UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE LA DIGITALIZACIÓN DEL IPERC CON MINEOPS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA MINA SUPERFICIAL

PRESENTADO POR:

Bach. Alexander David Platero Sosa

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2025

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Folio N° 068

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]

Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:
Resolución de Concejo de Facultad N° 200-2025-CF-FAIN-UNAM

Fecha: 15.10.2025

III. El Jurado ha dictaminado la (el) Tesis, TITULADO:
"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE LA DIGITALIZACIÓN DEL IPERC CON MINEOPS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA MINA SUPERFICIAL"

Bachiller: Alexander David PLATERO SOSA

Asesor Principal: Dr. Christ Jesus BARRIGA PARIA

Co-Asesor : .....

IV. Se dictamina:

Como: Aprobado por unanimidad la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: Dieciseis (16) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 12:00 horas, del 07 de noviembre del año 2025 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente
Dr Arquímedes León VARGAS LUQUE
(Nombres y Apellidos)

Primer Miembro
MSc. Agapito FLORES JUSTO
(Nombres y Apellidos)

Segundo Miembro
Mgr. Juan Elias ROJAS CONDORI
(Nombres y Apellidos)

Bachiller
Alexander David PLATERO SOSA
(Nombres y Apellidos)

DEDICATORIA

A mis padres quienes son los regalos más hermosos que Dios me ha dado y que nunca quisiera que me los quiten.

A estas dos personitas quienes son los testigos del esfuerzo y el gran amor que les tengo.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mis padres como compañeros que gracias a su gran apoyo y tolerancia ha sabido mantenerme de pie para seguir logrando mis metas y disfrutar de mis logros a su lado. Agradezco también al Dr. Christ Barriga Paria, por su guía fundamental en este trabajo. Y a mi alma máter, la Universidad Nacional de Moquegua, por la educación que me formó como profesional.

RESUMEN

La gestión manual del proceso de Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles (IPERC) en la minería superficial constituye un cuello de botella crítico, generando demoras operativas que impactan negativamente la producción, especialmente durante el cambio de guardia. El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto en el desempeño operativo al implementar la digitalización del IPERC mediante el software MineOps. Se buscó cuantificar la reducción de los tiempos de inactividad y el consecuente aumento en la productividad de mineral acarreado en el arranque de guardia. Para ello, se empleó una metodología cuantitativa de nivel explicativo con un diseño cuasi-experimental pretest-postest. Se analizaron los datos de desempeño, específicamente los tiempos y la producción de una flota de 15 volquetes extraídos del sistema MineOps durante los períodos pre-implementación en agosto de 2024 y post-implementación en septiembre de 2024. El análisis estadístico incluyó pruebas de hipótesis como la U de Mann-Whitney y la T de Student, además de una regresión lineal para validar las nuevas medidas de control digitales. Los resultados demostraron que la digitalización del IPERC tuvo un impacto estadísticamente significativo. La "Demora por Cambio de Guardia" se redujo en un promedio de 7.59 minutos por evento, con un valor p inferior a 0.001. Como consecuencia directa, la producción de mineral durante la primera hora de operación se incrementó en un 83%, resultado que también fue altamente significativo con un valor p inferior a 0.001. Finalmente, el análisis de regresión confirmó una fuerte dependencia inversa entre los tiempos muertos y la productividad, con un coeficiente de determinación R^2 superior a 0.82, lo que valida el éxito de la intervención.

Palabras clave: IPERC, desempeño operativo, digitalización, MineOps, medidas de control, reducción de tiempos muertos.

ABSTRACT

The manual management of the Hazard Identification, Risk Assessment, and Control (IPERC) process in surface mining represents a critical bottleneck, creating operational delays that negatively impact production, especially during shift changes. The objective of this research was to evaluate the impact on operational performance by implementing the digitalization of the IPERC process through the MineOps software. The objective was to quantify the reduction in downtime and the resulting increase in the productivity of ore hauled during on-call start-up.To this end, a quantitative, explanatory-level methodology was employed, using a quasi-experimental pretest-posttest design. Performance data, specifically time and production metrics, were analyzed from a fleet of 15 haul trucks. This data was extracted from the MineOps system during the pre-implementation period in August 2024 and the post-implementation period in September 2024. The statistical analysis included hypothesis tests such as the Mann-Whitney U and Student's t-test, as well as a linear regression to validate the new digital control measures. The results demonstrated that the digitalization of the IPERC had a statistically significant impact. The "Shift Change Delay" was reduced by an average of 7.59 minutes per event, with a p-value of less than 0.001. As a direct consequence, mineral production during the first hour of operation increased by 83%, a result that was also highly significant with a p-value of less than 0.001. Finally, the regression analysis confirmed a strong inverse relationship between downtime and productivity, with a coefficient of determination (R^2) greater than 0.82, thereby validating the success of the intervention.

Keywords: IPERC, operational performance, digitalization, MineOps, control measures, downtime reduction.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I **2**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **2**

1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 2

1.2. OBJETIVOS 3

1.2.1. Objetivo general 3

1.2.2. Objetivos específicos 3

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 4

1.4. HIPÓTESIS 4

1.4.1. Hipótesis general 4

1.4.2. Hipótesis especificas 5

1.5. VARIABLES 5

1.5.1. Variable independiente 5

1.5.2. Variable dependiente 5

CAPÍTULO II **7**

MARCO TEÓRICO **7**

2.1. ANTECEDENTES 7

2.1.1. Antecedentes Internacionales 7

2.1.2. Antecedentes Nacionales 12

2.2. BASES TEÓRICAS 21

2.2.1. Transformación digital 21

2.2.2. Seguridad en el trabajo 22

2.2.3. Identificación del Peligro, Evaluación y Control del Riesgo 23

2.2.4. Sistema de Gestión de Flotas (FMS) 27

2.2.5. El Sistema MineOPS 29

2.2.6. Modelo de Utilización de Tiempos: La Norma ASARCO 37

2.2.7. Definición de términos 39

CAPÍTULO III **42**

METODOLOGÍA **42**

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN 42

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN 42
3.3. ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL 43
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA 44
3.5. INSTRUMENTOS 45
3.5.1. Fuente de Datos Cuantitativos: Sistema de Gestión de Flota 45
3.5.2. Herramientas de Diagnóstico: Análisis Documental 45
3.5.3. Herramientas de Procesamiento: Software de Análisis Estadístico .46
3.6. PROCEDIMIENTOS 46
3.6.1. Fase de diagnóstico del sistema manual.....47
3.6.2. Caracterización del proceso digital 49
3.6.3. Recolección y organización de datos 49
3.7. ANÁLISIS DE DATOS 50

CAPÍTULO IV 52

RESULTADOS 52

4.1. DIAGNÓSTICO DE LAS DEMORAS EN EL SISTEMA TRADICIONAL 52
4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE DEMORA POR "CAMBIO DE GUARDIA" . 58
4.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA DIGITALIZACIÓN EN LA PRODUCTIVIDAD 69
4.3.1. Análisis Comparativo de la Producción Total de Mineral 69
4.3.2. Análisis de Correlación entre Tiempos Muertos y Producción (Periodo Pretest) 74
4.3.3. Análisis de Correlación entre Tiempos Muertos y Producción (Periodo Postest) 76
4.4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA DIGITALIZACIÓN EN LA PRODUCTIVIDAD 78

DISCUSIONES 79

CAPÍTULO V 82

CONCLUSIONES 82

CAPÍTULO VI 83

RECOMENDACIONES 83

CAPÍTULO VII 84

REFERENCIAS **84**

ANEXOS **89**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Progreso digital en la minería en contraste con otros sectores industriales. 22
Figura 2 Registro de IPERC continuo..... 24
Figura 3 La valoración del riesgo. 25
Figura 4 Grafica de jerarquía de controles. 26
Figura 5 El diagrama de la clasificación del riesgo. 26
Figura 6 Monitoreo en tiempo real de equipos 28
Figura 7 Arquitectura del sistema Jigsaw. 32
Figura 8 Sistema MINEOPS 33
Figura 9 Ciclo completo de acarreo 34
Figura 10 El Modelo de Optimización. 35
Figura 11 Interfaz Gráfica del Operador de Volquete en el Sistema MineOPS .. 36
Figura 12 Interfaz Gráfica del Operador de Pala en el Sistema MineOPS 37
Figura 13 Distribución de Tiempos para Equipos Mineros 38
Figura 14 Ubicación geopolítica del departamento de la Unidad Minera 43
Figura 15 Diagrama de Pareto previo a la digitalización del IPERC 53
Figura 16 Diagrama de Flujo del Proceso Manual de Gestión del IPERC 55
Figura 17 Diagrama de Flujo del Proceso Optimizado con IPERC Digital..... 57
Figura 18 Distribución de los Estados de los Equipos K930E – Periodo Pretest 59
Figura 19 Distribución de los Estados de los Equipos K930E – Periodo Postest 60
Figura 20 Duración Total Acumulada del Estado "Cambio de Guardia" por Equipo (Minutos) 64
Figura 21 Distribución de la Duración de la Demora por Cambio de Guardia por Periodo (Pretest vs. Postest)..... 68
Figura 22 Comparación de la Producción de Mineral por Equipo en el arranque de guardia. 71
Figura 23 Regresión Lineal entre Tiempos Muertos y Producción (Pretest)..... 75
Figura 24 Regresión Lineal entre Tiempos Muertos y Producción (Postest) 77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 6
Tabla 2 Muestra de equipos de carguío y acarreo 44
Tabla 3 Comparativa de Paradigmas: Gestión Analógica vs. Gestión Digital del IPERC 48
Tabla 4 Duración de estados de los equipos Komatsu 930E en el arranque de guardia 58
Tabla 5 Desglose de la Duración de Estados por Equipo – Período Pretest (Minutos) 61
Tabla 6 Desglose de la Duración de Estados por Equipo – Período Postest (Minutos) 62
Tabla 7 Duración Total Acumulada del Estado “Cambio de Guardia” por Equipo (Minutos) 63
Tabla 8 Duración Promedio del Estado "Cambio de Guardia" por Equipo (minutos) 65
Tabla 9 Estadísticas Descriptivas de la Duración de la Demora por Cambio de Guardia (Minutos) 66
Tabla 10 Prueba de normalidad de duración de cambio de guardia - Periodo pre y postest. 67
Tabla 11 Prueba U de Mann-Whitney para la duración de la demora por Cambio de guardia. 67
Tabla 12 Comparación de la Producción de Mineral y Tiempos Muertos por Equipo en el arranque de guardia (Pretest vs. Postest) 70
Tabla 13 Pruebas de Normalidad para Tiempos Muertos y Producción (Pretest y Postest) 72
Tabla 14 Estadísticas de Grupo para la Producción (Tn) 73
Tabla 15 Resultados de la Prueba T para Muestras Relacionadas (Producción Tn) 73
Tabla 16 Correlación de Pearson Periodo Pretest 74
Tabla 17 Correlación de Pearson Periodo Postest 76
Tabla 18 Análisis Comparativo del Impacto Económico Acumulado en el Arranque de Guardia 78

INTRODUCCIÓN

La eficiencia en las operaciones es crucial para que una gran compañía minera permanezca sostenible y rentable, sobre todo en un entorno tan competitivo. La gestión del tiempo improductivo, que se vuelve crucial durante los cambios de turno, continúa siendo un auténtico desafío en las minas a cielo abierto. Actualmente, cada minuto que se pierde afecta de manera directa la producción. Si bien los protocolos de seguridad, como la identificación de peligros y la evaluación de riesgos y controles (IPERC), son esenciales, realizarlos de forma manual muchas veces genera considerables retrasos en las operaciones.

Esta investigación se enfoca en los impactos de digitalizar este procedimiento ante tal circunstancia. Se analiza de manera específica cómo el desempeño operativo de una mina a cielo abierto fue modificado tras la adopción del software MineOPS para manejar el IPERC. Los resultados muestran una disminución evidente en las tardanzas relacionadas con el cambio de turno, indicando una relación directa entre esta mejora y un incremento significativo en la extracción de mineral.

Por lo tanto, esta investigación proporciona pruebas contundentes de que la adopción de soluciones tecnológicas no solo fortalece los protocolos de seguridad, sino que también resulta en aumentos cuantificables en la productividad. Así, se transforma en un caso de análisis sumamente significativo para la modernización del sector minero.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción y formulación del problema

La minería a gran escala en el sur de Perú enfrenta diversos desafíos enfocados en mejorar la eficiencia y asegurar la seguridad de las operaciones. Estas labores, esenciales para la producción minera, se ven influenciadas por la complejidad de las condiciones geológicas y operativas, así como por la necesidad de gestionar adecuadamente los riesgos inherentes. La herramienta IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles) es fundamental para garantizar la seguridad y reducir los riesgos en el entorno laboral.

Sin embargo, el método clásico de IPERC, que comúnmente se ejecuta de manera manual y con registros en papel, presenta limitaciones notables, como la ausencia de actualización instantánea de la información, posibles fallas humanas y demoras en la aprobación del documento. Estas restricciones impactan directamente la productividad en las primeras horas del cambio de guardia, puesto que los fallos y retrasos en la administración de riesgos pueden provocar interrupciones operativas e incidentes.

La implementación de una plataforma digital centrada en la gestión del IPERC se presenta como una oportunidad clave para mejorar la producción de las operaciones y fortalecer la seguridad. La utilización de herramientas tecnológicas no solo agiliza el proceso de valoración de riesgos, sino que también permite el seguimiento y la mejora de los datos en tiempo real. Este método influye directamente en la productividad, disminuye los tiempos de inactividad y simplifica la definición de prioridades operativas basadas en datos precisos y actuales.

Formulación del problema de investigación

Interrogante general

¿Cómo impacta la digitalización del proceso de IPERC mediante el sistema MineOPS en la productividad y reducción de tiempos muertos durante las primeras horas de producción de una mina de cobre a cielo abierto en el sur del Perú?

Interrogante especificas

- ¿Existe una reducción significativa en la duración de la demora por "Cambio de Guardia" tras la implementación del IPERC digital?
- ¿La reducción de la demora por "Cambio de Guardia" genera un incremento significativo en el tonelaje de mineral acarreado durante el arranque de guardia?
- ¿Cómo se relaciona la variación de los tiempos muertos con la productividad y cómo se ve afectada esta relación por la digitalización del IPERC?

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el impacto de la digitalización del IPERC mediante el sistema MineOps en el mejoramiento de la productividad durante las primeras horas de producción en una mina a cielo abierto.

1.2.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la reducción en la duración de la demora por "Cambio de Guardia" en los periodos pre y post implementación del IPERC digital.
- Evaluar el impacto de la reducción de la demora "Cambio de Guardia" sobre el incremento en el tonelaje de mineral acarreado durante el

arranque de guardia.

- Analizar la relación entre los tiempos muertos y la productividad antes y después de la digitalización.

1.3.Justificación e importancia

La relevancia de esta investigación radica en abordar un problema operativo clave en la industria minera: la mejora del cambio de guardia, un proceso que impacta directamente en la productividad en las primeras horas de la extracción de minerales. A nivel práctico, la gestión tradicional del IPERC, basada en formatos físicos y autorizaciones presenciales, constituye un cuello de botella recurrente que genera demoras significativas. La evaluación de una herramienta digital como el sistema MineOPS ofrece una solución directa a esta ineficiencia, permitiendo un flujo de trabajo más ágil, centralizado y seguro. La reducción de los tiempos muertos, validada en este estudio, representa un incremento de las horas productivas, lo que resulta en un aumento medible de las toneladas de mineral movidas y presenta un sólido caso de negocio para la inversión en tecnologías de digitalización.

Más allá del impacto inmediato, el estudio posee una importante justificación teórica. Aunque los beneficios de la transformación digital son reconocidos, se necesitan casos de estudio que cuantifiquen rigurosamente cómo la digitalización de un proceso de seguridad impacta en la productividad. Esta tesis aporta evidencia empírica y un modelo de análisis estadístico que valida dicha conexión, ofreciendo un modelo replicable que podría beneficiar a otras operaciones mineras en el Perú y Latinoamérica. De esta manera, la investigación contribuye al cuerpo de conocimiento sobre la Minería 4.0, promoviendo un sector más seguro y tecnológicamente avanzado.

1.4.Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La implementación de la digitalización del IPERC mediante el software MineOPS mejoró significativamente la productividad y redujo los tiempos muertos durante el cambio de guardia en una mina de cobre a cielo abierto.

1.4.2. Hipótesis especificas

- La implementación de la digitalización del IPERC reduce significativamente la duración de la demora operativa denominada “Cambio de Guardia”.

- La reducción de la demora “Cambio de Guardia", lograda mediante la digitalización del IPERC, genera un incremento significativo en el tonelaje de mineral acarreado.

- Se postula que la duración de los tiempos muertos y la productividad de la flota presentan una correlación negativa y estadísticamente significativa.

1.5.Variables

1.5.1. Variable independiente

Digitalización del IPERC mediante el software MineOPS.

1.5.2. Variable dependiente

Mejoramiento de la productividad en el cambio de guardia.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Herramientas
Independiente: Digitalización del IPERC mediante el software MineOPS.	Uso de tecnología digital para disminuir tiempos muertos en el cambio de guardia.	Estado del IPERC (Manual vs. Digital). Gestión del tiempo operativo y no operativo.	Tiempo total de inactividad (minutos) Duración promedio de "Cambio de guardia" (minutos)	Registros de tiempos del Software MineOPS. Análisis estadístico.
Dependiente: Mejoramiento de la productividad en el cambio de guardia	Incremento de la productividad en el cambio de guardia mediante reducción de tiempos muertos y mejora de procesos.	Producción efectiva por hora. Tiempos muertos operativos. Reducción de retrasos en procesos clave.	Producción por hora (tn/h). Reducción porcentual de tiempos muertos (%). Porcentaje de incremento en la producción post implementación (%).	Bases de datos de producción. Análisis estadístico. Indicadores de gestión (KPIs).

Nota. *Elaboración propia.*

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Sepúlveda (2021), en su tesis titulada "Transformación digital para mejor procesos de seguridad y productividad en la minería", se propuso desarrollar y evaluar una forma innovadora de gestionar los requerimientos de seguridad para aumentar la productividad, mediante el soporte de una tecnología digital. Su enfoque metodológico fue un caso de estudio con análisis cuantitativo, donde midió los tiempos de 100 actividades de trabajo en la planta Área Seca de la minera Centinela, contrastando el proceso manual con el nuevo sistema digitalizado. El hallazgo clave del estudio fue que se logró una reducción del 81% en los tiempos muertos, lo que se tradujo en un aumento del 2.8% en el procesamiento anual de mineral. El autor concluyó que la digitalización de los protocolos de seguridad es una solución efectiva para robustecer los controles y reducir significativamente las mermas de productividad. Este antecedente es relevante para mi investigación porque aplica una herramienta digital similar para optimizar procesos mineros, validando el uso de la tecnología como solución directa a ineficiencias operativas en la industria.

Asanza (2013), en su tesis titulada "Elaboración de la Matriz de Riesgos Laborales en la Empresa Proyecplast Cía. Ltda.", buscó identificar y valorar los peligros en los distintos puestos de trabajo de la empresa. Para lograrlo, el autor realizó una investigación de campo de tipo descriptiva, analizando a la totalidad de los 19 trabajadores y sus 21 puestos de trabajo a través de la Matriz de Riesgos Laborales, observación directa y entrevistas. El estudio demostró la existencia de riesgos de nivel alto en las categorías de riesgos mecánicos (trabajo en alturas) y ergonómicos (posiciones forzadas), además de múltiples riesgos de nivel medio. En conclusión, el trabajo afirma que la aplicación sistemática de la Matriz de Riesgos permitió diseñar medidas de control efectivas para minimizar los daños a los trabajadores. Este antecedente es relevante para mi investigación porque corrobora la problemática de los riesgos laborales no identificados en

entornos industriales y demuestra la necesidad de aplicar una metodología sistemática para diagnosticar las condiciones de seguridad.

Barrios (2020). En su investigación titulada “Carguío dinámico para la optimización de la utilización efectiva de camiones de minería a cielo abierto a escala de laboratorio” sostiene que la simple ocurrencia de un derrame por cada ciclo en una flota completa de 10 camiones reduce la utilización efectiva de la flota, que es del 78,4% en un escenario sin derrames, a un rango de aproximadamente entre el 70,5% y el 67%. Este rango depende de la distancia del derrame respecto a los equipos de apoyo, los cuales están situados en la zona de extracción para este análisis. Si se presentan 2 derrames por ciclo, la utilización efectiva disminuye aún más, situándose entre el 67% y el 64,32%. Además, las pérdidas operativas y el tiempo de ciclo de transporte también sufren un impacto significativo, aumentando de 35,7 minutos en el escenario sin derrames a aproximadamente 43,6 minutos en el caso de 2 derrames a 3400 metros de la zona de explotación. Asimismo, la utilización de la pala se ve afectada por el incremento en el tiempo de ciclo de los camiones, pasando de un 73% en el caso sin derrames (35,7 minutos de ciclo) a un 60% en el caso de 2 derrames a 3400 metros (43,6 minutos de ciclo).

En su investigación titulada "Impacto de la transformación digital en la minería subterránea peruana", Condori (2023) tuvo como objetivo estudiar cómo la transformación digital afecta la productividad en la minería subterránea, utilizando un caso de estudio en la empresa minera NEXA. A través de una metodología descriptiva y un diseño no experimental, se analizaron los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) antes y después (período 2021-2022) de implementar la plataforma POWER BI para el monitoreo de la producción en tiempo real, reemplazando los reportes manuales en Excel. Los resultados cuantitativos demostraron que, tras la digitalización, la extracción mensual de mineral se incrementó de 573,000 a 636,000 toneladas, mientras que el costo operativo se redujo de 20.1 US$/Ton a 19.2 US$/Ton. El autor concluyó que la transformación digital representa una herramienta efectiva para controlar y aumentar la producción, mejorando la toma de decisiones y la eficiencia operativa. Este antecedente es relevante para la presente investigación porque

corrobora la hipótesis de que la digitalización de procesos impacta positivamente en la productividad minera. Aunque se enfoca en un entorno subterráneo y en el monitoreo de KPIs, sus conclusiones refuerzan el argumento de que superar los sistemas manuales y fragmentados genera beneficios medibles, lo cual es directamente aplicable al análisis de la digitalización del IPERC en una mina superficial.

Montenegro (2018) En su investigación titulada “Propuesta del sistema integral de seguridad y prevención de riesgos laborales para la empresa Dismafot”, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito – Ecuador; tiene como propósito estudiar los riesgos que existen en las labores de las actividades diarias en la empresa, catalogar los riesgos teniendo en cuenta los factores de riesgos (FR), exponer un plan de seguridad en el trabajo y calcular el impacto social y económico que puede tener la implementación del plan. La recolección de datos necesaria para el estudio se lleva a cabo mediante diversas técnicas, tales como la revisión de documentos (tanto físicos como digitales), el registro directo (en el lugar), la elaboración de diagramas de todos los procesos, la realización de entrevistas y la opinión de expertos en el área. Asimismo, se utilizan herramientas para la recopilación de información como diagramas de flujo de procesos, matrices IPERC, fichas hemerográficas, cuestionarios y formularios de registro. La investigación concluirá con la implementación adecuada del plan de Seguridad y Salud Ocupacional (SSO), que permitirá reducir los riesgos en las actividades en un 58% y, a su vez, disminuir la accidentalidad en las labores de la empresa hasta en un 70%. Además, el plan propuesto contribuirá a mejorar la eficacia de la gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) de la compañía, proporcionando una cierta estabilidad a mediano plazo.

Yarmuch (2012), en su tesis titulada "Simulación del Sistema de Carguío y Transporte Mina Chuquicamata", tuvo como objetivo modelar y simular el sistema de carguío, transporte y chancado de la mina Chuquicamata para evaluar distintas configuraciones de sus chancadores primarios. Por lo que empleó una metodología de simulación dinámica de eventos discretos y un modelo analítico de cadenas de Markov. Sus resultados más importantes revelaron que si los

camiones no pueden bajar cargados, no se recomienda el traslado del chancador a una posición interior, y si pudieran bajar cargados, el beneficio económico del traslado sigue siendo marginal y no justifica el proyecto en el escenario de precios del cobre previsto. La conclusión principal de su trabajo fue que tanto el modelo de simulación como el de cadenas de Markov reafirman la decisión de no trasladar un chancador de superficie al interior del rajo, ya que la mejora en la productividad no compensa los costos y riesgos asociados. Este antecedente es relevante para mi investigación porque aplica una herramienta digital similar (simulación de eventos discretos) para analizar la productividad de un sistema minero. Su enfoque en modelar variables como congestión, confiabilidad y tiempos de ciclo sirve como un referente metodológico para evaluar el impacto de cambios operativos en la producción.

González (2017), en su memoria titulada "Selección y Asignación Óptima de Equipos de Carguío para el Cumplimiento de un Plan de Producción en Minería a Cielo Abierto", se centró en crear una metodología para desarrollar un plan de asignación de equipos de carguío que permita cumplir un plan de producción, minimizando los costos de inversión y operación. Para ello, empleó una metodología de optimización matemática (programación lineal) donde analizó un año de producción de un modelo de bloques de un proyecto minero real, considerando equipos de una flota actual y la opción de comprar equipos nuevos. Sus resultados más importantes revelaron que los costos obtenidos por la asignación óptima del modelo matemático fueron consistentemente inferiores a los resultantes de una asignación manual, logrando una reducción de costos de entre un 14% y un 42% dependiendo de los equipos considerados. La conclusión principal de su trabajo fue que la metodología desarrollada permite obtener una asignación de equipos y una secuencia minera que cumple con las restricciones operacionales y genera un plan de producción más ajustado a la realidad que los métodos tradicionales.

Feng (2024), en su investigación titulada "Digitalización de Procesos en Empresa AVA Montajes: Seguridad en Operaciones", buscó optimizar el proceso de seguridad durante las operaciones en faena, mejorando la eficiencia y seguridad en la gestión de formularios mediante la digitalización. Por lo que

empleó una metodología de desarrollo de software, creando una aplicación web y una aplicación móvil, donde analizó los formularios de seguridad en papel de la empresa y los requerimientos de operación en terreno, como la falta de conexión a internet. Sus resultados más importantes revelaron que la solución digital fue bien recibida por los usuarios, obteniendo una puntuación de usabilidad (SUS) de 88.75 para la aplicación web y de 92.45 para la aplicación móvil, indicando que son intuitivas y fáciles de usar. La conclusión principal de su trabajo fue que la digitalización de formularios no solo resuelve el problema de pérdida y daño de los documentos en papel, sino que también añade valor significativo al proceso al mejorar la legibilidad, la seguridad de los datos y facilitar la recopilación de información para análisis estadísticos. Este antecedente es relevante para mi investigación porque valida la problemática de las ineficiencias manuales, demostrando cómo la gestión de formularios en papel genera retrasos, riesgo de pérdida de información y dificultades para el análisis de datos, justificando así la necesidad de una solución digital.

