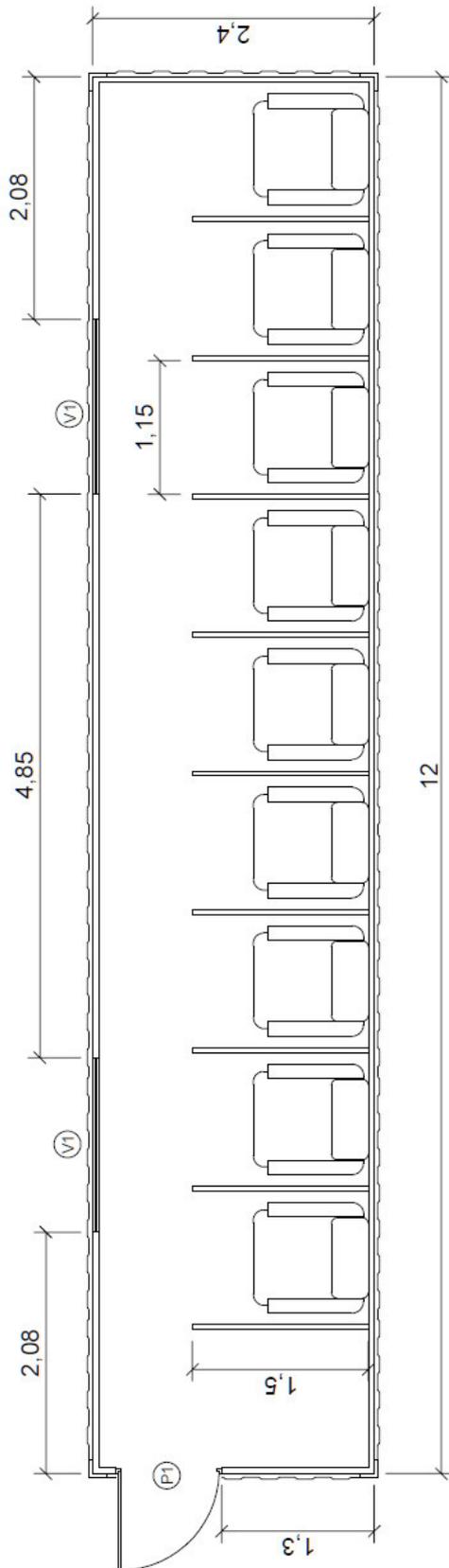
$$Ca_n = 2 * Co_n + 1 * Di_n + 3 * Im_n$$

Anexo 4: Plano de distribución del comedor



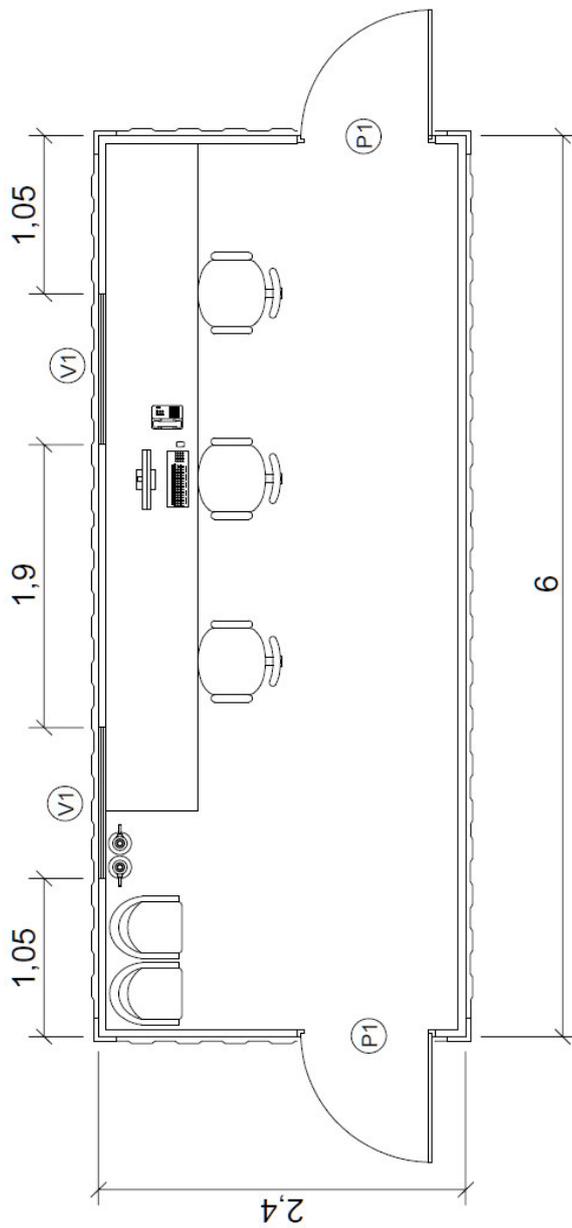
CUADRO DE VANOS				
TIPO	ALTO	ANCHO	ALFEIZ.	CANT.
VENTANA				
V1	1.00	1.00	0.9	8
PUERTA				
P1	2.10	0.90	-	2
P2	2.10	2.00	-	3