Contreras y Ulloa (2022), en su tesis “Análisis de Adopción de Nuevas Tecnologías para el Aumento de la Competitividad en la Extracción de Carbón en el Municipio de Socha – Boyacá”, abordaron la adopción de nuevas tecnologías como una solución planeada en relación al encuentro de empresas extractoras de carbón en este municipio. Se tiene de la investigación se basó en un enfoque mixto, con una metodología descriptiva y exploratoria, que permitió caracterizar las empresas y evaluar su capacidad para adoptar tecnologías avanzadas. El estudio identificó que, a pesar de la alta producción de carbón en el pueblo, la todas las empresas operaban con métodos rudimentarios que limitaban su competitividad frente a otras zonas mineras del país. Con un diseño metodológico de cuatro fases, los autores propusieron un plan de incorporación de actuales tecnologías, incluyendo la automatización y la digitalización de los procesos de extracción, para optimizar la productividad y reducir los costos operacionales. La investigación también incluyó un análisis de vigilancia tecnológica, que permitió identificar las tecnologías más relevantes para el sector minero, como el uso de maquinaria más eficiente, sistemas de monitoreo digital y mejoras en los procesos de explotación sostenible. Este trabajo resalta la necesidad de modernizar las prácticas mineras en Socha para obtener recursos y

mejorar la posición competitiva de las empresas en el mercado nacional e internacional.

Teichelmann (2018), en su tesis titulada “Propuesta de Optimización en la Gestión de Proyectos de Tecnología para Procesos Productivos de la Minería”, se centra en la evolución de los proyectos tecnológicos dentro de la minería, especialmente en empresas como BHP, que han migrado de proyectos con altas inversiones en infraestructura a proyectos con mayores componentes tecnológicos. La investigación aborda la necesidad de incorporar nuevas tecnologías en la minería para mejorar la eficiencia y reducir costos, en un contexto donde los yacimientos están alcanzando menores leyes de mineral. Teichelmann Gutiérrez propone proyectos tecnológicos, contrastando las metodologías tradicionales como la de cascada con las metodologías ágiles y híbridas. La investigación demuestra cómo la adopción de metodologías ágiles permite una mejor adaptación a los cambios durante el desarrollo de proyectos, optimizando los tiempos y costos. A través de una matriz de selección de metodologías, el autor sugiere cómo elegir la metodología más adecuada en función de la complejidad y el impacto del proyecto en el negocio, asegurando una mejor integración de la tecnología y un mayor valor en los resultados. Este enfoque es clave para asegurar la sostenibilidad y competitividad de las operaciones mineras frente a los desafíos actuales del mercado.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Layme (2022), en su tesis titulada "Optimización de las herramientas de seguridad para la prevención de los incidentes usando un dashboard en una empresa minera", tuvo como finalidad optimizar las herramientas de seguridad para prevenir incidentes mediante un dashboard en una empresa minera. Para ello, empleó una metodología de tipo aplicada, nivel explicativo y enfoque cuantitativo, donde analizó los reportes de seguridad de la empresa minera, específicamente las herramientas de Observación Planeada de Tarea (OPT), Reporte de Actos y Condiciones Subestándares (RACS), e Inspección Planeada de Seguridad (INSP). Sus resultados más importantes revelaron que la implementación del dashboard permitió reducir el índice de frecuencia de incidentes en un 83.33%, el índice de severidad en un 87.88% y el índice de

accidentabilidad en un 97.47%. La conclusión principal de su trabajo fue que la optimización de las herramientas de seguridad a través de un dashboard influye positivamente en la prevención de incidentes, logrando una reducción significativa en los indicadores de seguridad de la empresa minera. Este antecedente es relevante para mi investigación porque aplica una herramienta digital similar, ya que utiliza un dashboard para procesar, visualizar y analizar datos de seguridad, lo cual valida el uso de herramientas tecnológicas para mejorar la gestión y la toma de decisiones en procesos operativos.

La investigación de Bruno (2024), titulada "Propuesta del uso de herramientas de gestión digital para el análisis de riesgo en trabajos de parada de planta de la gran minería del cobre", se enfocó en proponer herramientas digitales para optimizar el proceso de Análisis de Riesgos del Trabajo (ART) durante las paradas de planta. Su estudio se basó en una investigación aplicada con enfoque cualitativo, donde examinó el proceso manual de confección del ART en una empresa colaboradora de la minera Spence a través de entrevistas y observación directa. La investigación reveló que el proceso manual generaba ineficiencias significativas, incluyendo tiempos de espera de hasta 2 horas y una falta de trazabilidad de la información. Finalmente, el autor concluyó que la digitalización del ART mediante una solución móvil y web optimizaría la gestión, reduciría tiempos improductivos y mejoraría la toma de decisiones. Este antecedente es relevante para mi investigación porque valida la problemática de las ineficiencias manuales, detallando cómo un proceso basado en papel genera retrasos importantes y justifica la necesidad de una solución tecnológica.

El trabajo de Apaza (2022), titulado "Implementación de un sistema de seguridad para la optimización de controles de producción de la empresa E&M", se enfocó en implementar un sistema de seguridad basado en la norma ISO 45001 para optimizar los controles de producción en la línea de media tensión. Su investigación se desarrolló bajo una metodología de tipo descriptiva-explicativa con diseño preexperimental, donde analizó los indicadores de seguridad y producción de la empresa E&M S.A.C. antes y después de la implementación del sistema de gestión. Entre sus hallazgos clave, el estudio demostró una reducción del 75% en el índice de accidentabilidad y un

incremento del 17% en la productividad de la mano de obra. Finalmente, la tesis concluye que la implementación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo optimizó significativamente los controles de producción. Este antecedente es relevante para mi investigación porque valida la problemática de las ineficiencias, al demostrar que la falta de un sistema de seguridad estandarizado no solo aumenta los accidentes, sino que también impacta negativamente en la productividad, justificando la implementación de sistemas de gestión para mejorar ambos aspectos.

Chura (2018) en su investigación “Reducción de demoras operativas por cambio de turno con la implementación de módulo de cambio de guardia en la unidad minera Cuajone”, aborda el problema crítico de las pérdidas de productividad relacionadas con el cambio de turno o "Cambio de Guardia". Este proceso, tradicionalmente realizado de forma manual, causaba paradas prolongadas de equipos y operadores, afectando la eficiencia de la operación. Del proyecto de incorpora el módulo de cambio de guardia integrado al sistema MineOPS, con el objetivo de sistematizar y agilizar este proceso, reduciendo los tiempos improductivos y aumentando la productividad, especialmente en la primera hora de cada turno. A través de la implementación de este módulo, que también incluye la visualización de la asignación de equipos en pantallas, se logró mejorar la eficiencia de la asignación de operadores a equipos, reduciendo en un 22% las demoras operativas y aumentando la producción diaria de la mina. Este trabajo muestra cómo la optimización de procesos mediante la tecnología no solo mejora los tiempos de inicio de las operaciones, sino que también contribuye a la seguridad operativa al permitir un cambio de guardia más organizado y eficiente.

Aliaga (2024) En su tesis “Incidencia de la reestructuración del IPERC línea base en la mejora del sistema de gestión SSOMA de la empresa Copperfield Perú SAC” concluye que la reestructuración del IPERC Línea Base dentro del SGSST se consolida como una herramienta efectiva para disminuir la tasa de accidentabilidad en las áreas operativas de la empresa COPPERFIELD PERU SAC. Este enfoque ha permitido mejorar el desempeño y como fortalecer el implemento en la respuesta dada de los trabajadores al observar peligros, es tener

que evaluar los riesgos potenciales, implementar los controles necesarios y reestructurar el lineamiento VIII sobre Revisión por la Dirección. Esto ha generado un impacto positivo, incrementando los resultados del 4% al 71%, gracias al compromiso del área gerencial en supervisar actividades de alto riesgo. La siguiente etapa, correspondiente al lineamiento IV sobre Implementación y Operación, mostró una mejora del 45% al 60%, evidenciando una respuesta favorable en las operaciones y un índice positivo en el sistema de SSOMA. A través de la revisión de la política de SSO, la planificación de objetivos, los planos para emergencias, la matriz IPERC, los procedimientos, programas, capacitaciones, simulacros y el seguimiento de indicadores, se logró un avance significativo en el compromiso y participación de los colaboradores. El impacto de la reestructuración del IPERC Línea Base se refleja en la mejora de los resultados, pasando del 29% al 61%. Se destaca un avance del 32% en el cumplimiento del lineamiento de compromiso e involucramiento, un progreso del 61% en la implementación de la política de SST, un 44% en el lineamiento de verificación y un 71% en el lineamiento de Revisión por la Dirección. Este último refleja el liderazgo y compromiso del Gerente General, que ha sido clave para reducir accidentes, evitar sanciones administrativas y facilitar auditorías con resultados favorables.

En su investigación titulada "Aplicación del sistema de gestión de riesgos para reducir los accidentes de trabajo en las contratistas de una unidad minera de Cusco", Olartegui (2021) se propuso determinar el impacto de un sistema de gestión de riesgos en la reducción de accidentes laborales en las empresas contratistas de la Unidad Minera Constancia. Dicha investigación se apoyó en una metodología de tipo aplicada con un diseño cuasi experimental, donde se analizaron los datos de accidentabilidad de 11 empresas contratistas durante dos semestres: uno antes y otro después de la implementación de herramientas de control como IPERC, PETAR y OPT. Los hallazgos cuantitativos del estudio fueron significativos, demostrando una reducción del Índice de Frecuencia en un 68.75% (de 2.56 a 0.8), una disminución del Índice de Severidad en un 83.13% (de 166 a 28) y una drástica caída del Índice de Accidentabilidad en un 94.70% (de 0.43 a 0.02). Por lo tanto, el autor concluyó que la aplicación sistemática de un sistema de gestión de riesgos influye de manera directa y positiva en la

disminución de los índices de siniestralidad.

López (2016), en su tesis “Optimización de la Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional a través de la Implementación del IPERC en la Concesión Minera Yolanda Isabel – Yauli La Oroya”, se analizó la aplicación del sistema de Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos (IPERC) en una operación minera de sílice ubicada en el distrito de Huayhuay, La Oroya, Perú. El estudio buscó optimizar la administración de la seguridad y salud laboral a través de la detección de peligros y riesgos existentes en el entorno laboral, con un enfoque en su control efectivo. El diseño de investigación incluyó métodos descriptivos y explicativos, con un enfoque mixto para recolectar datos de una población conformada por 27 trabajadores. Se identificaron riesgos físicos (ruido, vibraciones, radiación solar), químicos (polvos, gases), ergonómicos (posturas laborales) y psicosociales (capacitación). Los resultados indicaron que la aplicación del IPERC contribuye de manera notable a la mejora en la gestión de la seguridad y el cumplimiento normativo, reduciendo accidentes y enfermedades ocupacionales, y optimizando así las condiciones de trabajo en una actividad minera no metálica.

Salas (2021), en su tesis titulada "Transformación digital para mejorar la captura y procesamiento de información de las herramientas preventivas de seguridad en la gerencia de mantenimiento mina en sociedad minera Cerro Verde", tuvo como objetivo proponer una implementación digital para optimizar la gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) al analizar el ineficiente proceso manual de recolección de datos que generaba informes desactualizados. Para demostrar la viabilidad de su propuesta, el estudio realizó una proyección financiera que resultó en un Valor Actual Neto (VAN) de $12,839,129.01, confirmando que la inversión en digitalización sería rentable. La conclusión principal fue que la implementación de herramientas digitales mejora los procedimientos de gestión al automatizar la transferencia de información y agilizar el procesamiento de datos, lo que minimiza errores y permite a la gerencia tomar decisiones de manera oportuna.

El estudio de Cruz y Oré (2020), titulado "Implementación de la herramienta digital 'Dashboard' en el control de las operaciones de producción y

desarrollo en la Empresa Contratista Minera Miro Vidal y CÍA. S.A.C - Mina Animón", buscó determinar la factibilidad de implementar un panel de control digital para optimizar el manejo de información y la toma de decisiones. Para lograrlo, los investigadores aplicaron una metodología de tipo experimental, donde se compararon los indicadores operativos antes (abril) y después (mayo) de la introducción del Dashboard, utilizando la base de datos en Excel de la empresa. Entre sus hallazgos más destacados, se demostró una notable mejora cuantitativa: en las labores de producción, las horas improductivas se redujeron en 312 horas (de 1,454 h a 1,142 h), mientras que en las labores de desarrollo la disminución fue de 75 horas (de 821 h a 746 h) en solo un mes. Se llegó a la conclusión de que la herramienta digital fue viable y ayudó eficazmente en la toma de decisiones a corto plazo, permitiendo mantener el enfoque en el cumplimiento de los objetivos. La importancia de este trabajo para mi investigación es que, valida la problemática del manejo de datos manuales, sus resultados sirven como un valioso punto de comparación y, además, certifica la aplicación exitosa de una herramienta digital similar para el control de operaciones.

La tesis de Agreda (2018), titulada "Optimización del Carguío y Acarreo Aplicando el Sistema ControlSense en la Mina Constancia, Cusco, 2018", centró su estudio en la aplicación del software de monitoreo en tiempo real ControlSense para mejorar la eficiencia del ciclo de producción, que hasta ese momento se gestionaba con un sistema de despacho básico. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y experimental, analizando los datos operativos que el propio sistema ControlSense recopiló de la flota de palas y camiones para determinar sus rendimientos. Entre los hallazgos más destacados, se evidenció una mejora del 2.7% en la utilización (Usage) de las palas Hitachi. Además, se establecieron las productividades promedio de los equipos bajo este sistema, alcanzando 3,751 ton/hora para las palas, 2,013 ton/hora para el cargador frontal y 584 ton/hora para los camiones. Los autores determinaron que la implementación del software fue exitosa, logrando optimizar la operación y estableciendo tiempos de ciclo promedio de 3.47 minutos para el carguío y 19.91 minutos para el acarreo. La importancia de este trabajo radica en que valida el uso de un sistema de monitoreo avanzado para minimizar tiempos muertos, sus

resultados sirven como un valioso punto de comparación y detalla la aplicación de una herramienta digital similar para la gestión de flotas mineras.

En la tesis "Optimización de Carguío y Transporte en tiempo real mediante el Software Jmineops en Minería Superficial – Caso de Estudio", Chuctaya y Larota (2020) se propusieron optimizar las operaciones de una mina a tajo abierto mediante la implementación del software Jmineops. La investigación, de tipo aplicada y diseño experimental, consistió en un análisis comparativo de los datos operativos históricos desde 2014 hasta 2018 para establecer los parámetros óptimos y luego evaluar el impacto del sistema. Los hallazgos cuantitativos demostraron que, tras una inversión de US$ 180,144 en soporte para el sistema, se logró un ahorro anual proyectado de US$ 11,281,944. Esto fue el resultado de reducir los tiempos de espera de los equipos, logrando disminuir el Queue% (camiones esperando en la pala) de un promedio de 1.13% a 0.74%, manteniéndose por debajo del objetivo del 3%. Los autores concluyeron que la implementación del software Jmineops, al permitir una gestión dinámica de la flota, fue efectiva para optimizar el ciclo de carguío y transporte, apuntando a cumplir una meta de producción de 525,000 toneladas por día. La relevancia de este estudio se basa en que, valida la problemática de los tiempos de espera, sus resultados ofrecen un punto de comparación económica y de rendimiento, y detalla la aplicación de una herramienta digital similar para la optimización de flotas.

En su tesis titulada “Propuesta de mejora de sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional a través de la digitalización en el sistema IDS de Latam, en Minera Las Bambas S.A. - Apurimac", Chancuaña (2023) se planteó como objetivo proponer una alternativa para optimizar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SGSSO), identificando las brechas de las herramientas existentes (Sap y Power BI). La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de nivel descriptivo-correlacional, donde se analizó el sistema de gestión existente, que utilizaba Sap para la base de datos y Power BI para los tableros de control, herramientas que trabajaban de forma independiente y con alcance limitado. Entre sus resultados más importantes se demostró que la digitalización en la nueva plataforma IDS Latam permitió la integración del

100% de los socios estratégicos al sistema de gestión y la eliminación del uso de Power BI, lo que representó una reducción de costos promedio de $8,500 USD mensuales. El autor concluyó que la nueva herramienta mejoró la gestión de seguridad al ser más versátil, permitir el control y seguimiento en tiempo real desde cualquier dispositivo (PC, iOS o Android) y ser capaz de almacenar la base de datos y generar dashboards automáticamente en una sola plataforma. Este antecedente es relevante porque valida la problemática de usar sistemas digitales no integrados, ofrece un punto de comparación en términos de costos y alcance, y demuestra cómo una plataforma unificada puede optimizar la gestión de seguridad.

En su tesis “Importancia de la Implementación de Digital Twin en las Operaciones Mineras para el Desarrollo Sostenible en la Cuarta Revolución Industrial – Minería 4.0”, Sánchez y Rodas (2023) buscaron determinar la relevancia de implementar "digital twins" (gemelos digitales) para fomentar un desarrollo sostenible en el marco de la Minería 4.0. A través de una metodología cualitativa de tipo aplicada, los autores realizaron una revisión documental de casos de estudio y publicaciones especializadas para identificar los requerimientos, beneficios e influencia de esta tecnología. Los resultados indican que la implementación de gemelos digitales, que funcionan mediante la integración de datos del mundo físico y modelos virtuales a través de tecnologías como IoT, IA y Big Data, trae beneficios significativos como la supervisión automatizada, el mantenimiento predictivo y la optimización de procesos. Estudios de caso demostraron que las empresas mineras pueden obtener aumentos de mineral procesado de entre 5-10% y mejoras en la recuperación de entre 2-5%. La conclusión principal es que la implementación de "digital twins" es de gran importancia, ya que facilita nuevos procedimientos de avance y efectividad, e influye positivamente en el desarrollo sostenible al abordar más del 50% de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este antecedente es relevante porque no solo analiza el impacto de esta tecnología en la eficiencia operativa, sino que también establece su contribución a una minería más sostenible en la era de la industria 4.0.

Morales (2024), en su tesis de magíster titulada "Optimización de la productividad en minería a través de la transformación digital: un análisis de nuevos modelos de trabajo, regulación, y estandarización para la adopción exitosa de tecnología", tuvo como objetivo principal diseñar una metodología estandarizada para la implementación exitosa de proyectos de digitalización en la minería. Para ello, empleó una metodología cualitativa basada en una extensa revisión del estado del arte, analizando casos de éxito y fracaso en la industria, nuevos modelos de trabajo y los marcos regulatorios para tecnologías como la Inteligencia Artificial. Entre sus hallazgos más importantes, el estudio identifica una brecha significativa entre la estrategia y la ejecución digital en la minería, señalando que los fracasos de estos proyectos se deben comúnmente a la falta de soluciones personalizadas, el uso de metodologías de gestión rígidas y una inadecuada gestión del cambio con los usuarios finales. La conclusión principal de su trabajo es que la adopción exitosa de tecnología no es un problema puramente técnico, sino que requiere un enfoque holístico, proponiendo un modelo de cinco pasos que abarca desde el diagnóstico del problema hasta la mejora continua. Este antecedente es de alta relevancia, ya que proporciona un marco teórico robusto que valida la problemática de mi investigación y sus conclusiones sobre los factores de éxito se alinean con los resultados positivos obtenidos en mi propio caso de estudio.

En la tesis de Andía y Gordillo (2021), titulada “Implementación de una Herramienta Tecnológica en el Proceso de Carguío de Rocas Fragmentadas de una Operación Minera”, se analiza para optimizar el proceso de carguío de rocas en operaciones mineras. El estudio se enfoca en la aplicación de tecnologías para mejorar la eficiencia y productividad en una de las fases clave de la operación minera, que es el carguío de materiales fragmentados. El estudio resalta la relevancia de la digitalización y la automatización en las operaciones mineras, ya que contribuyen a disminuir los tiempos de espera, mejorar la trazabilidad y reducir los errores humanos. La adopción de tecnologías, como sistemas de monitoreo en tiempo real y la optimización de la gestión de equipos de carguío, ha resultado en una mejora en la eficiencia operativa, lo que ha facilitado un incremento en la capacidad de producción y una disminución de los costos asociados. Este trabajo resalta cómo la integración de la tecnología en procesos

tradicionales puede generar un valor significativo en términos de eficiencia operativa y competitividad en la minería, haciendo frente a los desafíos de la industria.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Transformación digital

La transformación digital es el proceso de integrar tecnologías digitales en todas las áreas de una organización, lo que resulta en cambios fundamentales en cómo opera y entrega valor. Este enfoque permite a las empresas adaptarse a mercados dinámicos, escalar sus operaciones y mejorar la calidad del servicio ofrecido a sus clientes. (Boston Consulting Group, 2020)

La adopción de nuevas tecnologías es un imperativo estratégico para las organizaciones que buscan evitar la obsolescencia y optimizar sus operaciones. Este proceso implica una transición desde prácticas manuales hacia soluciones digitales, lo que permite reasignar el tiempo antes dedicado a tareas rutinarias hacia actividades de mayor valor.

Sin embargo, en el sector minero, este proceso de transformación ha avanzado a un ritmo más lento. Investigaciones como la de Enrique & Lozano (2024) señalan que la minería presenta un rezago en la adopción tecnológica en comparación con industrias como la energía o la logística. Tal como se ilustra en la Figura 1, el sector minero se encuentra en una fase inicial de progreso digital, aunque con un alto potencial de impacto para agregar valor a su cadena productiva. Esta situación contrasta con otros sectores más avanzados, lo que a menudo mantiene a la minería en una fase de evaluación de beneficios en lugar de una implementación activa. A pesar de esta adopción paulatina, el potencial de la digitalización es innegable. Informes de Boston Consulting Group (BCG) destacan que la implementación de tecnologías avanzadas es clave para generar mejoras sustanciales en productividad, seguridad y sostenibilidad. El fin último es transformar las operaciones para reducir costos, aumentar la eficiencia y, de manera crucial, lograr el incremento productivo que la industria demanda constantemente.

Figura 1

Progreso digital en la minería en contraste con otros sectores industriales.



Nota: *El gráfico ilustra el contraste en el progreso digital entre la minería y otros sectores industriales. Boston Consulting Group (2023).*

2.2.2. Seguridad en el trabajo

El estado o situación en la que se minimiza el riesgo de daño, peligro o pérdida, asegurando la protección de personas, bienes, información o sistemas ante amenazas tanto internas como externas. Es un concepto amplio que se aplica en diferentes contextos, desde el ámbito personal y empresarial (Herrera, 2008).

La seguridad no se reduce a la aplicación de medidas técnicas, sino que exige una cultura de seguridad integrada en toda la organización, basada en el compromiso y la mejora continua. Dentro del sector minero, la seguridad es un valor fundamental que debe ser fomentado en todas las actividades de la compañía. Su alcance es amplio y comprende diversos aspectos, tales como:

- **Identificación y evaluación de riesgos:** Examen exhaustivo de los riesgos en el ambiente laboral y valoración de la probabilidad y gravedad de los incidentes negativos.

- **Control de riesgos:** Implementación de medidas de medidas para eliminar o reducir los riesgos identificados, como el empleo de equipos de protección personal la señalización de peligros y la

capacitación de los trabajadores.

- **Investigación de incidentes:** Análisis detallado de los incidentes y accidentes para identificar las causas y tomar medidas correctivas.
- **Emergencias:** Desarrollo de planes de emergencia y realización de simulacros.
- **Salud ocupacional:** Fomento del bienestar laboral mediante programas de vigilancia médica y prevención de enfermedades relacionadas con el trabajo.

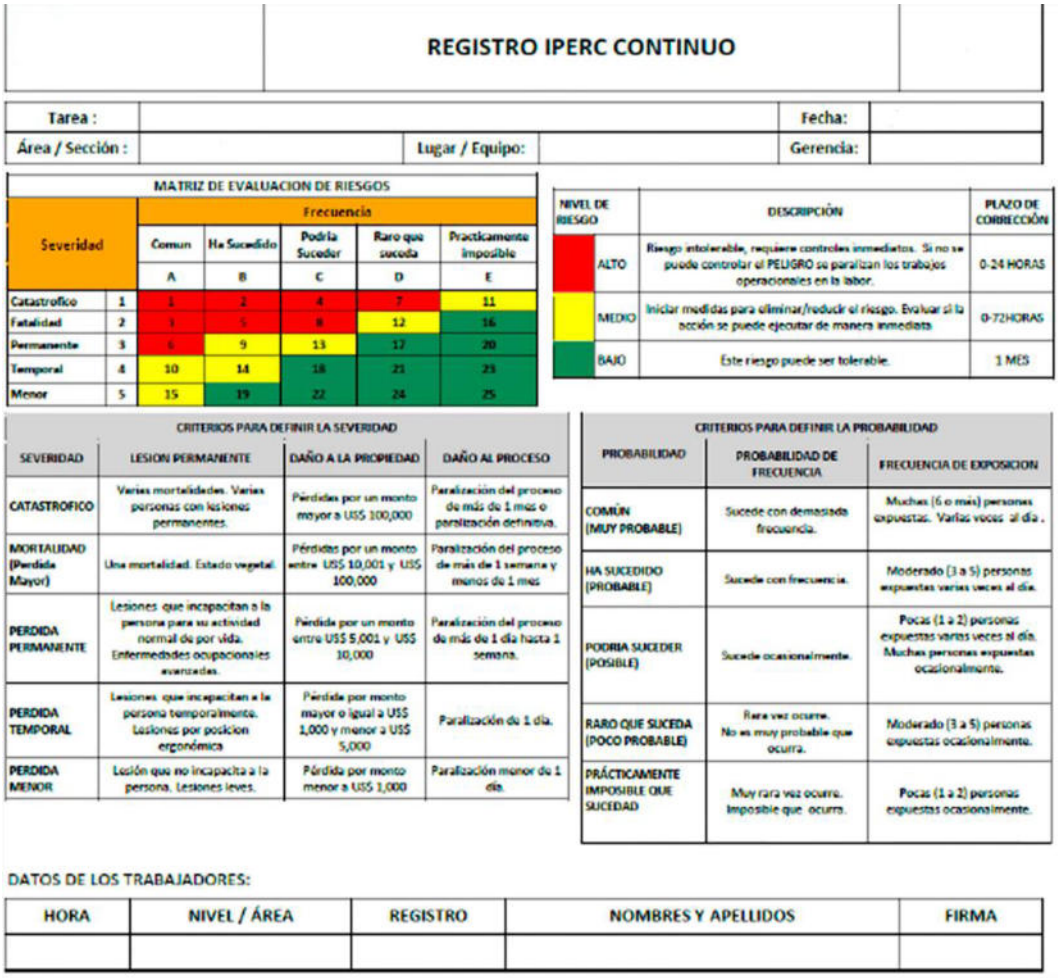
2.2.3. Identificación del Peligro, Evaluación y Control del Riesgo (IPERC)

Es el acrónimo de Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles. Se refiere a un procedimiento sistemático utilizado en la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, cuyo propósito es detectar los peligros presentes en el entorno laboral, analizar los riesgos asociados y establecer medidas de control para mitigar o eliminar esos riesgos. La materialización de este procedimiento en el sistema manual se realizaba a través del formato físico estandarizado, como se puede observar en la Figura 2. Este enfoque es fundamental para prevenir accidentes (Raúl, 2009).

El IPERC se consolida como una herramienta fundamental para la gestión de la seguridad y salud ocupacional en la industria minera. Su correcta elaboración, validación y actualización periódica no solo es una buena práctica, sino que constituye un requisito legal indispensable, conforme a lo estipulado en el DS 024-2016-EM. En consecuencia, la adopción de un sistema de gestión de seguridad fundamentado en el IPERC faculta a las empresas mineras para mitigar eficazmente los riesgos, proteger la integridad de sus colaboradores y optimizar su desempeño ambiental y social.

Figura 2

Registro de IPERC continuo.



REGISTRO IPERC CONTINUO

Tarea :		Fecha:	
Área / Sección :	Lugar / Equipo:	Gerencia:	

MATRIZ DE EVALUACION DE RIESGOS

Severidad		Frecuencia				
		Comun	Ha Sucedido	Podria Suceder	Raro que suceda	Practicamente imposible
		A	B	C	D	E
Catastrofico	1	1	2	4	7	11
Fatalidad	2	3	5	8	12	16
Permanente	3	6	9	13	17	20
Temporal	4	10	14	18	21	23
Menor	5	15	19	22	24	25

NIVEL DE RIESGO		DESCRIPCIÓN	PLAZO DE CORRECCIÓN
	ALTO	Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar el PELIGRO se paralizan los trabajos operacionales en la labor.	0-24 HORAS
	MEDIO	Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	0-72HORAS
	BAJO	Este riesgo puede ser tolerable.	1 MES

CRITERIOS PARA DEFINIR LA SEVERIDAD

SEVERIDAD	LESION PERMANENTE	DAÑO A LA PROPIEDAD	DAÑO AL PROCESO
CATASTROFICO	Varias mortalidades. Varias personas con lesiones permanentes.	Pérdidas por un monto mayor a US$ 100,000	Paralización del proceso de más de 1 mes o perturbación definitiva.
MORTALIDAD (Perdida Mayor)	Una mortalidad. Estado vegetal.	Pérdidas por un monto entre US$ 10,001 y US$ 100,000	Paralización del proceso de más de 1 semana y menos de 1 mes
PERDIDA PERMANENTE	Lesiones que incapacitan a la persona para su actividad normal de por vida. Enfermedades ocupacionales avanzadas.	Pérdida por un monto entre US$ 5,001 y US$ 10,000	Paralización del proceso de más de 1 día hasta 1 semana.
PERDIDA TEMPORAL	Lesiones que incapacitan a la persona temporalmente. Lesiones por posicion ergonómica	Pérdida por monto mayor o igual a US$ 1,000 y menor a US$ 5,000	Paralización de 1 día.
PERDIDA MENOR	Lesión que no incapacita a la persona. Lesiones leves.	Pérdida por monto menor a US$ 1,000	Paralización menor de 1 día.

CRITERIOS PARA DEFINIR LA PROBABILIDAD

PROBABILIDAD	PROBABILIDAD DE FRECUENCIA	FRECUENCIA DE EXPOSICION
COMÚN (MUY PROBABLE)	Sucede con demasiada frecuencia.	Muchas (6 o más) personas expuestas. Varias veces al día.
HA SUCEDIDO (PROBABLE)	Sucede con frecuencia.	Moderado (3 a 5) personas expuestas varias veces al día.
PODRIA SUCEDER (POSIBLE)	Sucede ocasionalmente.	Pocas (1 a 2) personas expuestas varias veces al día. Muchas personas expuestas ocasionalmente.
RARO QUE SUCEDA (POCO PROBABLE)	Rara vez ocurre. No es muy probable que ocurra.	Moderado (3 a 5) personas expuestas ocasionalmente.
PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE QUE SUCEDAD	Muy rara vez ocurre. Imposible que ocurra.	Pocas (1 a 2) personas expuestas ocasionalmente.

DATOS DE LOS TRABAJADORES:

HORA	NIVEL / ÁREA	REGISTRO	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA

Nota. *Formato estándar del Registro IPERC Continuo. La metodología de evaluación de riesgos se alinea con el D.S. N° 024-2016-EM.*

- **Peligro:** Es un evento o circunstancia que tenga la capacidad de ocasionar perjuicios a las personas, bienes o al entorno puede categorizarse en las siguientes clases: fisicoquímicas, mecánicas, químicas, psicosociales, biológicas, eléctricas, locativas, ergonómicas y físicas.

- **Riesgo:** Se entiende como la combinación de la probabilidad de que ocurra un evento desfavorable y la gravedad de las consecuencias si dicho evento sucede. En términos más simples, representa la evaluación de la posibilidad y la intensidad del daño.

- **Evaluación:** Se trata del proceso en el que se analizan los peligros identificados para determinar el nivel de riesgo que cada uno presenta. Este análisis suele abarcar la evaluación de factores como la frecuencia de la exposición, su duración y la gravedad de las posibles consecuencias. Una vez que se evalúa un riesgo y se le asigna una categoría, el siguiente paso es determinar la urgencia y el tipo de acción correctiva necesaria. La Figura 3 detalla la matriz de valoración utilizada en la operación, donde se especifica la descripción de cada nivel de riesgo y el plazo máximo establecido para implementar la medida correctiva correspondiente

Figura 3

La valoración del riesgo.

NIVEL DE RIESGO		DESCRIPCIÓN	PLAZO DE MEDIDA CORRECTIVA
	ALTO	Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar el peligro, se paralizan los trabajos operacionales en la labor	0 – 24 Horas
	MEDIO	Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	0 – 72 Horas
	BAJO	Este riesgo puede ser tolerable	1 mes

Nota. *Matriz de valoración de riesgos y plazos de corrección utilizados en el proceso IPERC. Basado en el D.S. N° 024-2016-EM.*

- **Medidas de control:** La elección de las medidas de control no es arbitraria, sino que sigue un principio fundamental conocido como la Jerarquía de Controles. Este modelo prioriza las intervenciones más efectivas para eliminar o mitigar los riesgos. Como se ilustra en la Figura 4, esta jerarquía se representa como una pirámide invertida que clasifica los controles desde el más eficaz (Eliminación) hasta el menos eficaz (Equipo de Protección Personal - EPP). La estrategia consiste en intentar aplicar primero los controles de la parte superior (barreras duras) antes de recurrir a los de la parte inferior (barreras blandas).

Figura 4

Grafica de jerarquía de controles.



Nota. *Representación visual de la Jerarquía de Controles, mostrando la mayor y menor efectividad de las barreras para la gestión de peligros y riesgos.*

- **Clasificación del riesgo:** La clasificación del riesgo se realiza mediante una matriz de evaluación que interrelaciona la probabilidad de ocurrencia de un evento con la severidad de sus consecuencias. La Figura 5 muestra el diagrama de clasificación utilizado, donde se combinan estas dos variables para determinar el nivel de riesgo de manera objetiva y fundamentar la toma de decisiones.

Figura 5

El diagrama de la clasificación del riesgo.

SEVERIDAD							
	Catastrófico	1	1	2	4	7	11
	Mortalidad	2	3	5	8	12	16
	Permanente	3	6	9	13	17	20
	Temporal	4	10	14	18	21	23
	Menor	5	15	19	22	24	25
			A	B	C	D	E
			Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
			PROBABILIDAD				

Nota: *Diagrama para la clasificación del riesgo según severidad y probabilidad. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (D.S. N°024-2016-EM).*

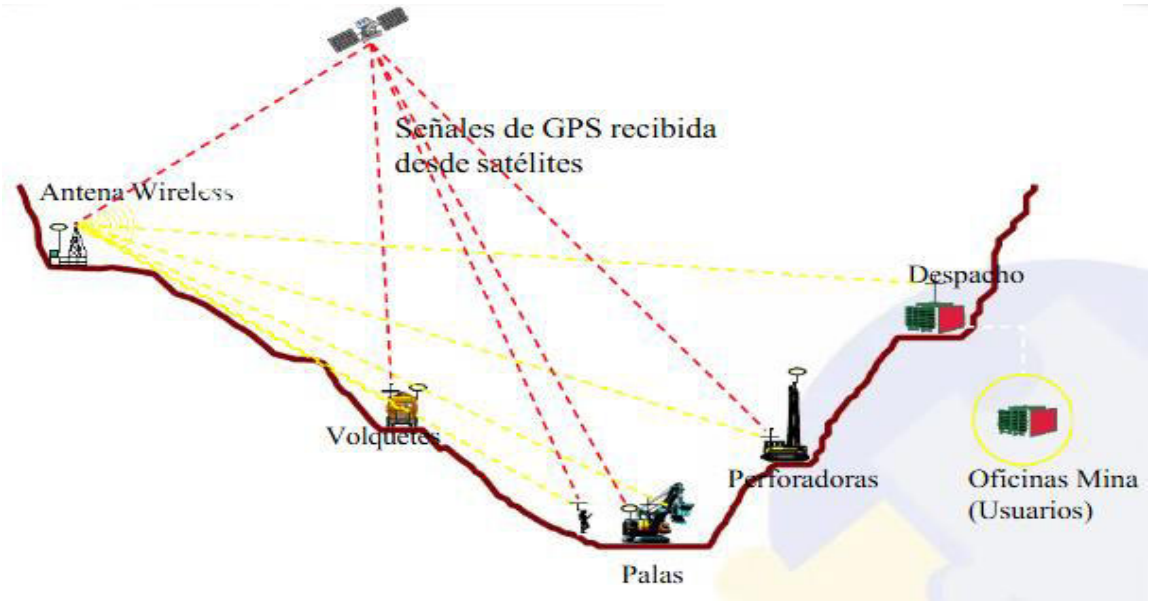
2.2.4. Sistema de Gestión de Flotas (FMS)

El Sistema de Flota Dispatch es una solución tecnológica integral, empleada en sectores como la minería y la logística, para orquestar con máxima eficiencia las operaciones de sus vehículos. Su objetivo es optimizar la asignación de recursos y minimizar los costos operativos mediante una gestión centralizada y en tiempo real.

El funcionamiento de este sistema se basa en la sinergia de tres componentes clave. En su núcleo se encuentra un Software de Gestión de Flotas, que actúa como centro de control para monitorear y administrar las unidades. Este software se alimenta de los datos de localización precisa que provee la tecnología de GPS y Monitoreo en Tiempo Real. Finalmente, las herramientas de Comunicación conectan al personal de despacho con los operadores en campo, permitiendo la transmisión instantánea de instrucciones y alertas. Esta comunicación fluida es la que mejora la toma de decisiones y la coordinación, traduciendo los datos en acciones operativas eficientes. La Figura 6 ofrece un esquema visual de esta arquitectura tecnológica, mostrando cómo las señales de GPS y las redes inalámbricas se integran para conectar los equipos en campo (palas, volquetes) con los centros de control.

Figura 6

Monitoreo en tiempo real de equipos



Nota. *Diagrama del sistema de monitoreo en tiempo real, mostrando el flujo de comunicación entre equipos, satélites y la central de despacho. Jigsaw Technologies (2009).*

a. **Beneficios de Implementar un Sistema de Flota:** La implementación de un sistema de flota dispatch genera una serie de ventajas estratégicas y operativas significativas. El pilar de estos beneficios es un incremento sustancial en la eficiencia operativa. Gracias a la capacidad de monitorear los equipos en tiempo real, las empresas obtienen datos precisos sobre su localización y estado, permitiendo el uso de algoritmos para la optimización de rutas. Esto ayuda a identificar las trayectorias más cortas y rápidas para disminuir los tiempos de inactividad y perfeccionar la asignación de tareas. Esta ganancia en eficiencia se traduce directamente en una reducción de costos, ya que una mejor planificación y rutas optimizadas disminuyen tanto el consumo de combustible como los gastos de mantenimiento vehicular. Adicionalmente, el mayor control sobre las operaciones permite garantizar un servicio más puntual y preciso, lo que resulta en un aumento de la satisfacción del cliente.

b. **Flota de equipos de carguío:** La flota de equipos de carguío en una mina a cielo abierto comprende una variedad de maquinaria pesada, cuyo rol es fundamental en la extracción del mineral del tajo y su preparación para el transporte. Esta flota se diversifica para adaptarse a distintas condiciones operativas. Incluye excavadoras, máquinas versátiles con brazo articulado, ideales para operar en zonas de difícil acceso o con materiales de alta dureza. Se complementan con cargadores frontales, equipos de gran potencia con un cucharón frontal, muy eficientes en la carga de material suelto en camiones y en labores de nivelación. Finalmente, las palas de gran tamaño, equipadas con cucharones de alta capacidad, están diseñadas para mover enormes volúmenes de material rápidamente, siendo óptimas para frentes de carguío planos con material de gran tamaño.

c. **Flota de equipos de acarreo:** La flota de equipos de acarreo está constituida por un conjunto de camiones de alto tonelaje, específicamente diseñados para el transporte masivo de material a granel como mineral, estéril o desmonte a través de distancias significativas dentro de la operación minera. Estos equipos desempeñan un papel logístico crucial, ya que son responsables de conectar las distintas áreas de la mina, desde los frentes de carguío hasta los puntos de descarga, garantizando así la continuidad del proceso productivo.

2.2.5. El Sistema MineOPS

La optimización de las operaciones en la minería moderna depende en gran medida de los Sistemas de Gestión de Flotas (FMS, por sus siglas en inglés). En la unidad minera bajo estudio, se utiliza el sistema MineOPS, una plataforma tecnológica diseñada para la administración y optimización de flotas en tiempo real. Su objetivo es maximizar la productividad mediante la asignación eficiente de equipos y la minimización de tiempos improductivos, utilizando una arquitectura de comunicación y procesamiento de datos para la toma de decisiones (Jigsaw Technologies, 2009).

El sistema ofrece una capacidad de automatización en tiempo real para procesos críticos como la carga de camiones, lo que permite optimizar y mejorar la eficiencia general de la operación. Sus funcionalidades principales incluyen:

- **Supervisión integral de la operación en tiempo real:** Permite una visualización completa y actualizada de todas las actividades mineras.
- **Acceso centralizado a datos operativos:** Consolida toda la información crítica del proceso para facilitar su consulta y análisis.
- **Automatización de ciclos clave:** Optimiza de manera autónoma procesos como la asignación y el carguío de camiones para reducir tiempos de espera.
- **Uso de tecnología avanzada para la precisión de datos:** Emplea sistemas de alta tecnología para la conectividad y la fiabilidad de la información de campo.

En conjunto, estas características proporcionan datos precisos y en tiempo real sobre la ubicación y el estado de cada equipo, lo que fundamenta una toma de decisiones más ágil e informada y potencia la eficiencia de la operación.

La arquitectura del sistema MineOPS se concibe como una solución tecnológica de vanguardia para el control de procesos en la industria minera, enfocada en la optimización y automatización de la producción. Su funcionamiento se basa en la integración sinérgica de tres tecnologías clave: el posicionamiento global (GPS), la comunicación de datos y la computación avanzada. Esta combinación permite al sistema realizar la asignación automática y optimizada de los equipos mineros, tomando en consideración en tiempo real las diversas restricciones operativas y los canales de distribución disponibles.

El objetivo fundamental del sistema es incrementar la producción diaria y reducir los costos operativos en las empresas mineras. Para lograrlo, la plataforma se enfoca en mejorar la eficiencia general de las operaciones a través de varias funcionalidades clave. Principalmente, realiza la asignación óptima de los equipos mineros y la optimización de los ciclos de transporte, lo que a su vez permite la reducción sistemática de los ciclos no productivos. Esta gestión

inteligente de la flota se traduce en un impacto directo y positivo sobre la eficiencia y la rentabilidad de la operación.

La arquitectura del sistema se compone de los siguientes elementos clave, cuya interacción se ilustra en el diagrama de la Figura 7:

- **Red de Comunicaciones Inalámbrica (Wifi):** Corresponde a la red estándar 802.11, encargada de enlazar el sistema central con los equipos desplegados en campo.

- **Red Corporativa:** Es la red interna de la compañía que proporciona acceso a la plataforma a usuarios autorizados, tales como despachadores y administradores del sistema.

- **Servidores de Aplicaciones:** Constituyen la infraestructura de hardware donde se ejecuta el Jigsaw Advanced Mining Server (JAMS).

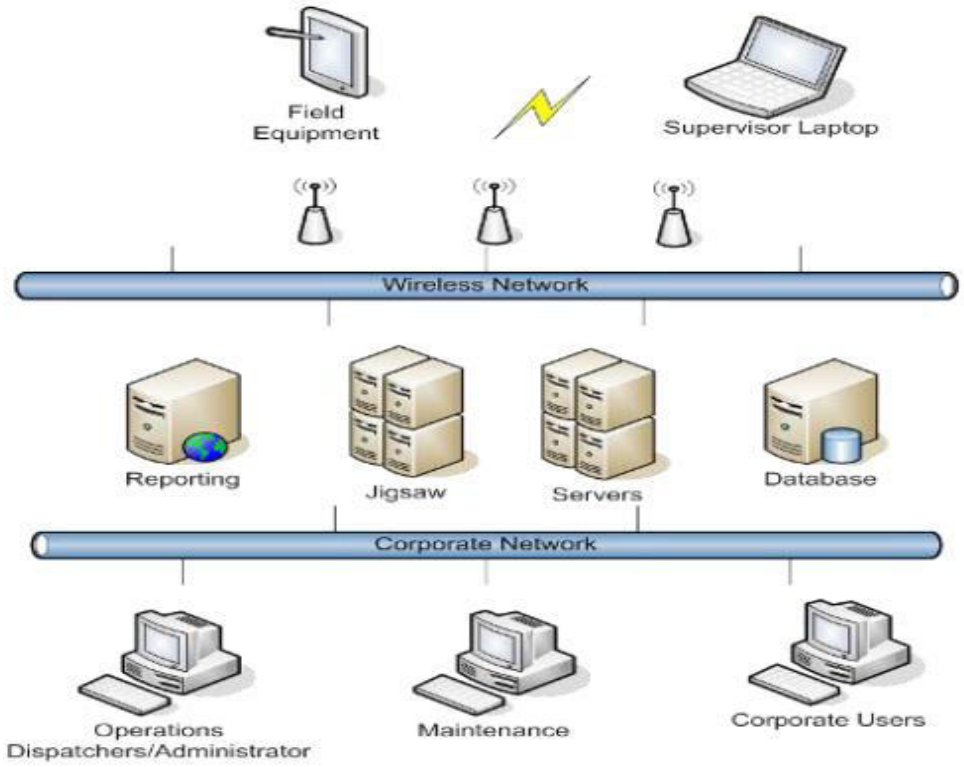
- **Servidor de Reportes:** Encargado de administrar los objetos de negocio y las bases de datos replicadas para la generación de informes operativos.

- **Servidor de Base de Datos:** Aloja la base de datos relacional que gestiona y almacena toda la información de la operación en tiempo real.

- **Servidor JAMS:** Se refiere a los componentes de software que operan sobre el servidor de aplicaciones, formando el núcleo del sistema.

Figura 7

Arquitectura del sistema Jigsaw.

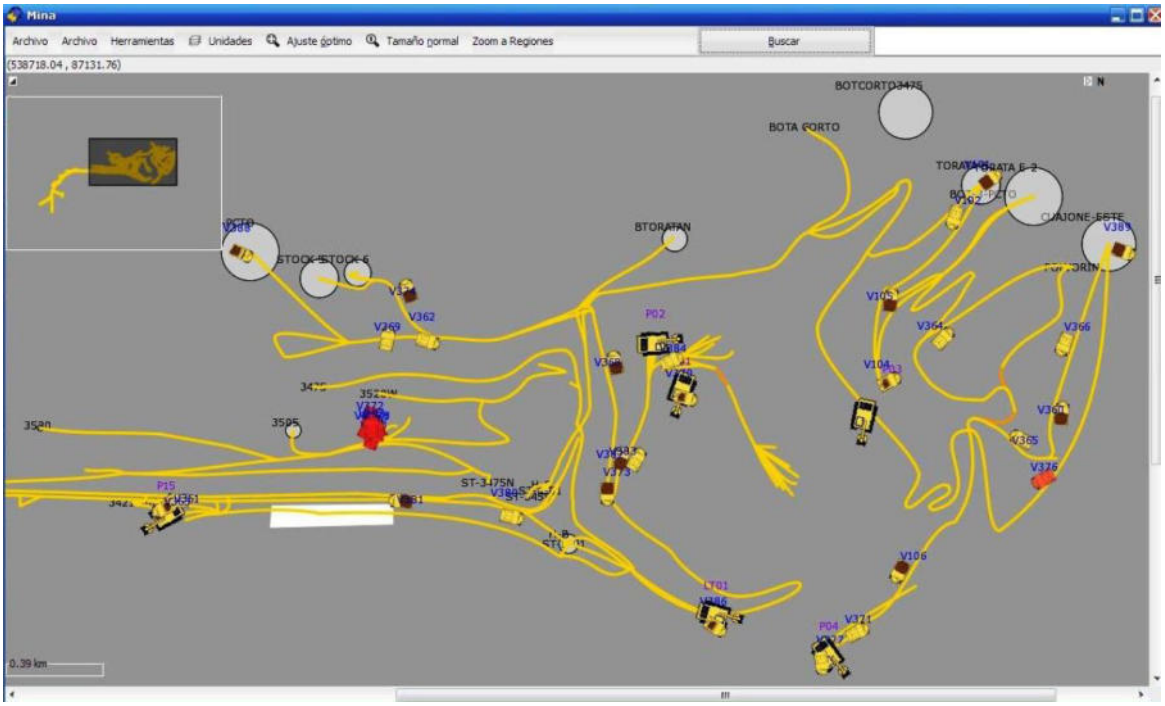


Nota: *Extraído del manual de entrenamiento Jigsaw para administradores de sistemas (Jigsaw Technologies, 2009).*

Módulo de Optimización Acarreo y Carguío: El Módulo de Optimización de Acarreo y Carguío está diseñado para gestionar dinámicamente la asignación de la flota de camiones. Para ello, el sistema procesa continuamente datos en tiempo real, como la ubicación precisa de los equipos y la configuración actual de la mina. Esta gestión inteligente permite optimizar las asignaciones para maximizar la productividad y garantizar que los objetivos de producción se alcancen de la manera más eficiente posible.

Figura 8

Sistema MINEOPS

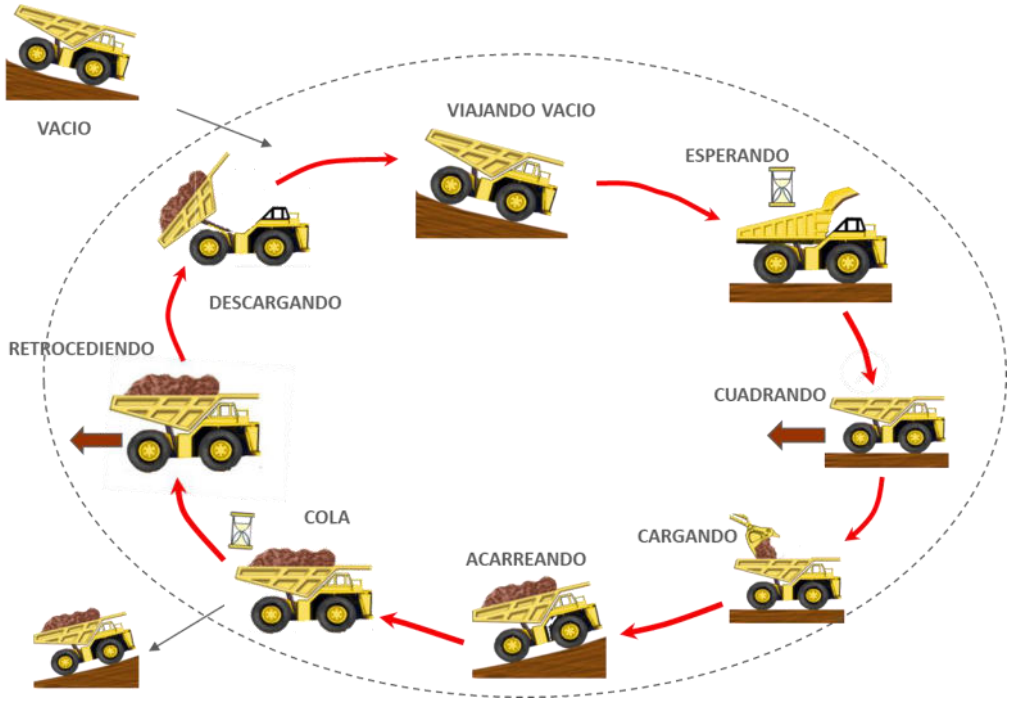


Nota. *Interfaz gráfica del operador del sistema de gestión de flotas. Extraído del manual de entrenamiento Jigsaw para administradores de sistemas (Jigsaw Technologies, 2009).*

La Figura 8 muestra la interfaz principal del sistema MineOPS, que es la herramienta visual desde la cual los despachadores monitorean toda la operación en tiempo real. El núcleo funcional del sistema es su capacidad para monitorear y optimizar el ciclo completo de acarreo. Este ciclo, cuyas fases se detallan visualmente en la Figura 9, incluye todas las etapas desde que un camión viaja vacío, espera, es cargado, transporta el material y finalmente lo descarga (Jigsaw Technologies, 2009, p. 23). El sistema utiliza un modelo de optimización que considera variables como las rutas, la disponibilidad de equipos y las prioridades de producción para asignar tareas de la manera más eficiente posible.

Figura 9

Ciclo completo de acarreo



Nota. *Extraído del manual de entrenamiento Jigsaw para administradores de sistemas (Jigsaw Technologies, 2009).*

Programación Lineal

- Asume gran parte de la toma de decisiones.
- Elabora el plan de acarreo teórico (Plan Maestro) teniendo en cuenta las limitaciones de producción y operativas, el cual luego sirve como referencia para la Programación Dinámica (PD).

Programación Dinámica

- Implementa el Plan Maestro de la solución de PL.
- La finalidad de la PD es asignar los Volquetes de manera dinámica.

Figura 10

El Modelo de Optimización.



Nota. *Flujograma del Modelo de Optimización de MineOPS, mostrando la interacción entre los módulos de Mejor Ruta (MR), Programación Lineal (PL) y Programación Dinámica (PD).*

El sistema MineOPS no utiliza un único algoritmo, sino un modelo de optimización secuencial compuesto por tres submódulos principales: Mejor Ruta (MR), Programación Lineal (PL) y Programación Dinámica (PD). La interacción de estos componentes, junto con sus respectivos datos de entrada (inputs) y salida, se detalla en el diagrama de la Figura 10. Este modelo integrado permite al sistema calcular primero la ruta más eficiente, luego elaborar un plan de acarreo teórico y finalmente asignar dinámicamente los camiones en respuesta a los eventos en tiempo real de la operación.

Existe dos tipos de recopilación de datos:

- **Recopilación Interactiva:** Implica la entrada manual de información por parte de los operadores, quienes utilizan las interfaces gráficas del

sistema para registrar eventos operativos clave, como el inicio de una tarea o la llegada a un destino. La Figura 11 muestra un ejemplo de esta interfaz para los operadores.