Anexo 6: Plano de distribución del módulo de pernocte



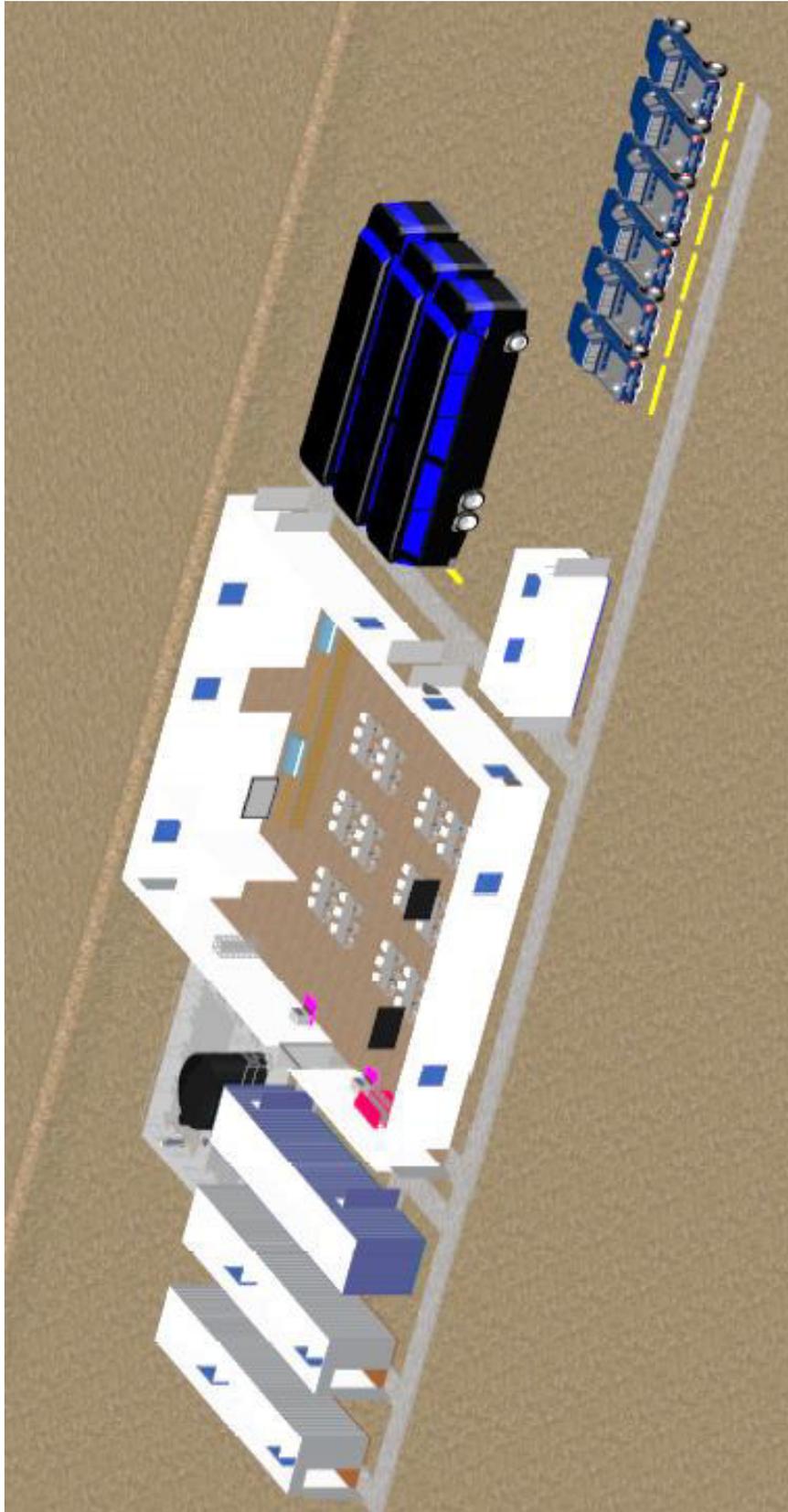
CUADRO DE VANOS				
TIPO	ALTO	ANCHO	ALFEIZ.	CANT.
VENTANA				
V1	1.00	1.50	0.90	2
PUERTA				
P1	2.10	0.90	-	1