- **Recopilación Pasiva:** Consiste en la captura automática de datos a través de tecnologías integradas, como el sistema de posicionamiento global (GPS), que transmite la ubicación exacta de los equipos (palas, camiones) en tiempo real sin intervención humana.

Figura 11

Interfaz Gráfica del Operador de Volquete en el Sistema MineOPS

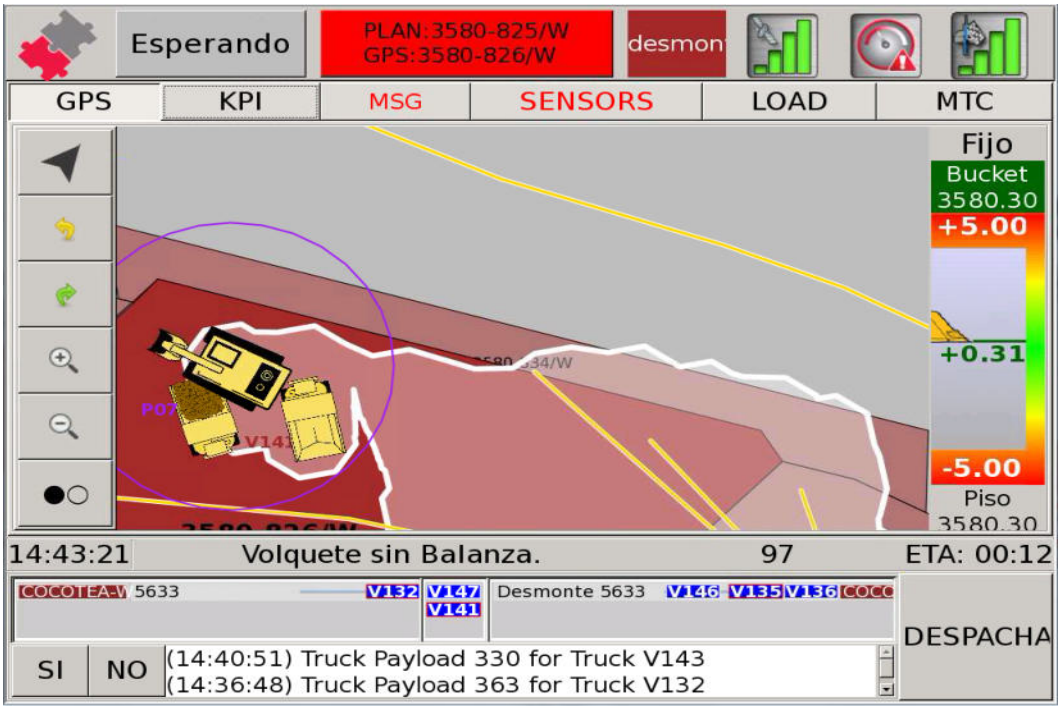


Nota. *Interfaz gráfica utilizada por el operador de volquete para registrar su estado e interactuar con el sistema de gestión de flota. Jigsaw Technologies (2009).*

El sistema también cuenta con una interfaz específica para el operador de pala, como se muestra en la Figura 12. A diferencia de la pantalla del volquete, esta se centra en la precisión del carguío, con herramientas para guiar la excavación y seguir el plan de minado.

Figura 12

Interfaz Gráfica del Operador de Pala en el Sistema MineOPS



Nota. *Interfaz gráfica para el operador de pala. Jigsaw Technologies (2009).*

2.2.6. Modelo de Utilización de Tiempos: La Norma ASARCO

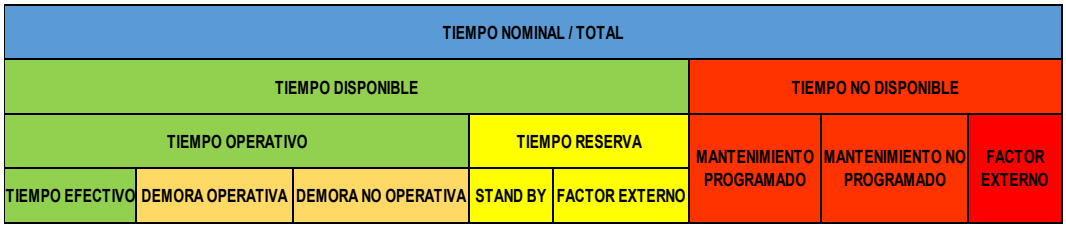
La gestión de activos físicos en la minería requiere de marcos estandarizados para evaluar y controlar el rendimiento de los equipos. Uno de los métodos más utilizados en la industria es la Norma ASARCO (American Smelting and Refining Company), la cual establece un sistema para definir y clasificar el estatus de tiempo a detalle en que se encuentra cada equipo (Bonzi Ríos, 2016)

Como describe Chura (2018) en su estudio sobre la reducción de demoras, el sistema Dispatch clasifica el Tiempo Nominal (el tiempo total de un periodo) en categorías jerárquicas. El diagrama de la Figura 13 representa visualmente este modelo de distribución. Este se divide inicialmente en Tiempo Disponible (cuando el equipo está mecánicamente apto para operar) y Tiempo No Disponible (generalmente asociado a mantenimientos). A su vez, el Tiempo Disponible se subdivide en Tiempo Operativo (cuando el equipo tiene un operador asignado) y Tiempo de Reserva (cuando el equipo está disponible pero

no se utiliza, por ejemplo, por falta de operador). Finalmente, el Tiempo Operativo se desglosa en Tiempo Efectivo (producción pura) y las diferentes Demoras (programadas y no programadas), que son el foco principal de las oportunidades de mejora. En el Anexo 2 se desglosa la clasificación de tiempos utilizados en la operación.

Figura 13

Distribución de Tiempos para Equipos Mineros



Nota. *El diagrama representa el modelo de clasificación de tiempos utilizado en la operación para la gestión de la flota. Fuente: Elaboración propia. Adaptado de los estándares operativos de la Gerencia de Mina.*

- **Tiempo Operativo:** Se refiere al período durante el cual el equipo está activamente ejecutando tareas que contribuyen directamente a la producción, como acarrear, cargar o trasladarse.

- **Tiempo de Demora:** Comprende los períodos en que un equipo, a pesar de estar mecánicamente apto y con un operador asignado, permanece inactivo debido a restricciones operativas que interrumpen el ciclo productivo (p. ej., cambio de turno, espera por equipo de carguío, congestión).

- **Tiempo en Standby (Reserva):** Corresponde al tiempo en que un equipo, estando en perfectas condiciones mecánicas, no es asignado a ninguna tarea por decisiones estratégicas de la gestión, como la falta de un operador disponible o un exceso de flota para la demanda del momento.

- **Tiempo No Disponible (Malogrado):** Abarca todos los períodos en que un equipo se encuentra fuera de servicio y no puede operar debido

a actividades de mantenimiento, ya sean estas preventivas (programadas) o correctivas (debido a fallas inesperadas).

2.2.7. Definición de términos

- **Minería superficial:** Es un tipo de minería que se refiere en la extracción de minerales o materiales desde la superficie terrestre o los primeros metros del subsuelo. Se llevan a cabo excavaciones a cielo abierto, como canteras, minas de arrastre, minas de sal y minas a cielo abierto (Raúl, 2009)

- **Digitalización del IPERC:** Es el uso y aplicación de tecnologías informáticas en la industria minera para cambiar la cultura y gestión corporativa, beneficiándonos de los avances científicos, en este caso la digitalización de procesos (Bruno, 2024)

- **MineOPS:** Se trata de un sistema de supervisión de procesos mineros a gran escala que emplea tecnología GPS, comunicación y procesamiento de datos para enviar automáticamente camiones mineros a la mina. El sistema optimiza instantáneamente la asignación de camiones según la ubicación del equipo y la configuración de la mina para maximizar la productividad (Chura, 2018)

- **Demoras:** Las demoras son el tiempo en el que no se realiza ningún trabajo útil, debido a que algunas tareas no pueden comenzar hasta que otras se completen, lo que da como resultado que los recursos humanos o los equipos estén inactivos, lo que genera costos e ineficiencias en el proceso de producción (Chura, 2018).

- **Producción:** Se mide a través de diversos indicadores, como las toneladas extraídas por hora, el avance en metros por hora-hombre, o la producción de finos en relación a la energía utilizada. La clave es determinar la métrica de productividad más adecuadas en función de las condiciones actuales de cada mina. Para calcular la productividad total, se deben considerar múltiples factores que afectan la operación simultáneamente, como el agua, energía, materiales, la mano de obra,

el capital y tiempo. Muchos de estos factores son gestionables por la gerencia de operaciones, que puede influir en aspectos como los métodos de minado, la automatización, la mecanización y la gestión de la información necesaria para mantener el ciclo productivo de forma continua, eficiente y segura. (Chura, 2018).

- **Gstión de flotas:** Se refiere a la cantidad de camiones mineros utilizados para mover el material, ya sea mineral o desmonte, según lo planificado por el área de planeamiento (Chuctaya & Larota, 2020).

- **Cambio de Guardia:** Al final de cada turno, los operadores salientes detienen los equipos en sectores designados, mientras que los operadores entrantes toman vehículos de transporte para llegar a los puntos de la mina donde los equipos están detenidos, y los ponen nuevamente en operación. Este relevo se realiza en el campo. (Chura, 2018)

- **Dashboard:** Permite monitorear, analizar y visualizar indicadores clave de desempeño (KPI). Utiliza métricas y datos esenciales para seguir y controlar el estado de una organización, departamento, campaña o proceso específico (Chancuaña, 2023).

- **Tiempo:** Se refiere a la duración en segundos, minutos u horas durante las cuales el equipo lleva a cabo su tarea, y está influenciado por diversas condiciones externas a la capacidad del equipo (Chuctaya & Larota, 2020).

- **Producción por hora:** Es el total de toneladas nominales que produjo un equipo de carguío en una hora determinada, incluyendo demoras, traslados, tiempo malogrado y otros en general (Marín, 2016).

- **Equipos auxiliares:** Son los dispositivos que garantizan las condiciones adecuadas en el área de carga, facilitando el trabajo de los equipos encargados de cargar y operen eficientemente. Además, mantienen las vías de acarreo libres de obstáculos para que los camiones se desplacen sin problemas y garantizan pisos estables en

las áreas de descarga, facilitando una descarga segura y sin demoras (Marín, 2016).

- **Planeamiento mina:** La planificación en una empresa minera define los resultados esperados y planificar actividades junto con sus tiempos y recursos. Es crucial en la minería porque los planes de producción determinan el rendimiento económico del negocio (Marín, 2016).

- **Indicadores claves de desempeño (Kpi):** Los indicadores clave de desempeño son valores métricos que miden el desempeño de proyectos, actividades y metas en el sistema de gestión de seguridad para mostrar en qué medida cumplen con las metas establecidas (Chancuaña, 2023).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que tiene como propósito ofrecer soluciones prácticas para mejorar los procesos operativos mediante la implementación de herramientas digitales. Su enfoque está orientado a generar mejoras tangibles en la gestión de los tiempos inoperativos y productividad de las operaciones, contribuyendo así a la reducción de tiempos muertos durante el cambio de guardia.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es explicativo, puesto que más allá de simplemente describir una situación o de establecer una relación entre variables, este estudio se centra en determinar las causas del fenómeno observado. Se busca explicar cómo y por qué la digitalización del IPERC generó una reducción en los tiempos muertos y un consecuente incremento en la producción.

Además, el diseño del estudio es cuasi-experimental, específicamente un diseño de pretest-postest con un solo grupo. Se realizó una medición de las variables dependientes (tiempos muertos y producción) antes de la intervención y otra medición después de la intervención. Se considera cuasi-experimental porque, si bien existe una manipulación de la variable independiente (la implementación del IPERC digital por parte de la empresa), los grupos de estudio son intactos o ya formados, sin una asignación aleatoria.

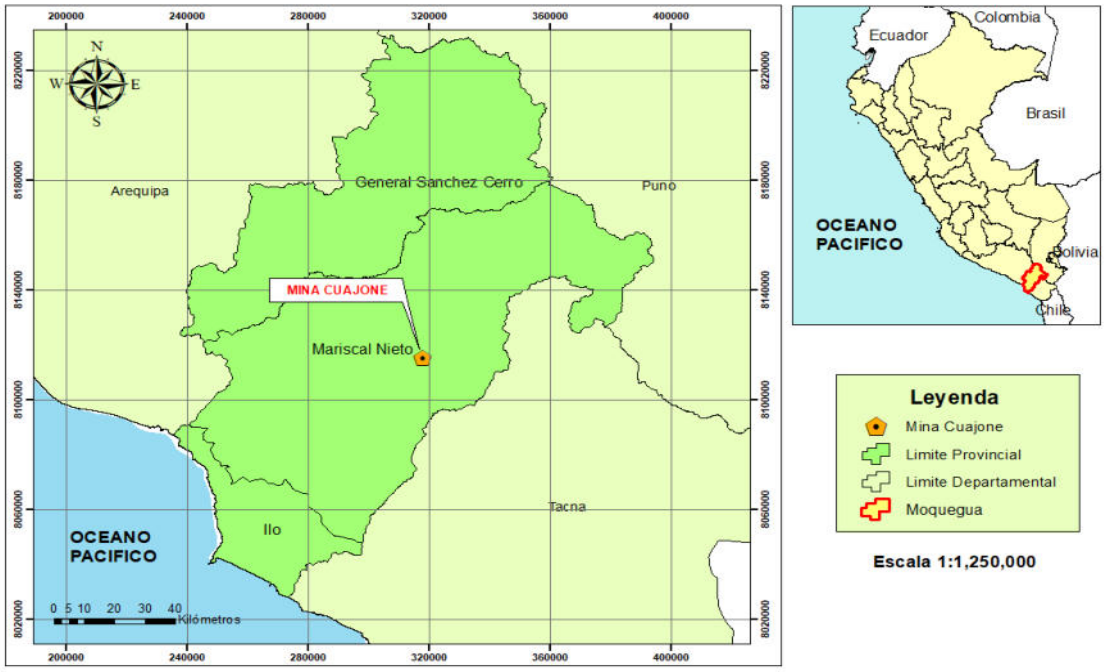
Asimismo, la investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recopilación y análisis de datos medibles, como los tiempos empleados en el cambio de guardia pre y post implementación digital, la reducción de tiempos muertos y los incrementos en productividad. Este enfoque proporciona resultados objetivos que facilitan la evaluación del impacto de la digitalización.

3.3. Ámbito temporal y espacial

La investigación se desarrolló en la mina de cobre a cielo abierto Cuajone, situada en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, Perú, cuya ubicación geopolítica se detalla en la Figura 14. Este yacimiento se localiza en la Cordillera Occidental, en la región sur de los Andes peruanos, y forma parte de un distrito minero que también incluye los yacimientos de Toquepala y Quellaveco. En cuanto al ámbito temporal, el estudio se centró en dos meses consecutivos del año 2024 para realizar un análisis comparativo. El mes de agosto de 2024 fue definido como el período "pretest", durante el cual se recopilaron los datos de la operación con el sistema manual de IPERC (Anexo 3.1 y 3.3.) Por su parte, el mes de septiembre de 2024 se estableció como el período "postest", dedicado a la recolección y análisis de datos tras la implementación de la solución digital (Anexo 3.2 y 3.4.).

Figura 14

Ubicación geopolítica del departamento de la Unidad Minera



Nota. *Mapa de la ubicación geopolítica de la Mina Cuajone en el departamento de Moquegua.*

3.4. Población y muestra

La población de estudio está constituida por todos los equipos acarreo presentes en la Unidad Minera Cuajone. Estos incluyen todos los modelos y marcas, los cuales desempeñan un papel fundamental en el ciclo de transporte del mineral y son un componente directo del proceso productivo de la mina.

La selección de la muestra, de carácter no probabilístico e intencionado, se fundamentó en criterios de impacto productivo directo. Se seleccionó los 15 volquetes que presentan la mayor frecuencia de ciclos dedicados al acarreo de mineral hacia la chancadora.

Esta flota específica se eligió por ser uno de los principales grupos de acarreo de mineral hacia la chancadora y por ser el conjunto de equipos donde se implementó y midió la intervención de la digitalización del IPERC. Al acotar el análisis exclusivamente a esta flota, se asegura que la evaluación del impacto de la digitalización sea precisa y se centre en las actividades que generan valor directo para la operación. La composición detallada de la muestra, especificando marca, modelo y cantidad de cada equipo, se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2

Muestra de equipos de carguío

Marca	Modelo	Descripción del equipo	Cantidad
Komatsu	930E	Volquete	4
Komatsu	930E-02	Volquete	9
Komatsu	930E-4SE	Volquete	2
Total de equipos			**15**

Nota. *Elaboración propia.*

3.5. Instrumentos

3.5.1. Fuente de Datos Cuantitativos: Sistema de Gestión de Flota

El instrumento principal para la obtención de evidencia empírica fue el software de gestión de flota (MineOPS). De sus registros se extrajeron directamente los datos cuantitativos para los períodos de estudio, garantizando así la objetividad y precisión de las mediciones. Las dos métricas clave obtenidas fueron:

- **Tiempos de Estado del Equipo:** Se utilizaron los registros de tiempo (*timestamps*) para determinar la duración exacta del estado "Cambio de Guardia", lo que fue fundamental para cuantificar la magnitud del cuello de botella y su posterior reducción.

- **Registros de Producción:** Se exportó el tonelaje total de mineral acarreado por la flota para realizar una comparación directa de la productividad entre el período manual y el digital.

3.5.2. Herramientas de Diagnóstico: Análisis Documental

Para caracterizar el problema inicial y fundamentar la investigación, se emplearon dos herramientas de diagnóstico complementarias:

- **Análisis de Datos de Demoras:** Se analizaron los registros de estado del equipo del período pre-implementación, extraídos directamente del sistema Mineops, para construir el Diagrama de Pareto. Este análisis cuantitativo fue el que permitió identificar la "Demora por Cambio de Guardia" como el principal punto a mejorar. Una muestra de estos datos crudos se presenta en el Anexo 3.1.

- **Análisis Documental:** Se estudió la documentación existente sobre el proceso de cambio de guardia para comprender las etapas del sistema manual y fundamentar el diagnóstico del cuello de botella.

3.5.3. Herramientas de Procesamiento: Software de Análisis Estadístico

El tratamiento de los datos cuantitativos recopilados se realizó con software estadístico (como SPSS o Microsoft Excel). Con estas herramientas se transformaron los datos brutos en resultados significativos a través de tres tipos de análisis:

- **Estadística Descriptiva:** Para calcular y comparar las medias, medianas y desviaciones estándar de las demoras en ambos periodos.
- **Pruebas de Hipótesis:** Se aplicaron las pruebas U de Mann-Whitney y T de Student para determinar con rigor estadístico si la reducción de las demoras y el aumento de la productividad eran significativos.
- **Visualización de Datos:** Se crearon histogramas, gráficos de barras y diagramas de regresión para presentar los hallazgos de manera clara y comprensible.

3.6. Procedimientos

El ciclo productivo minero en la operación de estudio se compone de fases secuenciales: perforación, voladura, carguío y acarreo de mineral hacia la chancadora. Para esta investigación, fue fundamental comprender el método de registro de la productividad del software MineOPS, el cual fue el principal instrumento de recolección de datos.

Dicho sistema contabiliza el tonelaje de producción únicamente al final del ciclo, en el instante en que el volquete realiza la descarga del material en la chancadora. Esta característica implica que los reportes de producción por hora solo se actualizan tras la culminación de un ciclo completo. Debido a esta latencia, la presente investigación centró su enfoque en el análisis de los tiempos de inactividad que preceden al ciclo de carguío, ya que representan una pérdida directa de tiempo productivo potencial y constituyen un punto crítico para la optimización.

3.6.1. Fase de diagnóstico del sistema manual

La etapa inicial de la investigación consistió en un diagnóstico del sistema manual para establecer una línea base cuantitativa del desempeño. Se definió el mes de agosto de 2024 como el periodo "pretest", durante el cual aún se utilizaba el método tradicional de autorización del IPERC en formato físico. El procedimiento en esta fase fue de carácter observacional y analítico. Se comenzó con la revisión de los reportes operativos generados por el sistema MineOPS para identificar las principales demoras que afectaban a la flota. A través de un Diagrama de Pareto, se determinó que la "Demora por Cambio de Guardia" era la causa de mayor impacto en los tiempos improductivos, validando su selección como el proceso central de esta evaluación.

Posteriormente, se procedió a caracterizar el flujo de trabajo del proceso manual. Se analizó la secuencia de actividades desde el llenado del formato físico IPERC hasta que el equipo pasaba a estado "Operativo". Este análisis permitió identificar cualitativamente las ineficiencias del sistema, tales como la dependencia del desplazamiento físico del supervisor y los tiempos de espera del operador. Para resumir las diferencias fundamentales entre ambos enfoques, se presenta la siguiente tabla comparativa. La Tabla 3 contrasta el paradigma analógico con el paradigma digital, destacando las mejoras cualitativas que la nueva herramienta aporta al proceso de gestión del IPERC.

Tabla 3

Comparativa de Paradigmas: Gestión Analógica vs. Gestión Digital del IPERC

Dimensión	Paradigma Analógico	Paradigma Digital
Velocidad y Eficiencia del Proceso	Lento, manual, propenso a retrasos por logística física (firmas, entrega de papel).	En tiempo real, automatizado, aprobaciones y notificaciones instantáneas.
Calidad e Integridad de los Datos	Baja: Escritura ilegible, formularios incompletos, evaluaciones subjetivas e inconsistentes.	Alta: Datos estructurados, campos obligatorios, estandarización, validación de entradas.
Trazabilidad y Auditoría	Extremadamente difícil, requiere búsqueda manual en archivos físicos, consume mucho tiempo.	Instantánea, registros centralizados, fácilmente consultables, listos para auditoría.
Visibilidad en Tiempo Real	Nula. La información está aislada en papel hasta que se archiva.	Total. Paneles de control en vivo para supervisores, gerentes y equipos de seguridad.
Autorización para inicio de actividades	Lento	Casi inmediato

Nota. *Elaboración propia. La tabla contrasta las ineficiencias del sistema manual con las ventajas del nuevo flujo de trabajo digital gestionado a través de MineOPS.*

3.6.2. Caracterización del proceso digital

Una vez diagnosticadas las ineficiencias del sistema manual, la segunda fase de la investigación se centró en la caracterización del nuevo proceso de IPERC digital. Se definió el mes de septiembre de 2024 como el periodo "postest", durante el cual se evaluó el desempeño operativo bajo esta nueva modalidad. El sistema digital, implementado por la empresa a través del software de gestión de flota MineOPS, fue diseñado para eliminar el cuello de botella de la autorización presencial. El nuevo flujo de trabajo se caracterizó por los siguientes pasos:

- El operador al iniciar su turno accedía al módulo del IPERC Digital directamente desde la pantalla instalada en la cabina de su equipo. El sistema lo guiaba para completar el formulario.

- Una vez completado, el formulario era enviado de forma inmediata a través de la red del sistema a la sala de control de flota (Dispatch).

- El supervisor, desde su consola en Dispatch, recibía la notificación, revisaba el IPERC en pantalla y lo autorizaba de forma remota con un solo clic. Este paso eliminó por completo la necesidad del desplazamiento físico y la firma manual.

- La aprobación se reflejaba al instante en la pantalla del operador, otorgándole la confirmación para pasar su equipo a estado "Operativo" e iniciar sus labores sin demoras.

3.6.3. Recolección y organización de datos

La base del análisis comparativo fue la recolección de datos operativos durante los períodos pretest y postest. El sistema de gestión de flota MineOPS sirvió como el principal instrumento para la adquisición de datos en esta fase. De este software se extrajeron dos conjuntos de información clave:

- **Tiempos de Estado del Equipo:** Se emplearon los registros de tiempo para medir la duración total del proceso de "Cambio de Guardia" en ambos períodos, determinando la "Hora de Inicio

Operativo Real" de cada equipo.

- **Registros de Producción:** Se exportó el tonelaje total de mineral que la flota de estudio acarreó para cuantificar la productividad en cada una de las fases.

Toda la data extraída del sistema fue organizada en una base de datos utilizando Microsoft Excel, separando claramente la información por periodo para facilitar el análisis comparativo subsecuente. El uso de los registros del sistema garantizó la objetividad, precisión y auditabilidad de los datos recolectados.

3.7. Análisis de datos

En la fase final, los datos recolectados de los períodos pretest y postest se sometieron a un riguroso tratamiento estadístico utilizando software especializado (como SPSS o Microsoft Excel). El propósito fue validar las hipótesis de la investigación y cuantificar el impacto de la intervención digital. El análisis se articuló en los siguientes pasos:

- **Análisis Descriptivo Comparativo:** Inicialmente se calcularon las medidas de tendencia central y de dispersión para la variable "Duración del Proceso de Cambio de Guardia". Este primer paso permitió cuantificar la magnitud de la diferencia entre el sistema manual y el digital, así como observar cambios en la consistencia y variabilidad de los tiempos.

- **Prueba de Hipótesis para la Reducción de Demoras**: Para determinar si la reducción observada en la duración de la demora era estadísticamente significativa, se aplicó una prueba de hipótesis para muestras independientes. Considerando la naturaleza no paramétrica de la distribución de los datos, se seleccionó la prueba U de Mann-Whitney.

- **Análisis de Correlación y Regresión:** Para demostrar matemáticamente la relación entre la eficiencia operativa y la

productividad, se realizó un análisis de regresión lineal. Se modeló la relación entre las variables "Tiempos Muertos" y "Producción". El objetivo de este análisis fue confirmar la existencia de una fuerte correlación negativa, probando que una disminución en los tiempos de inactividad tiene un efecto predecible y positivo en el tonelaje movido.

- **Análisis del Impacto en la Productividad:** Finalmente, se realizó un análisis comparativo de la producción total de mineral acarreado por la flota de estudio entre ambos periodos de estudio. Se calculó tanto la diferencia absoluta en toneladas como la variación porcentual para dimensionar el impacto final de la digitalización del IPERC en los resultados productivos de la operación y se realizó una prueba de hipótesis para muestras relacionadas. Considerando la naturaleza paramétrica de la distribución de los datos, se seleccionó la prueba T de student.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen los resultados cuantitativos obtenidos del análisis de la implementación del IPERC digital. La data fue extraída directamente del software de gestión de flota MineOPS para los periodos de estudio: definido como el periodo pretest y el periodo postest. Para asegurar una comparación controlada y precisa, el análisis se centró en una muestra específica de la flota, compuesta por 15 volquetes modelo Komatsu 930E que operaron en conjunto con las palas P01, P03, P04 y P05. Es importante destacar que, para aislar el impacto en la productividad, se consideraron únicamente los ciclos de trabajo dedicados exclusivamente al acarreo de material mineral, excluyendo los movimientos de desmonte u otros materiales.

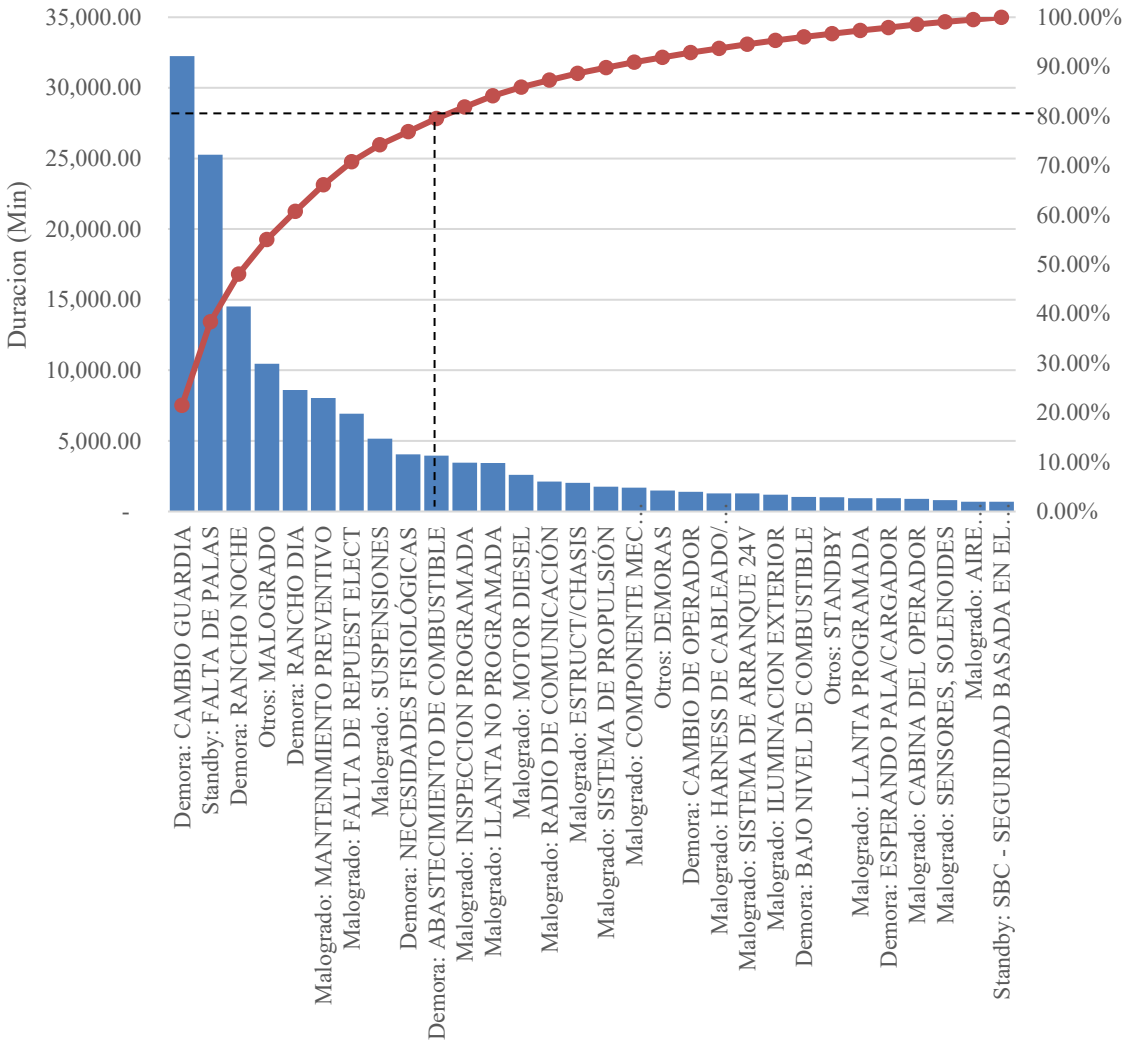
4.1. Diagnóstico de las Demoras en el Sistema Tradicional

Para el análisis de las deficiencias del sistema tradicional y comprender la magnitud de los desafíos operativos, se realizó un estudio de priorización de las diversas categorías de demoras operativas. Este análisis tuvo como objetivo identificar cuáles son los tipos de inactividad que generan el mayor impacto en la operación, permitiendo así una focalización estratégica de futuras acciones de mejora. Para ello, se empleó el Diagrama de Pareto, una herramienta que facilita la visualización y clasificación de las causas de ineficiencia.

El Diagrama de Pareto (Figura 15), elaborado para el periodo pretest, correspondiente al periodo previo a la digitalización del IPERC, permitió identificar y priorizar las principales causas de demoras operativas en la flota de volquetes Komatsu 930E. Este análisis visualiza la contribución individual y acumulada de cada tipo de demora al tiempo total de inactividad, que ascendió a 149,979 minutos en el periodo estudiado.

Figura 15

Diagrama de Pareto previo a la digitalización del IPERC



Nota. *Elaboración propia a partir del análisis de los datos de demoras del período pretest, extraídos del sistema MineOPS.*

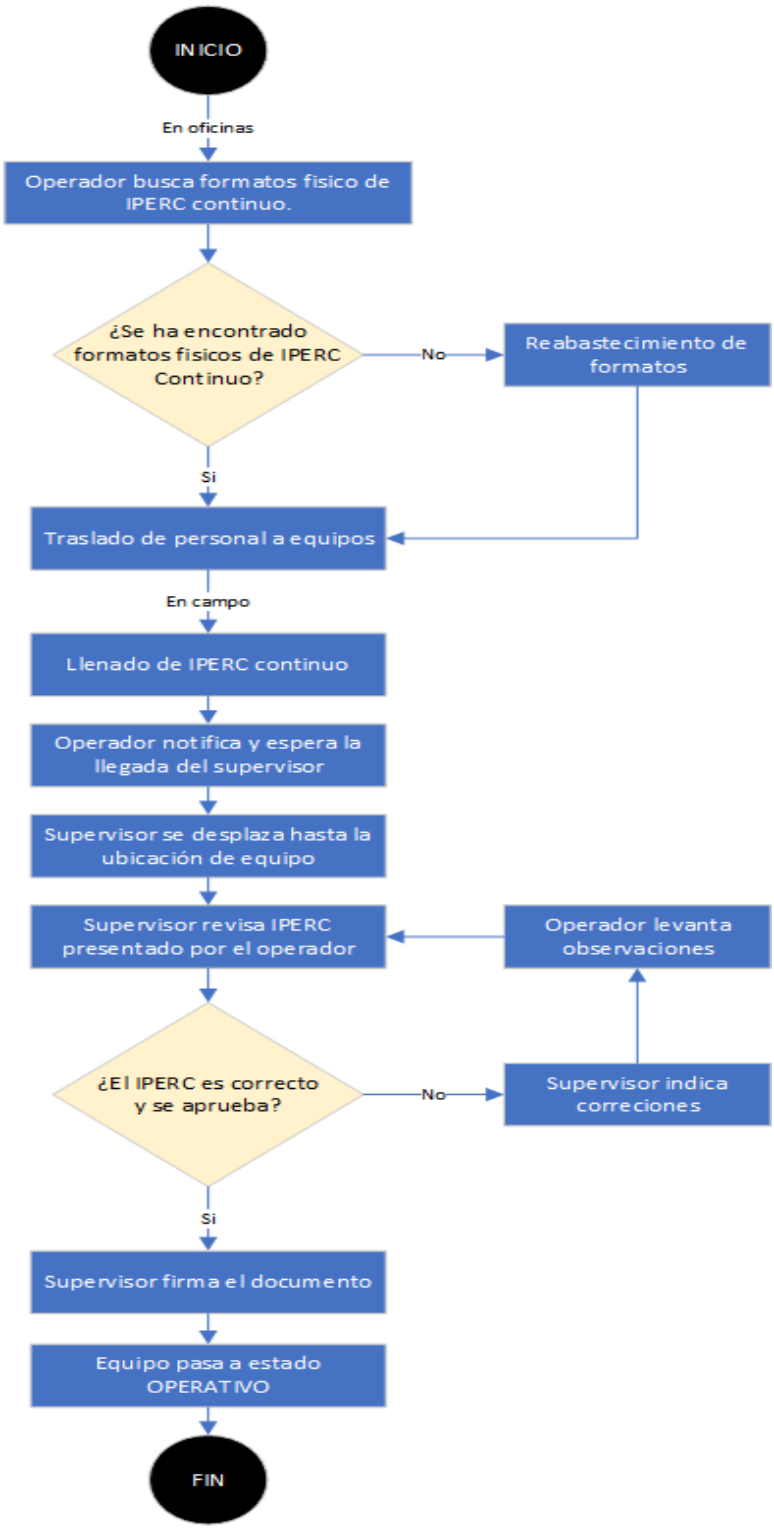
Se observa que un número reducido de categorías de demoras es responsable de la mayor parte del tiempo de inactividad. Este patrón confirma el principio de Pareto, donde un pequeño porcentaje de problemas genera la mayor parte de los efectos, ya que las primeras siete categorías explicaron aproximadamente el 70% del tiempo total de demoras. La demora asociada al "Cambio de guardia" fue la causa individual más significativa, representando cerca del 22% del total acumulado.

El Diagrama de Pareto revela que, antes de la implementación de la digitalización del IPERC, la operación enfrentaba un desafío significativo en la gestión del tiempo, con la demora de "Cambio de guardia" siendo un cuello de botella crítico. Los resultados confirman la pertinencia de la intervención tecnológica propuesta por esta investigación, al dirigirse a una de las fuentes de inactividad más impactantes en la productividad de la mina.

El Cambio de Guardia es un proceso operativo crítico que se inicia con el relevo del operador del turno entrante. Este proceso abarca las fases logísticas iniciales, como el relevo de personal, indicaciones de trabajo, charla de seguridad hasta el traslado al equipo asignado, la elaboración y llenado de sus documentos de gestión de seguridad (específicamente el IPERC), y la espera por la aprobación de dicho documento por parte de la supervisión. El proceso culmina en el instante en que el equipo minero recibe la autorización y cambia su estado a Operativo en el sistema de gestión de flota MineOPS, momento a partir del cual puede iniciar sus labores productivas. La Figura 16 ilustra la secuencia de pasos, los puntos de decisión y los bucles de re-trabajo que caracterizaban a este procedimiento manual de IPERC basado en formatos físicos.

Figura 16

Diagrama de Flujo del Proceso Manual de Gestión del IPERC



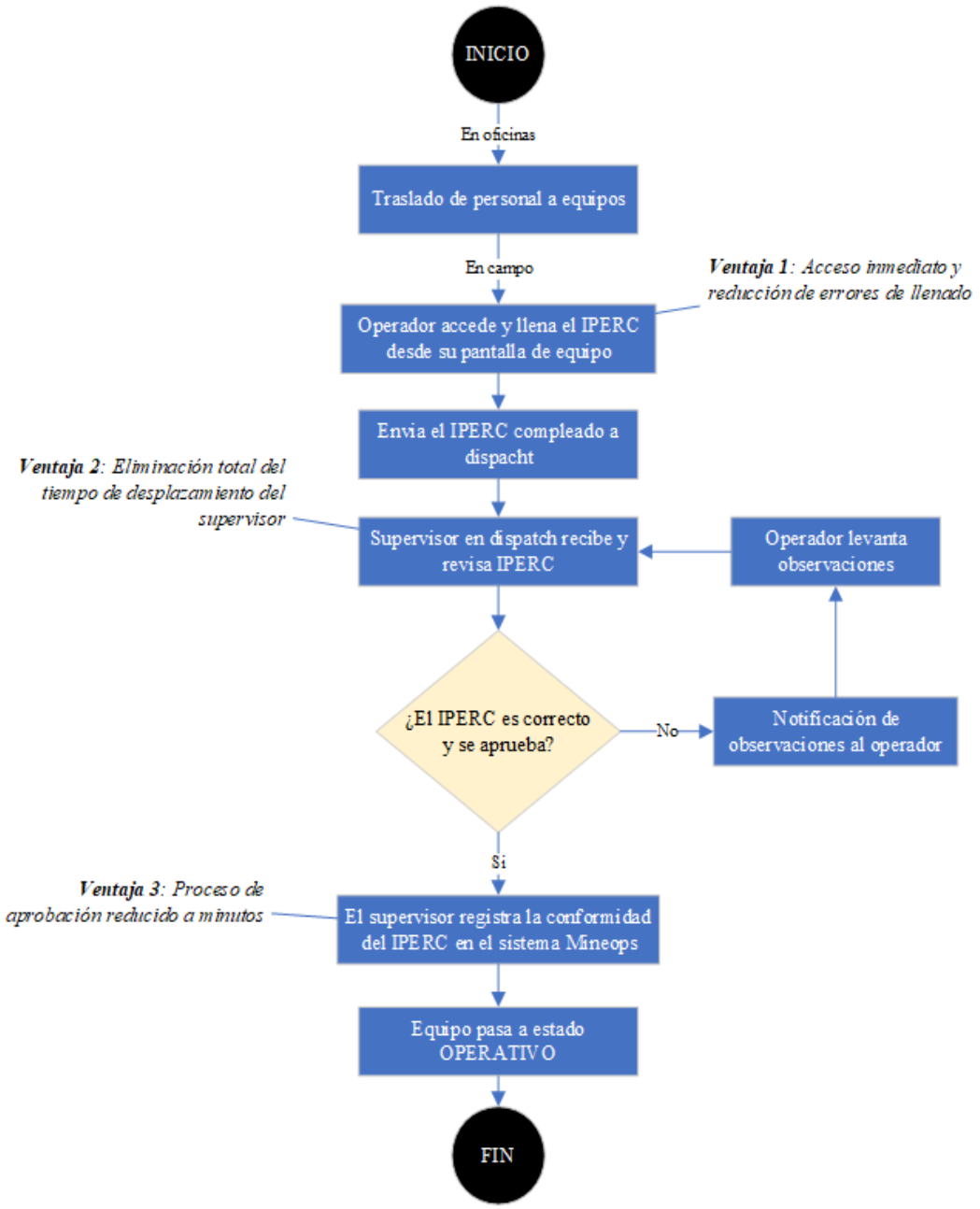
Nota. *El diagrama ilustra el flujo de trabajo del sistema manual, destacando los puntos de espera, desplazamiento y corrección que generan demoras operativas. Elaboración propia.*

El diagrama de flujo evidencia las deficiencias inherentes al proceso manual. Se destacan tres cuellos de botella críticos que generan tiempos muertos: primero, la espera del operador en el equipo después de llenar el documento; segundo, el tiempo de desplazamiento que el supervisor debe invertir para llegar a la ubicación del equipo; y tercero, el potencial bucle de re-trabajo si se indican correcciones, lo que duplica las demoras anteriores. Este análisis visual del proceso demuestra que los retrasos no eran eventos aislados, sino una consecuencia directa de la estructura del sistema manual, justificando así la necesidad de la intervención tecnológica evaluada en esta investigación.

En contraposición a las deficiencias inherentes al sistema tradicional, se presenta el flujo de trabajo optimizado habilitado por la digitalización del IPERC. La Figura 17 ilustra una reingeniería fundamental del proceso, donde los cuellos de botella previamente identificados son eliminados, como la espera por desplazamiento del supervisor y los ciclos de re-trabajo presencial.

Figura 17

Diagrama de Flujo del Proceso Optimizado con IPERC Digital



Nota. *El diagrama muestra el flujo de trabajo digital, destacando la eliminación de demoras por desplazamiento y la agilidad del ciclo de aprobación remota. Elaboración propia.*

El nuevo procedimiento, soportado por el software MineOPS, transforma un flujo secuencial y dependiente de la ubicación física en un sistema ágil, remoto y centralizado. Como se destaca en las anotaciones, las ventajas son

inmediatas: el operador accede al formato digital sin demoras, se eliminan los tiempos improductivos asociados al traslado del supervisor y el ciclo de aprobación se reduce a minutos. Incluso en el caso de requerir correcciones, el proceso de notificación y ajuste es telemático y eficiente, evitando la duplicación de las esperas.

Esta transformación del flujo de trabajo no solo representa una mejora cualitativa, sino que es la base sobre la cual se sustentan las ganancias cuantitativas en tiempos operativos y productividad que se analizan en las siguientes secciones.

4.2. Análisis Comparativo de la Demora por "Cambio de Guardia"

Durante el período de estudio pretest, la flota de volquetes Komatsu 930E registró un total de 53,984 minutos de duración operativa en las primeras horas del inicio de guardia, (07:50 a 08:50 y 19:50 a 20:50). Al excluir la categoría estado operativo, se obtuvo un volumen de 39,525 minutos correspondientes a demoras operativas provenientes de diversas fuentes. Este considerable volumen de inactividad subrayó la relevancia de identificar y abordar las causas más recurrentes y de mayor impacto en la productividad de las operaciones. La Tabla 4 resume esta distribución, mostrando tanto las duraciones absolutas en minutos como su peso porcentual, y revela a simple vista el impacto de la intervención.

Tabla 4

Duración de estados de los equipos Komatsu 930E en el arranque de guardia

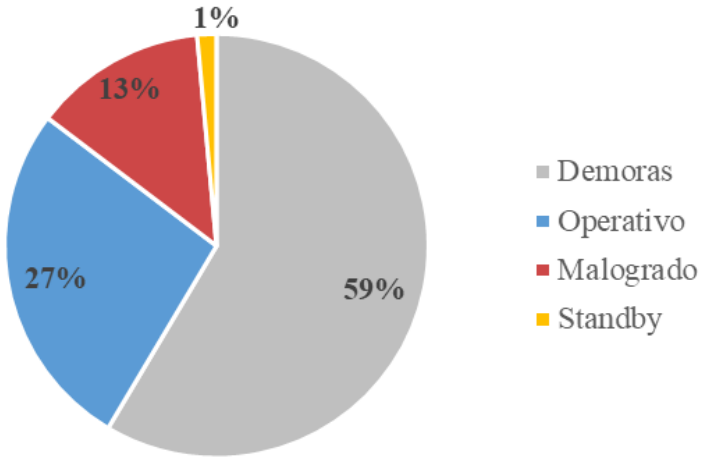
Estado	Periodo Pretest		Periodo Postest	
	Duracion (min)	%	Duracion (min)	%
Demoras	31 607	59%	25 489	47%
Operativo	14 458	27%	19 795	37%
Malogrado	7125	13%	7409	14%
Standby	793	1%	1295	2%
Total general	**53 984**	**100%**	**53 988**	**100%**

Nota. *Elaboración propia a partir de los registros de estado del sistema MineOPS.*

Para una mejor visualización de los datos de la Tabla 3, se generaron los siguientes gráficos circulares. La Figura 18 ilustra la distribución de los estados durante el período pretest, que representa la línea base de la operación. En este gráfico se observa que la mayor parte del tiempo (59%) correspondía a "Demoras", mientras que el tiempo productivo u "Operativo" representaba solo un 27% del total.

Figura 18

Distribución de los Estados de los Equipos K930E – Periodo Pretest

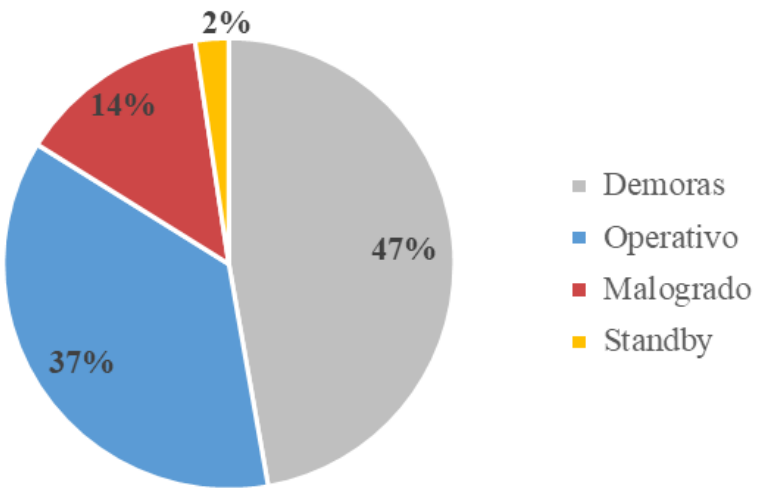


Nota. *Distribución porcentual de los estados de tiempo de la flota durante el período pretest. Elaboración propia a partir de datos de MineOPS.*

En contraposición a la línea base, el siguiente gráfico muestra la redistribución de los tiempos tras la implementación del IPERC digital. En esta nueva configuración, se esperaba observar una reducción en la porción correspondiente a "Demoras" y un crecimiento del tiempo "Operativo", lo que confirmaría el impacto positivo de la intervención.

Figura 19

Distribución de los Estados de los Equipos K930E – Periodo Postest



Nota. *Distribución porcentual de los estados de tiempo de la flota durante el período postest. Elaboración propia a partir de datos de MineOPS.*

Como se confirma en la Figura 19, la tendencia esperada se materializó. El análisis comparativo de ambas gráficas demuestra una clara mejora del tiempo en el arranque de guardia, con una reducción significativa del tiempo en "Demoras" (del 59% al 47%) y un notable incremento en el tiempo "Operativo" (del 27% al 37%).

El análisis de las gráficas circulares demuestra una clara tendencia general hacia la optimización del tiempo. Sin embargo, para confirmar que este efecto fue consistente a lo largo de toda la flota y no el resultado de valores atípicos, se realizó un desglose detallado de la duración de cada estado para los 15 volquetes de la muestra. La Tabla 5 presenta los datos correspondientes al período pretest, estableciendo la línea base del desempeño individual.

Tabla 5

Desglose de la Duración de Estados por Equipo – Período Pretest (Minutos)

Equipo	Estado				Total general
	Demora	Operativo	Malogrado	Standby	
V100	2151	1014	265	169	3598
V101	2166	950	362	121	3600
V103	1616	672	1298	14	3599
V105	2026	946	593	34	3599
V106	2134	1056	387	22	3599
V107	2124	915	518	42	3599
V108	2131	1030	333	104	3599
V109	2089	1048	440	21	3598
V110	2169	1204	221	4	3599
V111	1984	1060	555	0	3599
V112	1911	802	738	148	3599
V113	2329	996	240	34	3599
V114	2267	902	422	7	3598
V115	2148	767	631	53	3599
V116	2361	1095	122	20	3599
Total general	**31 607**	**14 458**	**7125**	**793**	**53 984**

Nota. *Desglose de tiempos por equipo durante el período pretest (sistema manual). Elaboración propia a partir de los registros de estado del sistema MineOPS.*

La tabla anterior establece el rendimiento de cada equipo bajo el sistema manual. A continuación, en la Tabla 6, se presentan los datos del período postest, donde se puede observar cómo la implementación del IPERC digital impactó la distribución de tiempos en cada una de las unidades de la flota.

Tabla 6

Desglose de la Duración de Estados por Equipo – Período Postest (Minutos)

Equipo	Estado				Total general
	Demora	Operativo	Malogrado	Standby	
V100	1417	1327	710	145	3599
V101	1665	1552	274	108	3600
V103	1382	1081	957	179	3599
V105	1893	1224	422	61	3600
V106	1698	1417	416	68	3599
V107	1913	1343	237	107	3599
V108	1644	1266	624	65	3599
V109	1805	1291	394	109	3599
V110	1746	1332	521	0	3599
V111	1679	1331	496	93	3599
V112	1713	1510	253	124	3599
V113	1706	1432	433	29	3599
V114	1626	994	890	89	3599
V115	1881	1439	218	63	3600
V116	1724	1257	565	54	3600
Total general	**25 489**	**19 795**	**7409**	**1295**	**53 988**

Nota. *Desglose de tiempos por equipo durante el período postest (sistema digital). Elaboración propia a partir de los registros de estado del sistema Meneos.*

Se observa que la gran mayoría de los equipos experimentaron una reducción en sus "Demoras" y un correspondiente aumento en su tiempo "Operativo". Esta consistencia a nivel individual refuerza la conclusión de que la mejora fue el resultado de un cambio sistémico en el proceso y no de factores aislados.

Una vez demostrada la reducción en la categoría general de "Demoras", el análisis se centró en su componente principal, identificado por el Diagrama de Pareto: el "Cambio de Guardia". Para evaluar el impacto directo de la digitalización sobre este cuello de botella específico, se cuantificó el tiempo total

acumulado que cada volquete de la muestra permaneció en dicho estado durante los períodos pretest y postest. La Tabla 7 presenta este desglose detallado por equipo.

Tabla 7

Duración Total Acumulada del Estado "Cambio de Guardia" por Equipo (Minutos)

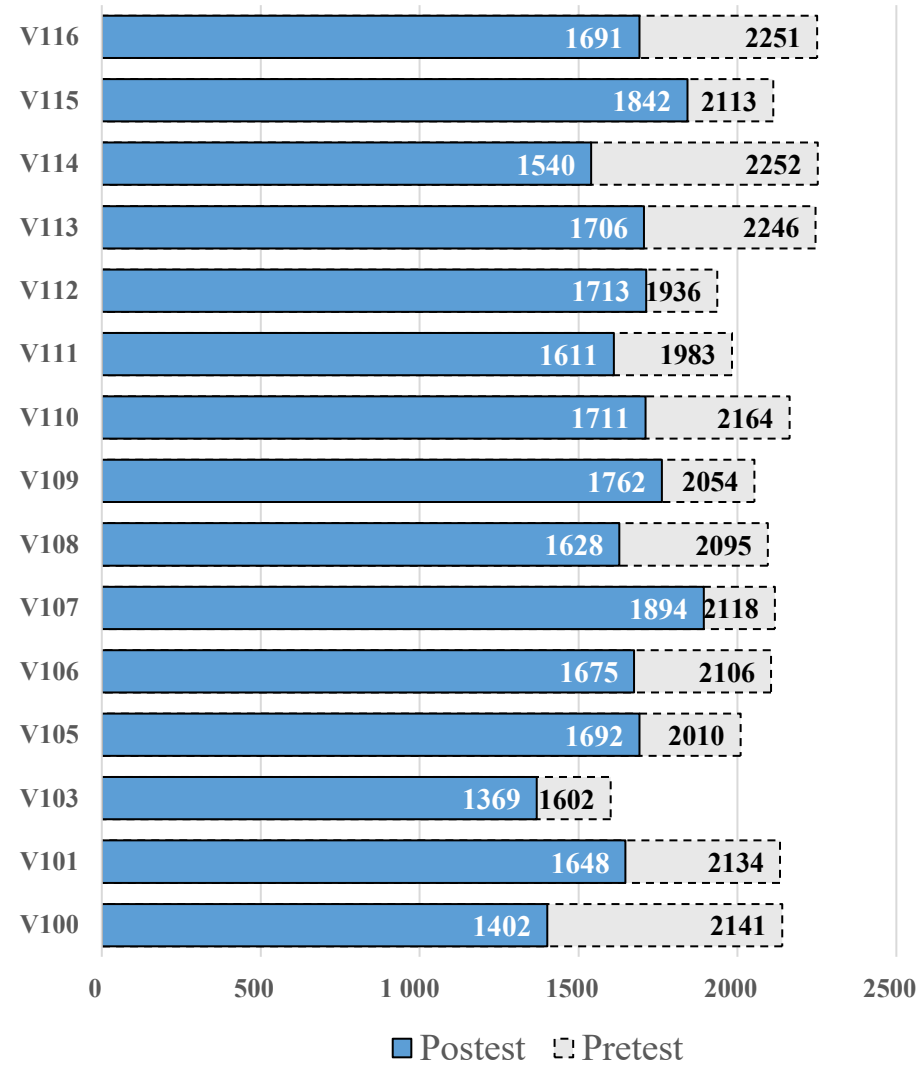
Equipo	Pretest (min)	Postest (min)	%
V100	2141	1402	-35%
V101	2134	1648	-23%
V103	1602	1369	-15%
V105	2010	1692	-16%
V106	2106	1675	-20%
V107	2118	1894	-11%
V108	2095	1628	-22%
V109	2054	1762	-14%
V110	2164	1711	-21%
V111	1983	1611	-19%
V112	1936	1713	-12%
V113	2246	1706	-24%
V114	2252	1540	-32%
V115	2113	1842	-13%
V116	2251	1691	-25%
Suma Total	**31 203**	**24 884**	**-20%**

Nota. *Comparativa del tiempo total de la demora por "Cambio de Guardia" para cada equipo en ambos períodos. Elaboración propia a partir de los registros de estado del sistema MineOPS.*

Para visualizar de manera más clara el impacto de la intervención en cada una de las unidades de la flota, la Figura 20 presenta una comparación gráfica de los tiempos totales acumulados en el estado de "Cambio de Guardia" para los periodos pretest y postest.