Anexo 7: Plano de distribución de la oficina

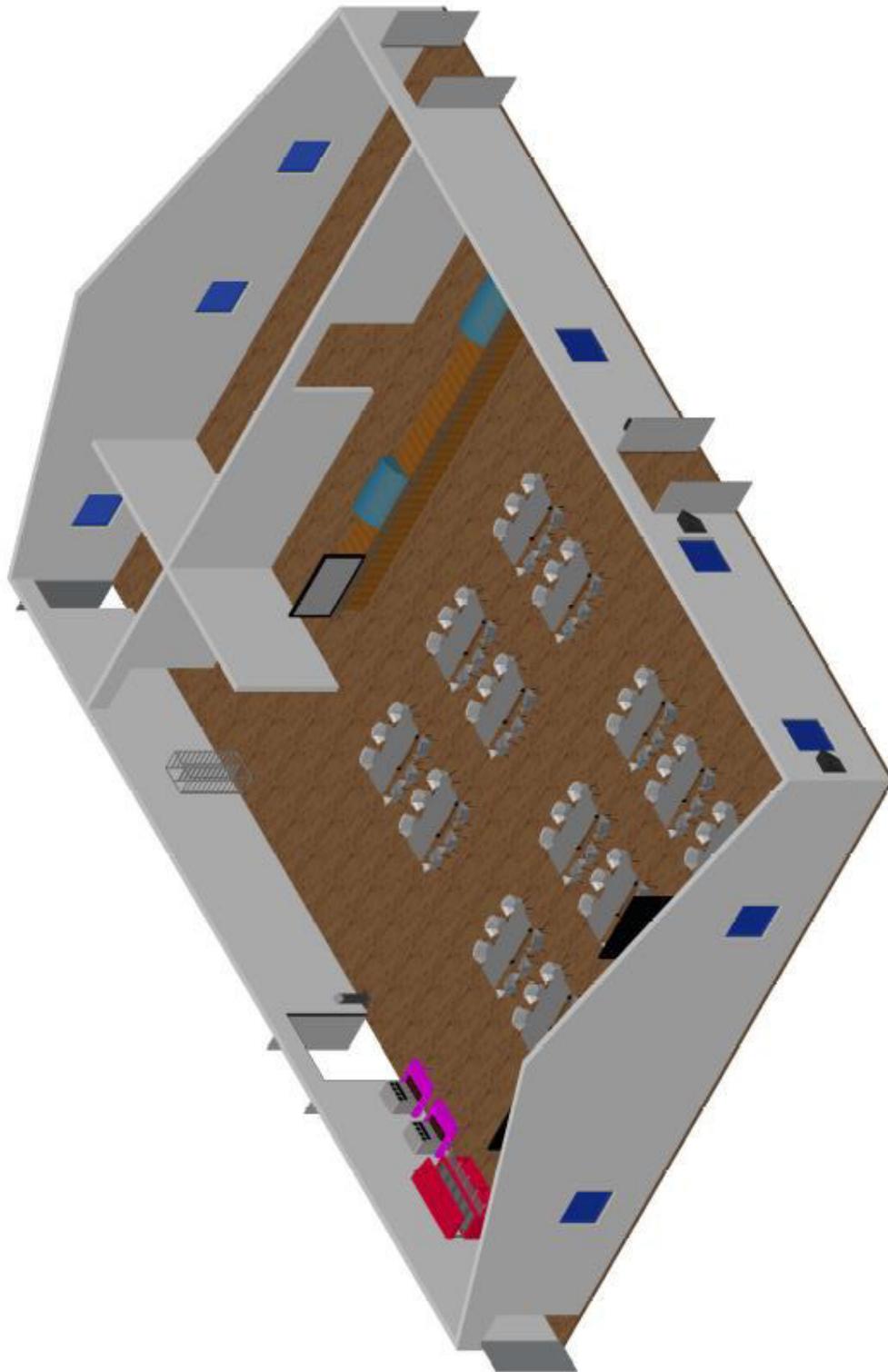


CUADRO DE VANOS				
TIPO	ALTO	ANCHO	ALFEIZ.	CANT.
VENTANA				