Figura 20

Duración Total Acumulada del Estado "Cambio de Guardia" por Equipo (Minutos)



Nota. *El gráfico compara los minutos totales que cada volquete permaneció en el estado de "Cambio de Guardia" durante el periodo pretest y postest. Elaboración propia.*

Los datos demuestran de manera concluyente el efecto de la intervención. El tiempo total acumulado que la flota de estudio pasó en el estado "Cambio de Guardia" se redujo de 31,201 minutos en el periodo pretest a 24,884 minutos en el periodo postest, lo que representa una disminución total del 20% en esta demora específica. Es importante destacar que la mejora fue consistente a lo largo de toda la flota evaluada.

Posteriormente, se calculó la duración promedio del evento "Cambio de Guardia" para cada uno de los 15 volquetes de la muestra en ambos periodos. La Tabla 8 presenta estos resultados, permitiendo una comparación directa del rendimiento por equipo.

Tabla 8

Duración Promedio del Estado "Cambio de Guardia" por Equipo (minutos)

Equipo	Pretest	Postest
V100	38.82	28.60
V101	38.69	29.43
V103	39.40	29.76
V105	38.46	31.93
V106	37.52	29.91
V107	39.08	32.10
V108	37.33	31.31
V109	37.89	32.64
V110	37.26	31.68
V111	37.25	31.59
V112	40.84	30.05
V113	39.33	31.59
V114	39.45	31.42
V115	40.43	31.23
V116	38.77	32.52
Promedio	**38.66**	**31.07**

Nota. *El promedio fue calculado a partir de los registros de eventos para cada equipo en los periodos pretest y postest. Elaboración propia.*

Como se observa en la tabla, la reducción en la duración promedio del "Cambio de Guardia" fue un efecto consistente en toda la flota estudiada. Cada uno de los 15 volquetes experimentó una disminución en el tiempo promedio de esta demora, lo que demuestra que la mejora no fue un hecho aislado, sino el resultado de un cambio sistémico. La estadística descriptiva de estos tiempos en ambos periodos se resume a continuación (Tabla 9).

Tabla 9

Estadísticas Descriptivas de la Duración de la Demora por Cambio de Guardia (Minutos)

Estadisticas	Pretest (Min)	Postest (Min)
Media	38.66	31.07
Mediana	37.95	30.78
Varianza	42.31	35.86
Desviación estándar	6.50	5.99
Mínimo	26.32	17.92
Máximo	60.00	54.78

Nota. *Elaboración propia a partir del análisis de los datos de duración de la demora con el software SPSS.*

La reducción promedio de 7.59 minutos no es solo una mejora estadística, sino la validación cuantitativa de la hipótesis principal: el sistema manual era una causa directa de la prolongación de la demora “Cambio de Guardia”. Este tiempo ganado representa, en términos prácticos, la eliminación casi total del "tiempo de traslado" del supervisor que se identificó en el diagrama de flujo del proceso manual (Figura 16). Al digitalizar el IPERC, la autorización dejó de ser un proceso dependiente de la ubicación física del supervisor y se transformó en una acción remota e instantánea desde la sala de control. Por lo tanto, esta reducción no es una mejora marginal, sino la consecuencia directa de haber rediseñado el flujo de trabajo, eliminando un paso que intrínsecamente generaba tiempo improductivo y validando que la intervención atacó la causa raíz del problema.

Para validar estadísticamente estas observaciones, se procedió a realizar una prueba de normalidad. Debido al considerable tamaño de la muestra mensual (N=834 para el pretest y N=801 para el postest), se seleccionó la prueba de Kolmogorov-Smirnov por ser un método de mayor robustez para grandes conjuntos de datos (Tabla 10).

Tabla 10

Prueba de normalidad de duración de cambio de guardia - Periodo pre y postest.

Periodo	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	0.061	834	0.000	0.956	834	0.000
Postest	0.041	801	0.003	0.982	801	0.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. *Resultados de la prueba de normalidad generados con el software SPSS.*

Los resultados obtenidos de la prueba de Kolmogorov-Smirnov indicaron que la duración de la demora por "Cambio de Guardia" no se ajustaba a una distribución normal en ninguno de los dos períodos estudiados. Se registraron valores p estadísticamente significativos ($p < 0.001$ para el pretest y $p = 0.003$ para el postest), ambos inferiores al nivel de significancia de 0.05. Este hallazgo fundamentó la decisión de emplear métodos estadísticos no paramétricos para el análisis posterior. Por lo tanto, para verificar la significancia de la reducción en la demora, se aplicó la Prueba U de Mann-Whitney, cuyos resultados se exponen en la Tabla 11.

Tabla 11

Prueba U de Mann-Whitney para la duración de la demora por Cambio de guardia.

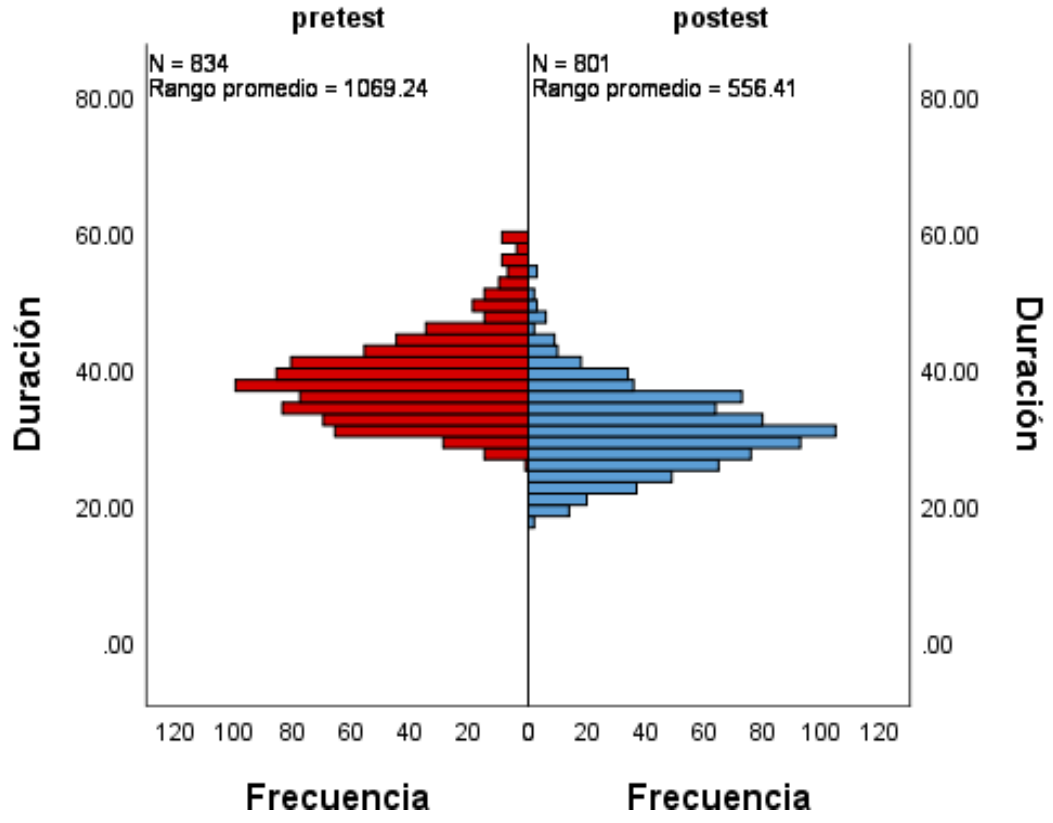
Resumen de prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	
N total	1635
U de Mann-Whitney	124483.000
W de Wilcoxon	445684.000
Estadístico de prueba	124483.000
Error estándar	9543.330
Estadístico de prueba estandarizado	-21.956
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.000

Nota. *Resumen de resultados de la prueba U de Mann-Whitney generados con el software SPSS.*

La aplicación de la Prueba U de Mann-Whitney confirmó que la diferencia observada entre ambos períodos era estadísticamente significativa. El análisis arrojó un estadístico U de 124,483.000 y un estadístico de prueba estandarizado de -21.956. El valor de significancia asintótica (valor p) fue inferior a 0.001, un resultado considerablemente menor que el nivel de significancia establecido de 0.05. Con base en esta evidencia, se rechaza la hipótesis nula de que no existe diferencia entre las medianas de ambos grupos. Por lo tanto, se concluye con un alto grado de confianza que la reducción en la duración de la demora por "Cambio de Guardia", al comparar el período pretest con el postest, representa una mejora real y no es atribuible al azar.

Figura 21

Distribución de la Duración de la Demora por Cambio de Guardia por Periodo (Pretest vs. Postest)



Nota. *El gráfico de pirámide poblacional muestra la distribución de frecuencias de la duración de la demora para el periodo pretest (izquierda) y postest (derecha). Elaboración propia a partir de los datos de SPSS.*

El resultado de la prueba U de Mann-Whitney se confirma visualmente en el gráfico de distribución de la Figura 21. En este se observa un claro desplazamiento de la distribución de frecuencias del período postest hacia duraciones más cortas en comparación con el pretest. Este cambio se refleja en la diferencia de los rangos promedio: el valor más alto en el pretest (1069.24) indica una tendencia a demoras más largas, mientras que el valor inferior en el postest (556.41) evidencia la mejora sistémica hacia tiempos más eficientes.

4.3. Evaluación del Impacto de la Digitalización en la Productividad

4.3.1. Análisis Comparativo de la Producción Total de Mineral

Una vez validada la reducción en el tiempo de demora, el siguiente paso consistió en cuantificar su efecto sobre el principal indicador de productividad: el tonelaje de mineral transportado. Para visualizar esta conexión de manera clara, se presenta una tabla comparativa que contrasta los tiempos muertos totales con el tonelaje de mineral producido por cada equipo en ambos períodos. La Tabla 12 resume estos resultados.

Tabla 12

Comparación de la Producción de Mineral y Tiempos Muertos por Equipo en el arranque de guardia (Pretest vs. Postest)

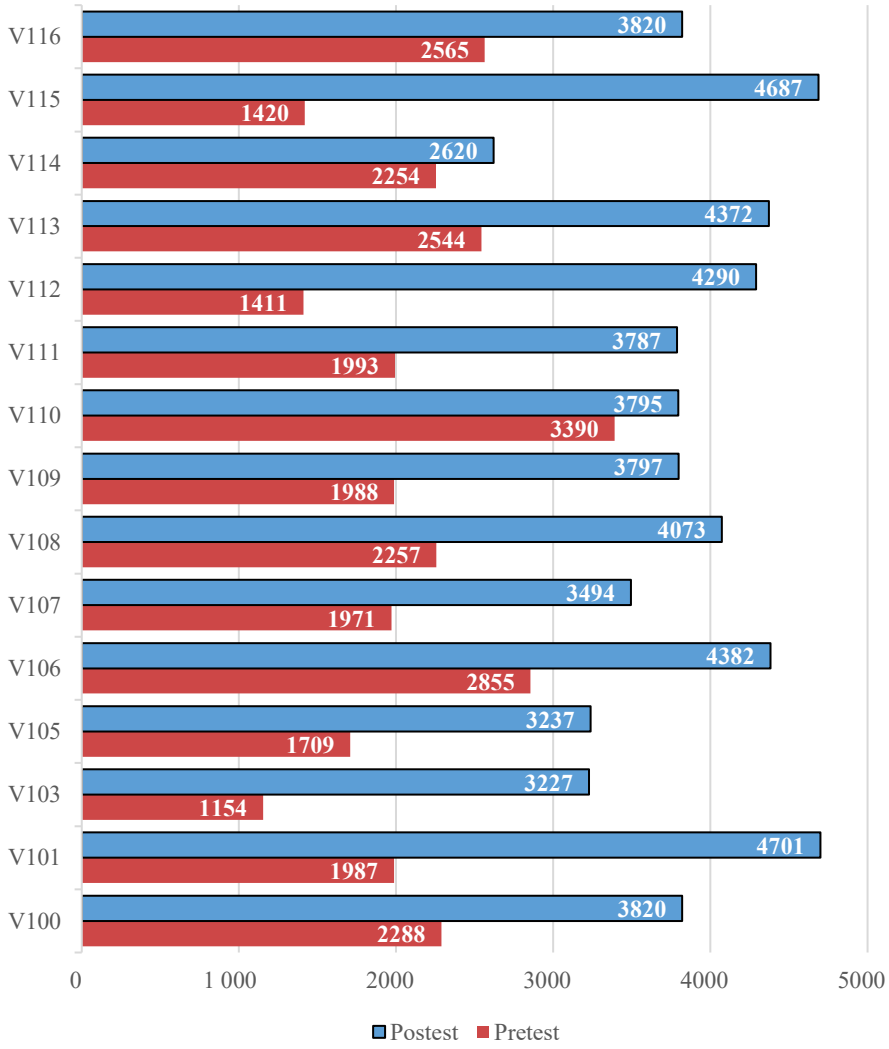
Equipo	Pretest		Postest	
	Producción Mineral (Tn)	Tiempos Muertos (min)	Producción Mineral (Tn)	Tiempos Muertos (min)
V100	2288	2584	3820	2272
V101	1987	2649	4701	2048
V103	1154	2927	3227	2518
V105	1709	2654	3237	2376
V106	2855	2543	4382	2182
V107	1971	2684	3494	2256
V108	2257	2568	4073	2333
V109	1988	2549	3797	2308
V110	3390	2395	3795	2267
V111	1993	2539	3787	2268
V112	1411	2797	4290	2089
V113	2544	2603	4372	2167
V114	2254	2696	2620	2605
V115	1420	2832	4687	2161
V116	2565	2504	3820	2343
Total general	**31 784**	**39 525**	**58 102**	**34 193**

Nota. *La tabla compara los tiempos muertos totales acumulados y el tonelaje de mineral acarreado para cada volquete durante la primera hora de operación en los períodos pretest y postest. Elaboración propia a partir de los datos del sistema Mineops.*

Para facilitar la interpretación de los datos de produccion presentados en la tabla anterior y visualizar de manera más directa la magnitud del cambio en cada unidad, se elaboró el siguiente gráfico comparativo. La Figura 22 muestra el tonelaje de mineral producido por cada volquete en ambos períodos.

Figura 22

Comparación de la Producción de Mineral por Equipo en el arranque de guardia.



Nota. *El gráfico compara el tonelaje total de mineral acarreado por cada volquete durante la primera hora de extracción de mineral en ambos periodos. Elaboración propia a partir de los datos de MineOPS.*

El impacto en la productividad se evidencia al comparar el acarreo total de mineral, que pasó de 31,784 toneladas en el período pretest a 58,102 toneladas en el postest. Este cambio representa un notable incremento del 83% en la producción durante la primera hora de operación. Este resultado es la consecuencia directa y más importante de la optimización de los tiempos de arranque, demostrando cómo los minutos ahorrados en el cambio de guardia se

tradujeron efectivamente en tiempo productivo adicional para la flota. Cada uno de los 7.59 minutos promedio recuperados por evento, al ser multiplicado por la flota de 15 volquetes en los dos cambios de guardia diarios, liberó cientos de horas operativas al mes que antes se perdían en esperas. El sistema digital no solo agilizó un trámite de seguridad, sino que devolvió a la operación su recurso más valioso: el tiempo. Este hallazgo confirma que la eficiencia en procesos auxiliares, como el IPERC, no es un objetivo secundario, sino una palanca directa para maximizar el rendimiento productivo de la mina.

Tras evidenciar el sustancial incremento en la producción de mineral, se procedió a realizar un análisis estadístico para validar dos aspectos fundamentales: primero, que dicho aumento es estadísticamente significativo y no producto del azar; y segundo, que existe una relación causal directa entre este incremento y la reducción de los tiempos muertos previamente analizada. Para llevar a cabo este análisis de manera rigurosa, y antes de aplicar pruebas paramétricas como la T de Student o la correlación de Pearson, es un requisito metodológico verificar que las variables de estudio se ajusten a una distribución normal. Por consiguiente, en la siguiente Tabla 13 se presentan los resultados de la prueba de normalidad para las variables "Tiempos Muertos" y "Producción" en ambos periodos.

Tabla 13

Pruebas de Normalidad para Tiempos Muertos y Producción (Pretest y Postest)

Periodo	Variables	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	Tiempos Muertos (Min)	0.129	15	.200*	0.959	15	0.682
	Produccion (Tn)	0.133	15	.200*	0.970	15	0.855
Postest	Tiempos Muertos (Min)	0.134	15	.200*	0.953	15	0.567
	Produccion (Tn)	0.174	15	.200*	0.951	15	0.540

* Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a Corrección de significación de Lilliefors

Nota. *Elaboración propia a partir de los datos de SPSS.*

Como se observa en la Tabla 13, el valor de significancia (Sig.) para todas las variables en ambos periodos fue superior a 0.05. Al tratarse de una muestra menor a 50, se considera la prueba de Shapiro-Wilk, la cual confirma que los datos se distribuyen de manera normal. Este hallazgo justifica el uso de pruebas paramétricas para los análisis subsecuentes.

Tabla 14

Estadísticas de Grupo para la Producción (Tn)

	Periodo	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Produccion (Tn)	**Pretest**	15	2118.9027	583.39266	150.63134
	Postest	15	3873.4667	575.10768	148.49216

Nota. *Elaboración propia a partir de los datos de SPSS.*

Para determinar si el incremento de 2,118.90 toneladas en el periodo pretest a 3,873.47 toneladas en el periodo postest de la Tabla 14 era estadísticamente significativo, se aplicó una Prueba T de Student para muestras relacionadas. Se eligió esta prueba porque los datos de producción del período pretest y postest (Tabla 12) provienen del mismo grupo de 15 volquetes, constituyendo un diseño de "antes y después". La Tabla 15 presenta los resultados de esta prueba.

Tabla 15

Resultados de la Prueba T para Muestras Relacionadas (Producción Tn)

		Diferencias emparejadas							
					95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Producción (Tn)	**Pretest - Postest**	-1754.564	792.538	204.633	-2193.457	-1315.671	-8.574	14	0.000

Nota. *La tabla muestra el resultado de la prueba T pareada, analizando la diferencia promedio en la producción de los equipos entre ambos períodos. Elaboración propia a partir de los datos de SPSS.*

El resultado de la Prueba T (Tabla 15) es la validación estadística definitiva de la hipótesis central de esta investigación. El valor de significancia ($p < 0.001$) demuestra de manera concluyente que el masivo incremento en la producción no fue producto del azar, sino un efecto directo y causal de la digitalización del IPERC. La media de la diferencia (-1,754.56 toneladas) cuantifica el impacto tangible: cada volquete, en promedio, produjo más de 1,750 toneladas adicionales. Este análisis no solo muestra que la producción aumentó, sino que prueba, que la intervención tecnológica fue la causa, transformando el tiempo operativo recuperado en un retorno productivo medible y significativo.

4.3.2. Análisis de Correlación entre Tiempos Muertos y Producción (Periodo Pretest)

Para investigar la relación lineal entre los tiempos de inactividad y el rendimiento, se procedió con un análisis de correlación y regresión. Este análisis se fundamentó en la confirmación previa del supuesto de normalidad para las variables "Tiempos Muertos" y "Producción", tal como se evaluó en la sección anterior. Específicamente, se aplicó la correlación de Pearson para cuantificar con precisión la fuerza y la dirección de la asociación entre el tiempo muerto y la producción diaria durante el período pretest. Los resultados de este análisis se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16

Correlación de Pearson Periodo Pretest

Variable		Tiempos Muertos (Min)	Producción (Tn)
Tiempos Muertos (Min)	**Correlación de Pearson**	1	-.874**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	15	15
Producción (Tn)	**Correlación de Pearson**	-.874**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	15	15

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

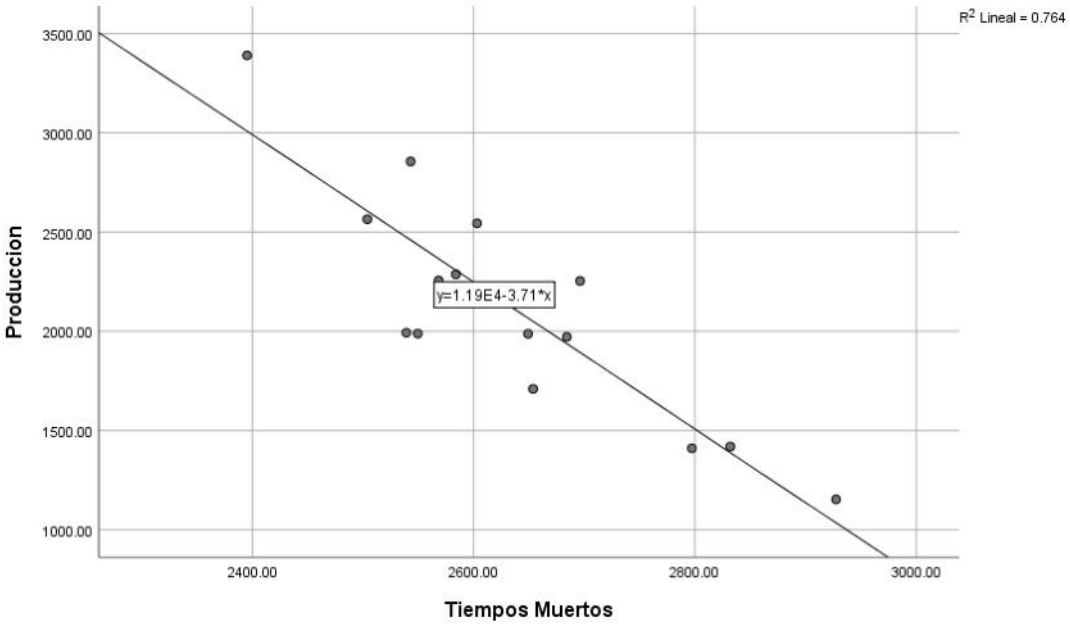
Nota. *Elaboración propia a partir de los datos de SPSS.*

El análisis de correlación de Pearson reveló la existencia de una asociación lineal inversa y muy fuerte entre el tiempo muerto y la producción durante el período pretest, con un coeficiente de -0.874. Este hallazgo significa que, antes de la implementación, un incremento en los tiempos de inactividad estaba directamente relacionado con una disminución significativa en el tonelaje producido.

La validez de esta correlación fue confirmada estadísticamente, ya que el valor de significancia ($p < 0.001$) fue muy inferior al umbral de 0.05, descartando que la relación se debiera al azar. Con el fin de visualizar esta dependencia de manera más clara y desarrollar un modelo predictivo, se procedió a elaborar un gráfico de regresión lineal.

Figura 23

Regresión Lineal entre Tiempos Muertos y Producción (Pretest)



Nota. *Elaboración propia a partir de los datos de SPSS.*

El modelo de regresión lineal, representado gráficamente en la Figura 23, aportó una confirmación visual y cuantitativa de la fuerte correlación negativa. La línea de tendencia descendente muestra claramente que a medida que los tiempos muertos se incrementaban, la producción disminuía. La ecuación de la regresión ($y=1.19E4-3.71x$) cuantificó esta relación, indicando que por cada

minuto adicional de inactividad, la producción promedio se reducía en 3.71 toneladas. Además, el alto coeficiente de determinación (R^2 =0.768) reveló que el 76.8% de la variabilidad en la producción podía ser explicada por las fluctuaciones en los tiempos muertos. En conjunto, estos resultados demuestran la dependencia directa y significativa de la producción respecto a la gestión del tiempo.

4.3.3. Análisis de Correlación entre Tiempos Muertos y Producción (Periodo Postest)

Al repetir el análisis para el período postest, se encontró que la relación entre las variables no solo persistía, sino que se había fortalecido. El coeficiente de correlación de Pearson fue de -0.906, un valor aún más cercano a -1 que el registrado en el pretest, lo que evidencia una asociación lineal inversa extremadamente fuerte. La significancia estadística de esta robusta correlación fue confirmada con un valor p inferior a 0.001. Los datos completos de este análisis se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17

Correlación de Pearson Periodo Postest

Variable		Tiempos Muertos (Min)	Produccion (Tn)
Tiempos Muertos (Min)	**Correlación de Pearson**	1	-.906**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	15	15
Producción (Tn)	**Correlación de Pearson**	-.906**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	15	15

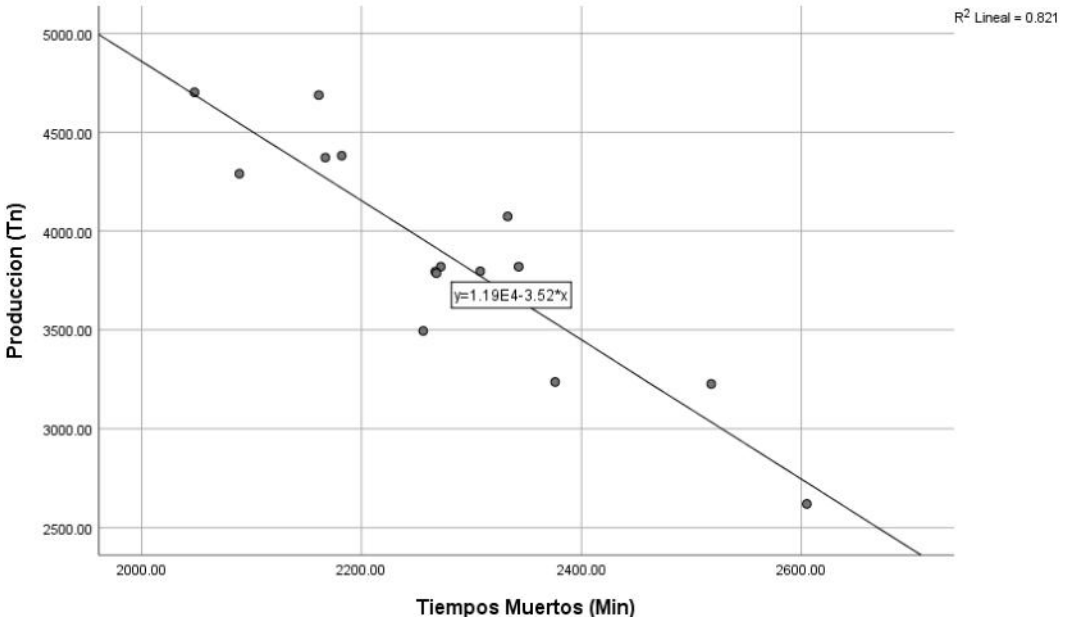
** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. *Elaboración propia a partir de los datos de SPSS.*

La representación gráfica del modelo de regresión lineal para el período postest (Figura 24) proporcionó una confirmación visual de la fuerte correlación negativa. En la figura, se observa una clara línea de tendencia descendente, la cual demuestra que la producción disminuía a medida que los tiempos muertos en el eje X se incrementaban.