V1	1,00	1,50	0,90	2
PUERTA				
P1	2,10	0,90	-	2

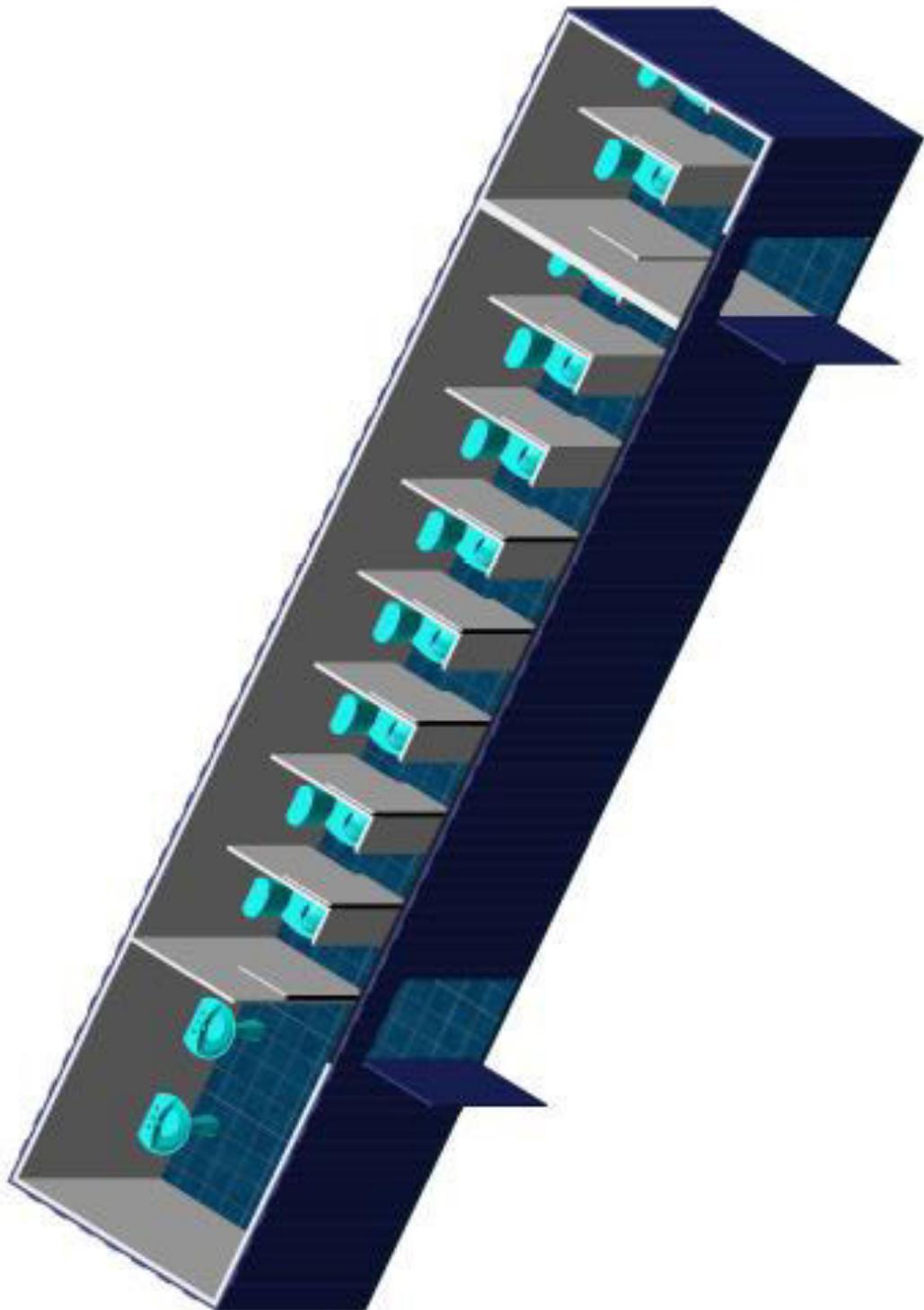
Anexo 8: Vista tridimensional del nuevo módulo de cambio de guardia