Figura 24

Regresión Lineal entre Tiempos Muertos y Producción (Postest)



Nota. *Elaboración propia a partir de los datos de SPSS.*

El modelo de regresión para el período postest cuantificó la relación a través de la ecuación y=1.19E4−3.52x, la cual indica que la producción promedio disminuyó en 3.52 toneladas por cada minuto adicional de tiempo muerto. El fortalecimiento del coeficiente de determinación de R^2=0.768 a R^2=0.821 tras la intervención es un hallazgo sutil pero revelador. Este incremento sugiere que la digitalización no solo mejoró los indicadores, sino que también hizo la operación más predecible y estable. En el sistema manual, existía más "ruido" operativo o variabilidad no controlada (ej. la ruta del supervisor, olvido de formatos, errores de llenado) que afectaba la producción de manera inconsistente. Al estandarizar y automatizar el proceso con el IPERC digital, se eliminaron muchas de estas variables aleatorias. Como resultado, la relación entre el tiempo disponible y la producción se volvió más fuerte y directa.

4.4. Evaluación del Impacto de la Digitalización en la Productividad

Para dimensionar el valor de negocio del proyecto, en esta sección se traducen los hallazgos operativos a términos de impacto económico. A partir del incremento de producción de mineral ya cuantificado, se realizó una proyección del beneficio obtenido. La siguiente Tabla 18 detalla este análisis, utilizando parámetros operativos y de mercado referenciales para estimar la ganancia.

Tabla 18

Análisis Comparativo del Impacto Económico Acumulado en el Arranque de Guardia

		Pretest	**Postest**
Acarreo Mineral (t)		31 784	58 102
Ley Cu (%) - *Plan Anual 2024*		0.623%	0.623%
Recuperacion Conc. (%) - *Resultado 2023*		85.5%	85.5%
Recuperacion Fund. (%) - *Resultado 2023*		97.1%	97.1%
Recuperacion Refin. (%) - *Resultado 2023*		99.9%	99.9%
Toneladas Cobre Fino (t)		164.23	300.21
Libras de Cobre Fino (Lb)	*2204.62*	362 061	661 856
Precio Cobre (USD/Lb) LME - *Estimado 2024*		4.15	4.15
Costo Global (US$/Lb) - *Resultado 2023*		$1.94	$1.94
Margen Ganancia (US$/Lb) - *Estimado*		$2.21	$2.21
Ganancia Mensual (US$)		$800,153.76	$1,462,702.41
Ganancia Anual (US$)		$9,601,845.07	$17,552,428.97

Nota. *La tabla proyecta la ganancia a partir de la producción acumulada durante la primera hora de los dos cambios de guardia diarios a lo largo de un mes. Los valores de ley, recuperación, precio y costo son referenciales para el análisis. Elaboración propia.*

El análisis demuestra que la ganancia de eficiencia operativa tiene un impacto económico. La producción adicional de 26,318 toneladas de mineral en un solo mes generó una ganancia mensual proyectada de 662,549 USD, lo que anualizado representa un beneficio superior a los 7.9 millones de dólares. Este resultado valida la rentabilidad de la implementación de la digitalización del IPERC, demostrando que la innovación tecnológica en procesos operativos es una palanca directa para la generación de valor en el negocio.

DISCUSIONES

Los resultados de esta investigación demuestran que la digitalización del proceso IPERC es una estrategia eficaz para el mejoramiento del desempeño operativo en la minería superficial. El análisis de los hallazgos no solo valida las hipótesis planteadas, sino que también dialoga y profundiza el conocimiento existente en el sector. La discusión que sigue busca contextualizar estos resultados, interpretando su significado en el marco de la transformación digital que vive la industria minera..

La problemática central de este estudio, la ineficiencia generada por los procesos manuales en papel es un desafío recurrente en la industria. Investigaciones como la de Bruno (2024) diagnostican una situación análoga al identificar tiempos de espera de hasta dos horas y una falta de trazabilidad en la confección de análisis de riesgo en formato físico. De manera similar, Sepúlveda (2021) concluye que los protocolos de seguridad en papel generan ineficiencias y una mermada capacidad de gestión. Ambos trabajos confirman que la dependencia de formatos físicos en los procesos de seguridad es un cuello de botella sistémico que va más allá del caso estudiado.

El antecedente más directo para este análisis es el trabajo de Chura (2018), quien investigó la misma demora operativa en la mina Cuajone. Mientras su estudio abordó el problema de manera holística con un módulo general de cambio de guardia, esta tesis se enfocó de manera específica en la digitalización del IPERC. La consistencia en los resultados es notable. Chura reportó una reducción general del 22% en las horas de demora, una cifra muy cercana a la reducción del 20% encontrada en este estudio. Esta similitud es reveladora, pues sugiere que la digitalización del IPERC es uno de los factores causales más importantes dentro de la mejora general del cambio de turno. Así, mientras la investigación de Chura validó la efectividad de la solución a nivel macro, este estudio avanza al explicar el mecanismo a nivel micro, demostrando que la eliminación de la espera por la autorización presencial es responsable de una porción sustancial de esa ganancia.

La conexión entre la digitalización y la productividad también encuentra respaldo en otros estudios. Sepúlveda (2021) ya había cuantificado este vínculo, demostrando que la digitalización de protocolos de seguridad generaba un aumento del 2.8% en el procesamiento anual de mineral. Los hallazgos de la presente investigación se alinean con esa conclusión, aunque desde una perspectiva diferente. La reducción de 7.59 minutos por evento se tradujo en un incremento del 83% en la producción de mineral durante la primera hora de operación. Ambos trabajos, aunque con métricas distintas, llegan a la misma conclusión fundamental: la optimización de los procesos de seguridad es una palanca directa y medible para la productividad.

El mecanismo a través del cual se logra esta mejora es la reducción de tiempos improductivos, un principio validado por los hallazgos de Cruz y Oré (2020). En su investigación, la implementación de un "Dashboard" para reemplazar reportes manuales en Excel permitió reducir significativamente las horas improductivas. Su trabajo, al igual que este, demuestra que el principal enemigo de la productividad es el tiempo perdido en procesos administrativos ineficientes. La fuerte correlación encontrada entre los tiempos muertos y la producción no es una casualidad. Es la confirmación de un principio operativo que Cruz y Oré también demostraron: cada hora recuperada de la ineficiencia administrativa es una hora ganada para la operación.

Finalmente, es relevante contextualizar nuestros hallazgos en el panorama más amplio de la transformación digital en la minería peruana, tal como lo analiza Condori (2023). Su estudio, enfocado en minería subterránea, demostró que la implementación de una plataforma digital como Power BI para centralizar datos que antes estaban en hojas de Excel, no solo incrementó la producción mensual de 573,000 a 636,000 toneladas, sino que también redujo los costos operativos. Aunque los contextos son distintos —tajo abierto vs. subterráneo, gestión del IPERC vs. monitoreo de KPIs de producción—, la conclusión subyacente es idéntica: la transición de sistemas manuales y fragmentados a plataformas digitales integradas y en tiempo real es un motor de eficiencia y rentabilidad. Al poner en diálogo los hallazgos de Condori en minería subterránea con los nuestros en minería superficial, se fortalece el

argumento de que la estrategia de digitalización es una práctica recomendada y de alto impacto para todo el sector minero peruano.

Esta investigación se inserta en un cuerpo de conocimiento creciente que valida la transformación digital como una herramienta esencial para la competitividad minera. La contribución específica de este trabajo es demostrar que la digitalización de un solo protocolo de seguridad como el IPERC no solo robustece la gestión de riesgos, sino que funciona como una palanca directa y altamente rentable para el mejoramiento de la productividad en el arranque de guardia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Se determinó que la intervención digital fue una solución eficaz para mejorar el arranque de turno. Se cuantificó una reducción promedio de 7.59 minutos en la "Demora por Cambio de Guardia", una mejora que, según la prueba U de Mann-Whitney ($p < 0.001$), es estadísticamente significativa y no atribuible al azar.

- En respuesta al segundo objetivo, se evaluó el impacto de esta mejora del tiempo, demostrando que se tradujo directamente en un incremento del 83% en la producción de mineral durante la primera hora de operación. Este resultado también fue altamente significativo ($p < 0.001$), según lo validado por la Prueba T de Student.

- El análisis de regresión confirmó la fuerte dependencia entre los tiempos muertos y la productividad (con un R^2 superior a 0.82). Se validó que la disminución de los tiempos de inactividad tiene un efecto predecible y positivo en el tonelaje, probando la relación causal entre la eficiencia del tiempo y el mejoramiento de la productividad.

- Finalmente, en respuesta al objetivo general, queda demostrado que la digitalización del IPERC es una estrategia validada y de alto impacto para la mejora del desempeño operativo en una mina superficial. La investigación demostró de manera concluyente que la modernización de un proceso de cumplimiento, tradicionalmente visto como un centro de costo, funcionó como una palanca directa para generar un retorno cuantificable y significativo en la producción, validando así la hipótesis general.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados y conclusiones obtenidos en la presente investigación, se formulan las siguientes recomendaciones:

- Dado el éxito demostrado en la reducción de tiempos muertos y el aumento de la productividad en la flota de estudio, se recomienda expandir el uso del módulo de IPERC digital a la totalidad de la flota de acarreo de la mina, incluyendo todos los modelos de volquetes y equipos auxiliares.

- Evaluar la posibilidad de digitalizar e integrar otros documentos de seguridad, como los checklists de pre-uso y los permisos de trabajo seguro (PETS), dentro de la plataforma MineOPS para crear un ecosistema de gestión de seguridad completamente digital y centralizado.

- Utilizar el Diagrama de Pareto como una herramienta de diagnóstico continuo para identificar las siguientes demoras operativas más significativas (como "Falta de Palas" o "Rancho Noche") y aplicar una metodología similar de análisis y optimización tecnológica.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS

Agreda A. J. (2018). Optimización del carguío y acarreo aplicando el sistema ControlSense en la Mina Constancia, Cusco 2018. Tesis para optar el grado del Ingenieria de Minas. Cajamarca, Peru. Obtenido de: https://repositorio.uap.edu.pe /handle/20.500.12990/4327

Aliaga G. L. (2024). Incidencia de la reestructuración del iperc linea base en la mejora del sistema de gestión ssoma de la empresa Copperfield Peru SAC. Tesis para optar el grado del Ingenieria de Minas. Moquegua, Perú. Obtenido de: https://repositorio.unam.edu.pe/items/b2253d5d-cfef-4c2c-84ce-90ef654840ed

Andía Dancuart, D. A., & Gordillo Quispe, A. W. (2021). Implementación de una herramienta tecnológica en el proceso de carguío de rocas fragmentadas de una operación minera. Tesis para optar el grado del Ingenierio Industrial. Lima, Perú. Obtenido de: https://repositorio.utec.edu.pe/handle/20.500.12815/260

Apaza A. E. (2022). Implementación de un sistema de seguridad para la optimización de controles de producción en la unidad minera RADCOM 3. Tesis para optar el grado del Ingenieria de Minas. Moquegua, Perú. Obtenido de: https://repositorio.unam.edu.pe/items/d202051e-b718-491b-b269-16e19c5bd128

Asanza J. A. (2013). Elaboracion de la Mariz de Riesgos Laborales en la Empresa Proyecplast CIA LTDA. Tesis para optar el grado del Ingenieria Industrial. Cuenca - Ecuador. Obtenido de: https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5155

Barrios O. F. (2020). Carguío dinámico para la optimización de la utilización efectiva de camiones de minería a cielo abierto a escala de laboratorio. Tesis para optar el grado del Ingenieria de Civil de Minas. Santiago, Chile. Obtenido de: https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176902

Boston Consulting Group (2020). Que es la transormacion digital. Obtenido de: https://www.bcg.com/press/26july2020-digital-transformation-can-

increase-business-profitability-and-build-resilience

Bruno G. F. (2024). Propuesta del uso de herramientas de gestión digital para el análisis de riesgo en trabajos de parada de planta en la Empresa MMIPECH S.R.L. Tesis para optar el grado del Ingenieria de Minas. Cerro de Pasco, Perú. Obtenido de: http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4205

Chancuaña P. G. (2023). Propuesta de mejora de sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional a través de la digitalización en el sistema IDS de LATAM, en minera Las Bambas S.A. – Apurímac. Tesis para optar el grado del Ingenieria de Minas. Cusco, Peru. Obtenido de: https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7783

Chuctaya L. D. & Larota C. M. E. (2020). Optimización de carguío y transporte en tiempo real mediante el software JMineOPS en minería superficial–caso de estudio. Tesis para optar el grado del Ingenieria de Minas. Arequipa, Perú. Obtenido de: https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2816?show=full

Chura V. M. (2018). Reducción de demoras operativas por cambio de turno con la implementación de módulo de cambio de guardia en la unidad minera Cuajone. Tesis para optar el grado del Ingenieria de Minas. Moquegua, Perú. Obtenido de: https://repositorio.unam.edu.pe/items/52adc071-046b-4cac-b75f-d73a5d665174

Cruz R. A. & Oré B. J. (2020). Implementación de la herramienta digital "Dashboard" en el control de las operaciones de producción y desarrollo en la Empresa Contratista Minera Miro Vidal y Cía. SAC-Mina Animón. Tesis para optar el grado del Ingenieria de Minas. Huancayo, Perú. Obtenido de: https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7877

Feng Z. D. (2024). Digitalización de procesos en empresa AVA Montajes: seguridad en operaciones. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil Informatico. Obtenido de: https://repositorio.udec.cl/items/fa392517-a48d-4a81-b2bd-1b119f5c23fb

González R. H. (2017). Selección y asignación óptima de equipos de carguío para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto. Tesis para obtener el grado de Ingeniería Civil de Minas. Santiago, Chile.

Obtenido de: https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146286

Herrera H. J. (2008). Seguridad y prevencion en explotaciones mineras. Madrid, España . Obtenido de: https://oa.upm.es/10673/8/seguridad_y_salud_en_mineria_080509_2.pdf

Layme V. A. (2022). Optimización de las herramientas de seguridad para la prevención de los incidentes usando un dashboard en la empresa Altica Construcciones S.R.L., en una mina superficial. Tesis para optar el grado del Ingenieria de Minas. Cerro de Pasco, Perú. Obtenido de: https://repositorio.unam.edu.pe/items/27443412-ccdd-431c-8395-ce9500912507

López G. V. (2016). Optimización de la gestión de seguridad y salud ocupacional, a través de la implementación del IPERC, en la Concesión Minera Yolanda Isabel–Yauli La Oroya. Huancayo, Perú. Obtenido de: https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4596

Marín A. C. (2016). Incremento de la productividad en el carguío y acarreo en frentes que presentan altos contenidos de arcillas al utilizar un diseño de lastre adecuado, Minera Yanacocha, Perú, 2015

Montenegro S. C. (2018). Propuesta del plan integral de prevención de riesgos laborales para la empresa Dismafot. Quito. Obtenido de: https://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14932

OIT (2021). Guía rápida sobre fuentes y usos de estadísticas sobe seguridad y salud en el trabajo. Suiza. Obtenido de: https://www.ilo.org/es/publications/guia-rapida-sobre-fuentes-y-usos-de-estadisticas-sobre-seguridad-y-salud-en

Olartegui V. J. (2021). Aplicación del sistema de gestión de riesgos para reducir los accidentes de trabajo en las contratistas de una unidad minera de Cusco. Tesis para optar el grado del Ingeniero Industrial. Arequipa, Perú. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10240/1/IV_FIN_108_TE_Olartegui_Vera_2021.pdf

Rodas C. D. & Sánchez C. M. (2023). Importancia de la implementación de Digital Twin en las operaciones mineras para el desarrollo sostenible en la Cuarta Revolución Industrial–Minería 4.0. Tesis para optar el grado del Ingenieria

de Minas. Cajamarca, Perú. Obtenido de: https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33900

Raúl D. M. (2009). Salud y Seguridad de trabajos en mineria. Editorial Aulas y Andamios, Argentina. Obtenido de: https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud_seg_mineria.pdf

Sepúlveda U. J. (2021). Transformación digital para mejor procesos de seguridad y productividad en la minería. Santiago, Chile. Obtenido de: https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/182958

Boston Consulting Group (2023). "The Digital Future of Mining". Recuperado el 15 de diciembre de 2023 en: https://www.bcg.com/publications/2023/digital-future-ofmining

Teichelmann G. E. (2018). Propuesta de optimización en la gestión de proyectos de tecnología para procesos productivos de la minería. Tesis para optar el grado de magister en gestión y dirección de empresas. Santiago, Chile. Obtenido de: https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170850

Ulloa A. Y. & Contreras S. S. (2022). Análisis de Adopción de Nuevas Tecnologías para el Aumento de la Competitividad en la Extracción de Carbón en el Municipio de Socha-Boyacá, Colombia. Obtenido de: https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/9ffd4ae0-9776-4a71-a011-11631c6f2c53/content

Yarmuch G. J. (2012). Simulación del Sistema de Carguío y Transporte en la Mina Chuquicamata. Tesis para obeneter el grado Magister en Mineria. Santiago, Chile. Obtenido de: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/102798/Simulaci%c3%b3n-del-sistema-de-cargu%c3%ado-y-transporte-Mina-Chuquicamata.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Morales O. J. (2024). Optimización de la productividad en minería a través de la transformación digital: un análisis de nuevos modelos de trabajo, regulación, y estandarización para la adopción exitosa de tecnología. Tesis de magíster, Universidad de Chile. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/204010

Bonzi R. J. (2016). Propuestas de mejora de la utilización efectiva en base a disponibilidad de la flota de carguío y transporte en minera los pelambres. Universidad de Chile. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139829

Jigsaw Technologies. (2009). Manual de entrenamiento Jigsaw para administradores de sistemas. Manual interno. Jigsaw Technologies.

Salas V. C. (2021). Transformación digital para mejorar la captura y procesamiento de información de las herramientas preventivas de seguridad en la Gerencia de Mantenimiento Mina en Sociedad Minera Cerro Verde. Trabajo de Suficiencia Profesional. Universidad Alas Peruanas, Lima. Obtenido de: https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/10222

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
General	**General**	**General**	**Independiente**	**Enfoque:** Cuantitativo, Aplicado, Explicativo. **Diseño:** Cuasi-experimental (Pretest-Postest). **Instrumentos:** Mineops, Análisis Documental, Software de Análisis Estadístico **Análisis:** Diagrama de Pareto, Estadística Descriptiva, Pruebas de Hipótesis.
¿Cómo impacta la digitalización del proceso de IPERC mediante el sistema MineOps en la productividad y reducción de tiempos muertos durante las primeras horas de producción de una mina de cobre a cielo abierto en el sur del Perú?	Evaluar el impacto de la digitalización del IPERC mediante el sistema MineOps en el mejoramiento de la productividad durante las primeras horas de producción en una mina a cielo abierto	La implementación de la digitalización del IPERC mediante el software MineOps mejoró significativamente la productividad y redujo los tiempos muertos durante el cambio de guardia en una mina de cobre a cielo abierto.	Digitalización del IPERC mediante el software MineOps. (Tiempo de inactividad)	
Específicos	**Específicos**	**Específicos**	**Dependiente**	
1. ¿Existe una reducción significativa en la duración de la demora por "Cambio de Guardia" tras la implementación del IPERC digital?	**1.** Cuantificar la reducción en la duración de la demora por "Cambio de Guardia" en los periodos pre y post implementación del IPERC digital.	**1.** La implementación de la digitalización del IPERC reduce significativamente la duración de la demora operativa denominada “Cambio de Guardia”.	Optimización de la productividad en el cambio de guardia. (Producción por hora, % de reducción de tiempos muertos).	
2. ¿La reducción de la demora por "Cambio de Guardia" genera un incremento significativo en el tonelaje de mineral acarreado durante el arranque de guardia?	**2.** Evaluar el impacto de la reducción de la demora "Cambio de Guardia" sobre el incremento en el tonelaje de mineral acarreado durante el arranque de guardia.	**2.** La reducción de la demora “Cambio de Guardia", lograda mediante la digitalización del IPERC, genera un incremento significativo en el tonelaje de mineral acarreado.		
3. ¿Cómo se relaciona la variación de los tiempos muertos con la productividad y cómo se ve afectada esta relación por la digitalización del IPERC?	**3.** Analizar la relación entre los tiempos muertos y la productividad antes y después de la digitalización.	**3.** Existe una fuerte correlación negativa y estadísticamente significativa entre la duración de los tiempos muertos y la productividad de la flota.		

Nota. *Se resume la alineación entre el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables y la metodología del estudio. Elaboración propia.*

ANEXO 2: DESGLOSE DEL MODELO DE UTILIZACIÓN DE TIEMPOS

TIEMPO NOMINAL / TOTAL															
TIEMPO DISPONIBLE										TIEMPO NO DISPONIBLE					
TIEMPO OPERATIVO						TIEMPO RESERVA				MANTENIMIENTO PROGRAMADO		MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO		FACTOR EXTERNO	
TIEMPO EFECTIVO		DEMORA OPERATIVA		DEMORA NO OPERATIVA		STAND BY		FACTOR EXTERNO							
Razón	Cod	Razón	Cod	Razón	Cod	Razón	Cod	Razón	Cod	Razón	Cod	Razón	Cod	Razón	Cod
CANAL DE CORONACION	2098	ABASTECIENDO DE AGUA	2239	CAMBIO GUARDIA	2200	ACCIDENTE	2771	CLIMA ADVERSO	2301	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	7500	ENFRIADOR DE AIRE	1060	GARANTIA MECANICO	9501
FUERA DE MINA	2216	ATOLLAMIENTO DE PALA	2384	RANCHO DIA	2201	FALTA DE OPERADOR	2300	CORTE DE ENERGÍA GRAL	2304	INSPECCION PROGRAMADA	7502	RADIADOR	1353	FALTA DE REPUEST MEC	9504
INTERMEDIO CONCENTRADORA	2120	BAJO NIVEL DE COMBUSTIBLE	9924	RANCHO NOCHE	2204	FALTA DE PALAS	2320	ESPERANDO CHANCADORA	2251	PREDICTIVO SPCC	7505	VENTILADOR	1356	FALTA DE REPUEST ELECT	9505
UXIVIACION MINA	2122	CAMBIO CABLE FUERZA	2209			FALTA DE VOLQUETES	2310	ESTADO DE EMERGENCIA	2306	PREDICTIVO TERCEROS	7530	MECANICA GENERAL	2100	SISTEMA CONTRA INCENDIOS	9507
MINA	2194	CAMBIO DE ANILLO GUIADOR	2207			SBC	2107	FALTA CHANCADORA	2303	LUBRICACION PROGRAMADA EN CAMPO	7535	SISTEMA AVANCE/PROPEL	4150	RADIO DE COMUNICACIÓN	9508
		CAMBIO DE BARRENO	2244			STANDBY PROGRAMADO	2305	HUELGA	2302	COMPONENTE ELEC PROGRAMADO	7539	SPROCKET/TUMBLER/CATALINA	4156	ESPERA CONDICION CLIMATICA	9509
		CAMBIO DE BROCA	2242							COMPONENTE MEC PROGRAMADO	7540	RUEDA GUIA / IDLER	4159	ESPERA TRASLADO A EQUIPO	9510
		CAMBIO DE CABLE	2231							CAMBIO DE CABLE PROGRAMADO	7546	ZAPATAS / CADENA DE ORUGA	4172		
		CAMBIO DE OPERADOR	2772									TRANSMISION DE AVANCE	4185		
		CAMBIO DE PUENTE	2224									SISTEMA DE FRENOS	4240		
		CAMBIO DE REAMER	2243									FRENO MECANICO	4250		
		CIRCUNSTANCIA OPERATIVA	8031									LÍNEAS/ TUBERIAS AIRE FRENOS	4256		
		DESARROLLO SEGURIDAD	2210									VALVULA DE FRENOS	4259		
		DISPARO	2203									ACUMULADOR DE FRENOS	4263		
		ESPERANDO PALA/CARGADOR	2221									SISTEMA DE IZAR	5100		
		ESPERANDO TREN	2760									CABLES DE IZAR	5154		
		ESPERANDO VOLQUETES	2211									TRANSMISION DE IZAR	5165		
		FALTA AGUA	2247									SISTEMA DE AIRE	5500		
		FALTA AREA DE PERFORACION	2341									TANQUE DE AIRE	5505		
		FALTA DE EQUIPO PARA TRASLADO	2206									COMPRESOR	5514		
		FALTA MALLA DE PERFORACION	2248									VALVULAS CONTROL AIRE	5516		
		INSPECCION BROCA	2779									FILTRO, PURIFICADOR AIRE	5525		
		LIMPIEZA AREA PERFORACION	2245									SIST CARGUÍO: CUCHARON LAMPON TOLVA	6000		
		LIMPIEZA BROCAS	2225									GETS: BASE- UNA- SEP Y PROTECTOR	6001		
		LIMPIEZA DE CAMARAS EQUIPO	2784									RIPPER	6002		
		LIMPIEZA DE CARRETERA	2223									COMPUERTA CUCHARON	6010		
		LIMPIEZA DE EQUIPO	2285									CABLE CADENA COMPUERTA	6011		
		LIMPIEZA DE LINEA TREN	2262									BARRETON ESPADA	6012		
		LIMPIEZA PISO DE PALA	2232									ARCO CUCHARON	6015		
		MOVIMIENTO DE CABLES	2230									ESTRUCTURA CUCHARON	6020		
		TRASLADO DE EQUIPO	2270									ESTRUCT/CHASIS	7000		
		TRASLADO DE PALA CORTO	2233									ACOPLAMIENTO	7002		
		TRASLADO DE PALA LARGO	2234									SALA DE MAQUINAS	7030		
		TRASLADO PERF ANTES DISPARO	2773									PASAMANS/GUARDS/SOPORT	7045		
		TRASLADO PERF DESPUES DISPARO	2774									PLATAFORMAS/ESCALERAS	7046		
		ENTRENAMIENTO	8030									ARTICULACIÓN CENTRAL	7057		
		FALTA INFORMACION POLIGONOS	9926									PIÑONES	7101		
		GUARDVANT	2208									BASTIDORES	7102		
		HARDWARE JMINEOPS	9906									PINES/EJES	7114		
		DEMORA POR BAÑO	2280									CONTRAPESO	7160		
		SERVICIO Y LUBRICACION	2202									LÍNEAS/ TUBERIAS A/C	7252		
												CABINA DEL OPERADOR	7300		