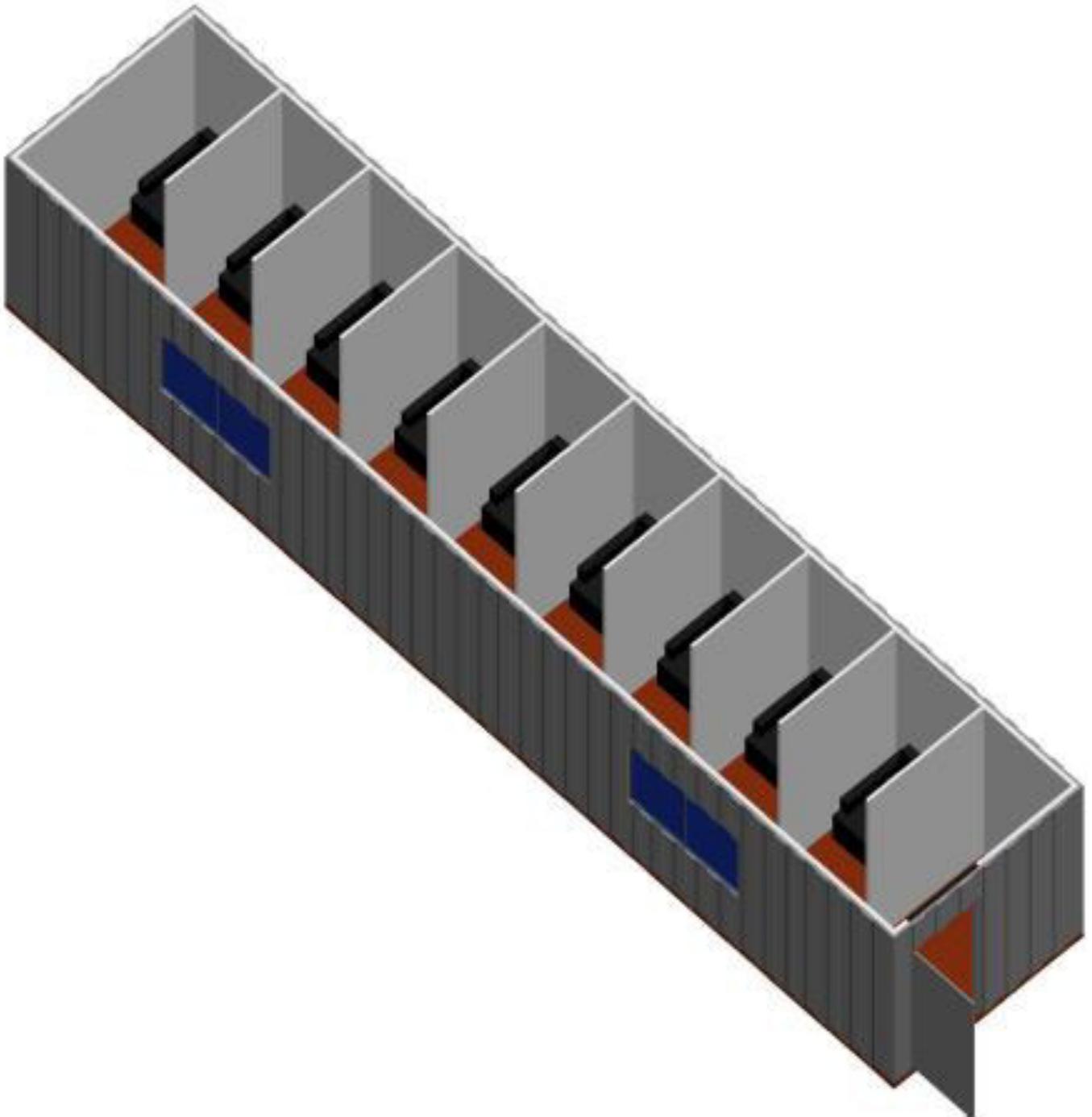
Anexo 9: Vista tridimensional del comedor



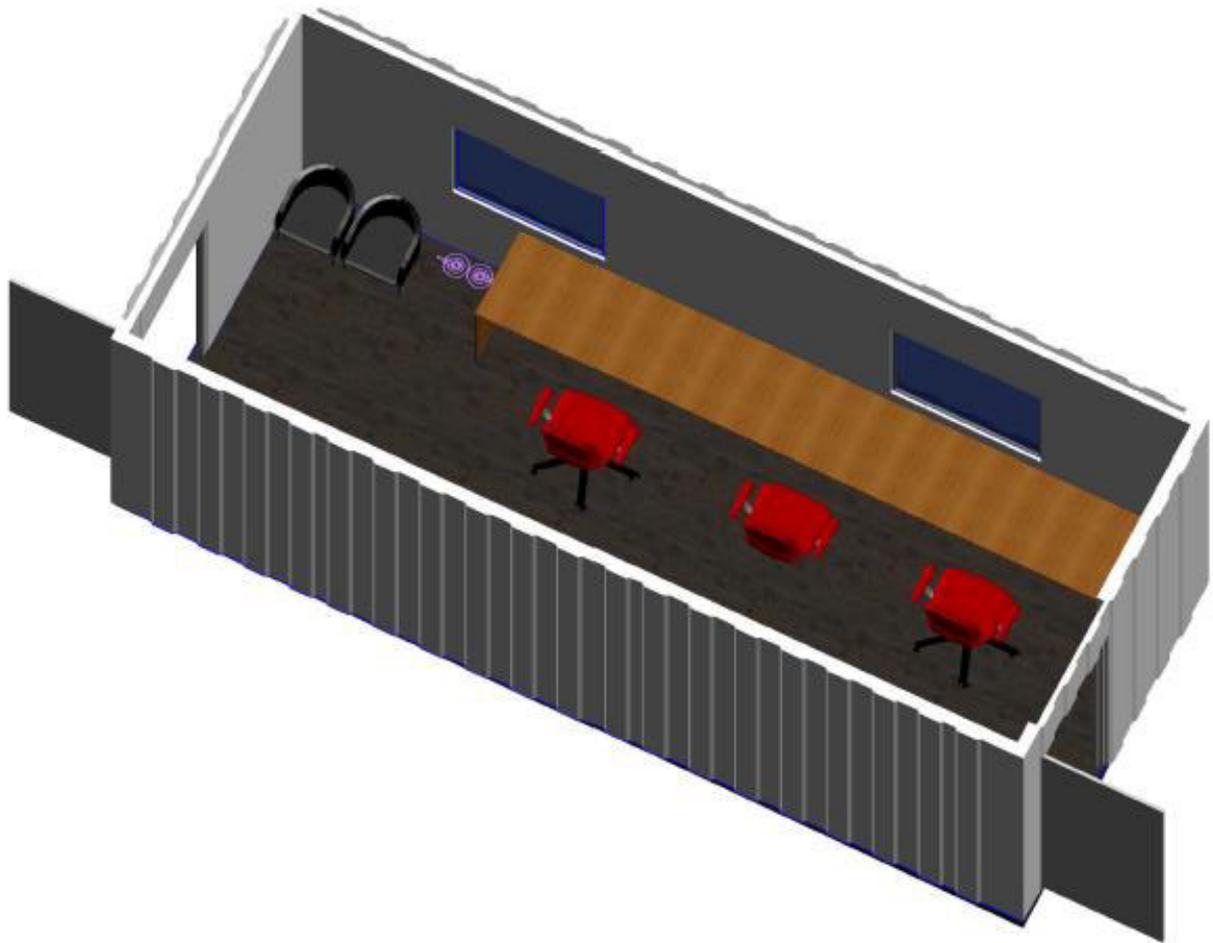
Anexo 10: Vista tridimensional de la batería de baños



Anexo 11: Vista tridimensional del módulo de pernocte



Anexo 12: Vista tridimensional de la oficina



Anexo 13: Vista tridimensional del tanque de almacenamiento de aguas servidas