Nota. *La tabla desglosa la clasificación jerárquica de los estados de tiempo (disponible, no disponible, operativo, demora, etc.) con sus respectivos códigos utilizados en el sistema de gestión de flota. Elaboración propia a partir de los estándares de la Gerencia de Mina*

ANEXO 3: MUESTRA REPRESENTATITVA DE DATOS CRUDOS EXTRAÍDOS DEL SISTEMA MINEOPS

Tabla de Anexo 3.1. *Muestra de Estado de Equipos – Período Pretest*

Tiempo	Tiempo Final	Turno	Equipo	Estado	Code	Codigo	Comentario	Duracion (min)
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:28:27	A	V120	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		38.45
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:17:06	A	V166	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		27.10
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:18:20	A	V142	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		28.33
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:32:56	A	V134	Malogrado	9248	Malogrado: SISTEMA DE LEVANTE DE TOLVA 9248	GOLPE AL BAJAR TOLVA - EVALUACION PRESIONES Y TIEMPOS DENTRO DE RANGO NORMAL DE TRABAJO	42.93
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:35:04	A	V137	Malogrado	7200	Malogrado: SUSPENSIONES 7200	SUSPENSION LH RUIDO EXTRAÑO - NIVELACION DE SUSPENSION DELANTERA IZQUIERDA	45.07
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 09:13:34	A	V121	Malogrado	9118	Malogrado: CONTROL ESCALERA 9118	ESCALERA RETRACTIL NO TRABAJA - SE RESTABLECE PROTECCIÓN DE RELE TÉRMICO	83.57
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 09:23:07	A	V163	Malogrado	5057	Malogrado: LINEAS / MANGUERAS / TUBERIAS HYD 5057	FUGA HYD - CMB DE MANGUERA DE EMFRIAMIENTO DERECHO POSTERIOR	93.12
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 12:08:07	A	V131	Malogrado	4201	Malogrado: LLANTA PROGRAMADA 4201	ROTACION DE LLANTA POSC N# 3 4	258.12
2024/08/01 07:50:00	2024/08/03 02:37:02	A	V160	Malogrado	7500	Malogrado: MANTENIMIENTO PREVENTIVO 7500	TRABAJOS DE MEDIA VIDA MODI (MTU)	2,567.03
2024/08/01 07:50:00	2024/08/03 21:27:45	A	V161	Malogrado	9018	Malogrado: ALTERNADOR PRINCIPAL 9018	NO CARGA BARRA LINK + BOBINA ABIERTA DE EXCITACIÓN DE ALTERNADOR DE POTENCIA - CAMBIO DE ALTERNADOR DE POTENCIA	3,697.75
2024/08/01 07:50:00	2024/08/07 13:58:12	A	VOLVO	Standby	2305	Standby: STANDBY PROGRAMADO 2305		9,008.20
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:26:50	A	V105	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		36.83
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:30:13	A	V101	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		40.22
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:32:19	A	V100	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		42.32
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:37:39	A	V109	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		47.65
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:35:20	A	V107	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		45.33
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:20:09	A	V103	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		30.15
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:20:26	A	V167	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		30.43
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:21:00	A	V143	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		31.00
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:21:03	A	V139	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		31.05
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:22:13	A	V113	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		32.22
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:22:23	A	V110	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		32.38
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:22:20	A	V135	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		32.33
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:22:28	A	V162	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		32.47

2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:22:49	A	V164	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		32.82
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:23:14	A	V136	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		33.23
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:25:58	A	V111	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		35.97
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:28:04	A	V115	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		38.07
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:29:22	A	V108	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		39.37
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:19:06	A	V11	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		29.10
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:25:49	A	V147	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		35.82
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:27:31	A	V10	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		37.52
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:34:47	A	V132	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		44.78
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:35:12	A	V138	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		45.20
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:35:16	A	V130	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		45.27
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:38:11	A	V165	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		48.18
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:19:39	A	V144	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		29.65
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:43:49	A	V146	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		53.82
2024/08/01 07:50:00	2024/08/01 08:19:21	A	V168	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		29.35
2024/08/01 07:50:03	2024/08/01 08:24:17	A	V141	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		34.23
2024/08/01 07:50:03	2024/08/01 08:34:43	A	V116	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		44.67
2024/08/01 07:50:04	2024/08/01 08:19:14	A	V133	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		29.17
2024/08/01 07:50:05	2024/08/01 08:25:42	A	V112	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		35.62
2024/08/01 07:50:06	2024/08/01 08:28:25	A	V106	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		38.32
2024/08/01 07:50:07	2024/08/01 08:16:35	A	V145	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		26.47
2024/08/01 07:50:07	2024/08/01 08:23:47	A	V140	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		33.67
2024/08/01 07:50:08	2024/08/01 08:21:37	A	V114	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		31.48
2024/08/01 08:16:35	2024/08/01 09:34:33	A	V145	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		77.97
2024/08/01 08:17:06	2024/08/01 08:36:33	A	V166	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		19.45
2024/08/01 08:18:20	2024/08/01 13:05:31	A	V142	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		287.18
2024/08/01 08:19:06	2024/08/01 08:39:25	A	V11	Malogrado	4200	Malogrado: LLANTA NO PROGRAMADA 4200	MARCADO DE CORTES EN LLANTA POS. 3 Y 4	20.32
2024/08/01 08:19:14	2024/08/01 10:08:43	A	V133	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		109.48
2024/08/01 08:19:21	2024/08/01 10:03:02	A	V168	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		103.68
2024/08/01 08:19:39	2024/08/01 11:07:34	A	V144	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		167.92
2024/08/01 08:20:09	2024/08/01 13:08:44	A	V103	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		288.58
2024/08/01 08:20:26	2024/08/01 13:01:35	A	V167	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		281.15
2024/08/01 08:21:00	2024/08/01 08:32:45	A	V143	Malogrado	4200	Malogrado: LLANTA NO PROGRAMADA 4200	MARCADO DE CORTES EN LLANTA POS. 3 , 4 Y 6	11.75

Nota. *Se presenta una muestra representativa de los registros de estado de los equipos durante el período pretest. El conjunto de datos completo está disponible en formato digital.*

Tabla de Anexo 3.2. *Muestra de Estado de Equipos – Período Postest*

Tiempo	Tiempo Final	Turno	Equipo	Estado	Code	Codigo	Comentario	Duracion (min)
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 07:50:06	A	V108	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194	P05 is ready	0.10
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 07:50:05	A	V110	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		0.08
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 19:50:00	A	V111	Malogrado	1000	Malogrado: MOTOR DIESEL 1000	ADVERTENCIA DE MOTOR DIESEL - CAMBIO DE MOTOR DIESEL POR ALTO BLOW-BY	720.00
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 07:50:09	A	V130	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		0.15
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 07:50:06	A	V133	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		0.10
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 07:50:04	A	V135	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		0.07
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 07:50:10	A	V140	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		0.17
2024/09/01 07:50:00	2024/09/02 02:54:55	A	V142	Malogrado	7500	Malogrado: MANTENIMIENTO PREVENTIVO 7500	PM 3250 HRS + CAMBIO BOMBA AUTOLUBRICACION	1,144.92
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 07:50:05	A	V146	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		0.08
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 07:50:05	A	V163	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		0.08
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:11:00	A	V100	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		21.00
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:11:15	A	V101	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		21.25
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:12:49	A	V115	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		22.82
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:12:54	A	V145	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		22.90
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:17:15	A	V112	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		27.25
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:17:50	A	V131	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		27.83
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:18:13	A	V137	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		28.22
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:18:40	A	V106	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		28.67
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:19:14	A	V105	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		29.23
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:19:31	A	V166	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		29.52
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:20:00	A	V114	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		30.00
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:20:05	A	V138	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		30.08
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:20:23	A	V161	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		30.38
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:21:15	A	V168	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		31.25
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:21:28	A	V113	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		31.47

2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:21:58	A	V143	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		31.97
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:22:42	A	V103	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		32.70
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:23:39	A	V136	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		33.65
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:23:54	A	V162	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		33.90
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:24:06	A	V116	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		34.10
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:24:12	A	V160	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		34.20
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:24:26	A	V141	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		34.43
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:24:55	A	V109	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		34.92
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:25:38	A	V164	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		35.63
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:26:41	A	V139	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		36.68
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:27:16	A	V120	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		37.27
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:28:45	A	V11	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		38.75
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:29:18	A	V10	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		39.30
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:29:32	A	V134	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		39.53
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:30:53	A	V167	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		40.88
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:31:55	A	V132	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		41.92
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:32:00	A	V165	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		42.00
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:32:48	A	V147	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		42.80
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:33:41	A	V107	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		43.68
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:42:10	A	V144	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		52.17
2024/09/01 07:50:00	2024/09/01 08:45:20	A	V121	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		55.33
2024/09/01 07:50:04	2024/09/01 08:15:38	A	V135	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		25.57
2024/09/01 07:50:05	2024/09/01 08:20:48	A	V146	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		30.72
2024/09/01 07:50:05	2024/09/01 08:26:12	A	V163	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		36.12
2024/09/01 07:50:05	2024/09/01 08:34:17	A	V110	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		44.20
2024/09/01 07:50:06	2024/09/01 08:13:55	A	V108	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		23.82
2024/09/01 07:50:06	2024/09/01 08:27:46	A	V133	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		37.67
2024/09/01 07:50:09	2024/09/01 08:26:18	A	V130	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		36.15
2024/09/01 07:50:10	2024/09/01 08:16:32	A	V140	Demora	2200	Demora: CAMBIO GUARDIA 2200		26.37
2024/09/01 08:11:00	2024/09/01 13:00:08	A	V100	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		289.13
2024/09/01 08:11:15	2024/09/01 08:20:01	A	V101	Operativo	2194	Operativo: MINA 2194		8.77
2024/09/01 08:12:49	2024/09/01 08:28:43	A	V115	Malogrado	4200	Malogrado: LLANTA NO PROGRAMADA 4200	MARCADO DE CORTES EN LLANTA POS. 3, 5 Y 6	15.90

Nota. *Se presenta una muestra representativa de los registros de estado de los equipos durante el período postest. El conjunto de datos completo está disponible en formato digital.*

Tabla de Anexo 3.3. *Carga y Descarga de Material – Período Pretest*

Fecha	Turno	Pala	Flota Pala	Volquete	Flota Volquete	Ton. Nominal	Material Oficial	Poligono	Nivel	Destino	Factor Carga	Ton Pesometro	Ton. Dispatch	Ton. Ajustado	Ciclo	Hora Final Ciclo
20240801	A	CFC991	Caterpillar 992	V120	Caterpillar 793D	232.0	Desmonte R	3805-998/W	3805	ST-LASTRE-TE	0.8879	202.0000	206.0002	206.0002	9:11:42 AM	9:38:40 AM
20240801	A	CFC991	Caterpillar 992	V121	Caterpillar 793D	232.0	Desmonte R	3805-998/W	3805	ST-LASTRE-TE	0.8879	197.1000	206.0002	206.0002	10:23:40 AM	10:28:15 AM
20240801	A	CFC991	Caterpillar 992	V120	Caterpillar 793D	232.0	Desmonte R	3805-998/W	3805	ST-LASTRE-TE	0.8879	211.3000	206.0002	206.0002	10:04:17 AM	10:33:55 AM
20240801	A	CFC991	Caterpillar 992	V121	Caterpillar 793D	232.0	Desmonte R	3805-998/W	3805	ST-LASTRE-TE	0.8879	209.0000	206.0002	206.0002	10:43:05 AM	10:47:50 AM
20240801	A	CFC991	Caterpillar 992	V120	Caterpillar 793D	232.0	Desmonte R	3745-998/W	3745	COCOTEA-ALTO	0.8879	214.8000	206.0002	206.0002	11:54:12 AM	12:03:05 PM
20240801	A	CFC991	Caterpillar 992	V121	Caterpillar 793D	232.0	Desmonte R	3745-998/W	3745	COCOTEA-ALTO	0.8879	210.4000	206.0002	206.0002	12:09:43 PM	12:19:50 PM
20240801	A	CFC991	Caterpillar 992	V120	Caterpillar 793D	232.0	Desmonte R	3745-998/W	3745	COCOTEA-ALTO	0.8879	211.6000	206.0002	206.0002	12:25:39 PM	12:40:25 PM
20240801	A	CFC991	Caterpillar 992	V121	Caterpillar 793D	232.0	Desmonte R	3745-998/W	3745	COCOTEA-ALTO	0.8879	210.6000	206.0002	206.0002	12:42:38 PM	12:56:35 PM
20240801	A	CFC991	Caterpillar 992	V120	Caterpillar 793D	232.0	Desmonte R	3745-998/W	3745	COCOTEA-ALTO	0.8879	214.9000	206.0002	206.0002	1:49:04 PM	1:57:15 PM
20240801	A	P05	Bucyrus 495HR	V166	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	390.0000	363.0000	376.0000	7:25:01AM	8:25:06 AM
20240801	A	P05	Bucyrus 495HR	V144	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 N	1.0000	366.1000	363.0000	376.0000	7:20:48 AM	8:40:35 AM
20240801	A	P05	Bucyrus 495HR	V103	Komatsu 930E	291.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0069	235.0000	292.9992	302.0000	7:27:59 AM	8:41:42 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V146	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	366.4000	363.0000	377.0000	12:34:21AM	12:56:31AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V168	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	370.9000	363.0000	377.0000	12:42:22 AM	1:02:23 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V105	Komatsu 930E	291.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0069	285.0000	292.9992	303.0000	12:46:02 AM	1:05:16 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V111	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	286.0000	290.0001	291.0000	12:47:06 AM	1:05:16 AM
20240801	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V113	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	ST-CH1/O	ST-C	CHANCADORA 1	0.9966	308.0000	290.0001	290.0000	12:52:09 AM	1:06:24 AM
20240801	B	CFC991	Caterpillar 992	V121	Caterpillar 793D	232.0	Mineral	3175-702/O	3175	CHANCADORA 1	0.9052	190.9000	210.0001	211.0000	12:53:35 AM	1:09:46 AM
20240801	A	P01	P&H 2800XPB	V108	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	2980-791/O	2980	ST-CHANCADORA 1	0.9966	319.0000	290.0001	323.0000	7:22:09 AM	8:55:00 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V112	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	290.0000	290.0001	291.0000	12:53:04 AM	1:10:47 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V140	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	361.2000	363.0000	377.0000	12:49:52 AM	1:11:17 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V167	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	359.0000	363.0000	377.0000	12:54:50 AM	1:12:43 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V109	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	282.0000	290.0001	291.0000	1:05:58 AM	1:14:00 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V166	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	354.6000	363.0000	377.0000	12:59:16 AM	1:17:02 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V111	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	274.0000	290.0001	291.0000	1:13:19 AM	1:21:38 AM
20240801	B	CFC991	Caterpillar 992	V120	Caterpillar 793D	232.0	Mineral	3175-703/O	3175	CHANCADORA 1	0.9052	206.9000	210.0001	211.0000	1:12:16 AM	1:23:30 AM

20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V11	Caterpillar 798AC	360.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	359.1000	360.0000	373.0000	1:03:33 AM	1:20:15 AM
20240801	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V113	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	ST-CH1/O	ST-C	CHANCADORA 1	0.9966	308.0000	290.0001	290.0000	1:12:24 AM	1:20:22 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V112	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	291.0000	290.0001	291.0000	1:19:08 AM	1:27:00 AM
20240801	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V113	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	ST-CH1/O	ST-C	CHANCADORA 1	0.9966	323.0000	290.0001	290.0000	1:26:20 AM	1:29:02 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V146	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	369.5000	363.0000	377.0000	1:09:57 AM	1:29:49 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V168	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	375.5000	363.0000	377.0000	1:14:58 AM	1:33:31 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V105	Komatsu 930E	291.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0069	281.0000	292.9992	303.0000	1:17:17 AM	1:35:33 AM
20240801	B	CFC991	Caterpillar 992	V121	Caterpillar 793D	232.0	Mineral	3175-703/O	3175	CHANCADORA 1	0.9052	194.3000	210.0001	211.0000	1:28:20 AM	1:36:15 AM
20240801	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V113	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	ST-CH1/O	ST-C	CHANCADORA 1	0.9966	316.0000	290.0001	290.0000	1:35:19 AM	1:37:46 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V140	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	350.0000	363.0000	377.0000	1:22:02 AM	1:41:35 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V109	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	271.0000	290.0001	291.0000	1:32:25 AM	1:41:42 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V167	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	366.0000	363.0000	377.0000	1:27:28 AM	1:45:56 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V111	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	281.0000	290.0001	291.0000	1:37:47 AM	1:48:02 AM
20240801	B	CFC991	Caterpillar 992	V120	Caterpillar 793D	232.0	Mineral	3175-703/O	3175	CHANCADORA 1	0.9052	177.4000	210.0001	211.0000	1:40:10 AM	1:49:35 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V166	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	404.3000	363.0000	377.0000	1:32:08 AM	1:51:49 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V165	Komatsu 980E-4	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	360.1000	363.0000	377.0000	1:35:16 AM	1:52:37 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V112	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	294.0000	290.0001	291.0000	1:43:33 AM	1:53:02 AM
20240801	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V113	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	ST-CH1/O	ST-C	CHANCADORA 1	0.9966	314.0000	290.0001	290.0000	1:51:33 AM	1:54:16 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V11	Caterpillar 798AC	360.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	357.6000	360.0000	373.0000	1:39:49 AM	1:56:50 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V107	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	276.0000	290.0001	291.0000	1:49:46 AM	1:58:29 AM
20240801	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V113	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	ST-CH1/O	ST-C	CHANCADORA 1	0.9966	317.0000	290.0001	290.0000	2:00:46 AM	2:03:02 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V146	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	362.2000	363.0000	377.0000	1:46:07 AM	2:05:32 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V109	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	277.0000	290.0001	291.0000	1:56:15 AM	2:05:40 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V168	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0000	376.9000	363.0000	377.0000	1:49:27 AM	2:08:27 AM
20240801	B	P05	Bucyrus 495HR	V105	Komatsu 930E	291.0	Mineral	3190-870/O	3190	ST-5 S	1.0069	298.0000	292.9992	303.0000	1:51:46 AM	2:10:03 AM
20240801	B	LT02	LeTorneau 2350	V111	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3190-875/O	3190	CHANCADORA 1	0.9966	285.0000	290.0001	291.0000	2:02:16 AM	2:10:18 AM

Nota. *Se presenta una muestra representativa de los registros de producción durante el período pretest. El conjunto de datos completo está disponible en formato digital para su consulta.*

Tabla de Anexo 3.4. *Carga y Descarga de Material – Período Postest*

Fecha	Turno	Pala	Flota Pala	Volquete	Flota Volquete	Ton. Nominal	Material Oficial	Poligono	Nivel	Destino	Factor Carga	Ton Pesometro	Ton. Dispatch	Ton. Ajustado	Ciclo	Hora Final Ciclo
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V107	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	2980-804/O	2980	CHANCADORA 1	0.9966	284.0000	290.0001	291.0000	5:37:40 AM	6:01:04 AM
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V109	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	2980-804/O	2980	CHANCADORA 1	0.9966	280.0000	290.0001	291.0000	5:41:44 AM	6:03:24 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V116	Komatsu 930E-4SE	291.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0069	287.0000	292.9992	299.0000	5:44:57 AM	6:01:28 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V135	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	373.7000	363.0000	372.0000	12:02:25 AM	12:20:15 AM
20240901	B	P06	Bucyrus 495HR	V163	Komatsu 980E-4	363.0	Desmonte	3655-903/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0331	379.9000	375.0008	382.0000	12:04:42 AM	12:15:30 AM
20240901	A	P01	P&H 2800XPB	V113	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	2980-800/O	2980	ST-5 S	0.9966	298.0000	290.0001	293.0000	8:30:03 AM	8:50:51AM
20240901	A	P01	P&H 2800XPB	V101	Komatsu 930E	291.0	Mineral	2980-800/O	2980	ST-5 S	1.0069	267.0000	292.9992	295.0000	8:32:36 AM	8:58:49 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V166	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	377.2000	363.0000	372.0000	12:06:13 AM	12:23:06 AM
20240901	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V113	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3175-705/O	3175	CHANCADORA 1	0.9966	268.0000	290.0001	291.0000	12:07:14 AM	12:20:20 AM
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V107	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	2980-804/O	2980	CHANCADORA 1	0.9966	299.0000	290.0001	291.0000	12:07:26 AM	12:33:08 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V140	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	379.2000	363.0000	372.0000	12:08:39 AM	12:27:51AM
20240901	B	P06	Bucyrus 495HR	V130	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-903/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	338.4000	371.9988	378.0000	12:08:49 AM	12:21:50 AM
20240901	B	P07	P&H 4100XPC	V147	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-910/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	362.8000	371.9988	378.0000	12:09:51AM	12:24:05 AM
20240901	B	P04	Bucyrus 495BII	V167	Komatsu 980E-5	363.0	Desmonte	3310-835/W	3310	DEP-CUAJONE	1.0331	365.8000	375.0008	373.0000	12:10:08 AM	12:42:45 AM
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V101	Komatsu 930E	291.0	Mineral	2980-804/O	2980	CHANCADORA 1	1.0069	289.0000	292.9992	293.0000	12:11:09 AM	12:36:14 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V168	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	379.4000	363.0000	372.0000	12:12:00 AM	12:30:36 AM
20240901	B	P06	Bucyrus 495HR	V136	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-903/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	336.3000	371.9988	378.0000	12:13:10 AM	12:25:15 AM
20240901	B	P07	P&H 4100XPC	V132	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-910/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	358.7000	371.9988	378.0000	12:14:23 AM	12:25:00 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V133	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	366.7000	363.0000	372.0000	12:14:35 AM	12:35:55 AM
20240901	B	P04	Bucyrus 495BII	V145	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3310-835/W	3310	DEP-CUAJONE	1.0248	355.1000	371.9988	369.0000	12:14:46 AM	12:55:50 AM
20240901	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V103	Komatsu 930E	291.0	Mineral	3175-705/O	3175	CHANCADORA 1	1.0069	236.0000	292.9992	293.0000	12:17:34 AM	12:29:42 AM
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V108	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	2980-804/O	2980	ST-CHANCADORA 1	0.9966	285.0000	290.0001	292.0000	12:17:39 AM	12:44:48 AM
20240901	B	P06	Bucyrus 495HR	V162	Komatsu 980E-4	363.0	Desmonte	3655-903/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0331	343.0000	375.0008	382.0000	12:18:19 AM	12:27:56 AM
20240901	B	P07	P&H 4100XPC	V143	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-910/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	343.1000	371.9988	378.0000	12:19:14 AM	12:30:00 AM
20240901	B	P04	Bucyrus 495BII	V139	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3310-835/W	3310	DEP-CUAJONE	1.0248	380.1000	371.9988	369.0000	12:20:39 AM	12:57:26 AM
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V109	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	2980-804/O	2980	CHANCADORA 1	0.9966	283.0000	290.0001	291.0000	12:21:56 AM	12:54:08 AM
20240901	B	P07	P&H 4100XPC	V134	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-910/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	358.3000	371.9988	378.0000	12:23:16 AM	12:36:25 AM
20240901	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V112	Komatsu 930E-4	291.0	Mineral	3175-705/O	3175	CHANCADORA 1	0.9966	293.0000	290.0001	291.0000	12:23:28 AM	12:47:47 AM

20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V115	Komatsu 930E-4SE	2910	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0069	293.0000	292.9992	299.0000	12:24:21 AM	12:45:15 AM
20240901	B	P04	Bucyrus 495BII	V161	Komatsu 980E-4	363.0	Desmonte	3310-835/W	3310	DEP-CUAJONE	1.0331	395.0000	375.0008	373.0000	12:26:24 AM	1:00:12 AM
20240901	B	P06	Bucyrus 495HR	V163	Komatsu 980E-4	363.0	Desmonte	3655-903/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0331	338.6000	375.0008	382.0000	12:26:30 AM	12:37:49 AM
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V138	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	2980-804/O	2980	CHANCADORA 1	1.0000	364.6000	363.0000	365.0000	12:27:32 AM	12:50:25 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V135	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	368.0000	363.0000	372.0000	12:29:10 AM	12:45:38 AM
20240901	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V113	Komatsu 930E-4	2910	Mineral	3175-705/O	3175	ST-CHANCADORA 1	0.9966	280.0000	290.0001	312.0000	12:31:05 AM	12:46:46 AM
20240901	B	P07	P&H 4100XPC	V165	Komatsu 980E-4	363.0	Desmonte	3655-910/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0331	358.5000	375.0008	382.0000	12:31:11 AM	12:42:08 AM
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V105	Komatsu 930E	2910	Mineral	2980-804/O	2980	CHANCADORA 1	1.0069	278.0000	292.9992	293.0000	12:33:03 AM	1:00:12 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V141	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	360.4000	363.0000	372.0000	12:33:09 AM	12:51:35 AM
20240901	B	P07	P&H 4100XPC	V146	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-910/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	358.9000	371.9988	378.0000	12:34:36 AM	12:47:50 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V166	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	392.3000	363.0000	372.0000	12:36:43 AM	12:54:03 AM
20240901	B	P04	Bucyrus 495BII	V11	Caterpillar 798AC	360.0	Desmonte	3310-835/W	3310	DEP-CUAJONE	1.0222	380.0000	367.9992	365.0000	12:37:11 AM	1:17:30 AM
20240901	B	P06	Bucyrus 495HR	V130	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-903/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	367.4000	371.9988	378.0000	12:37:53 AM	12:49:55 AM
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V114	Komatsu 930E-4	2910	Mineral	2980-804/O	2980	CHANCADORA 1	0.9966	312.0000	290.0001	291.0000	12:39:04 AM	1:05:31 AM
20240901	B	P07	P&H 4100XPC	V147	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-910/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	358.1000	371.9988	378.0000	12:39:47 AM	12:51:48 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V140	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	392.2000	363.0000	372.0000	12:40:22 AM	12:59:50 AM
20240901	B	LT03	Komatsu WE1850 Gen 3 HL	V103	Komatsu 930E	2910	Mineral	3175-705/O	3175	CHANCADORA 1	1.0069	242.0000	292.9992	293.0000	12:41:34 AM	12:58:36 AM
20240901	B	P04	Bucyrus 495BII	V116	Komatsu 930E-4SE	2910	Desmonte	3310-835/W	3310	DEP-CUAJONE	1.0309	296.0000	300.0006	299.0000	12:41:46 AM	1:12:22 AM
20240901	B	P06	Bucyrus 495HR	V132	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-903/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	346.0000	371.9988	378.0000	12:42:18 AM	12:53:00 AM
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V106	Komatsu 930E-4	2910	Mineral	2980-804/O	2980	CHANCADORA 1	0.9966	313.0000	290.0001	291.0000	12:43:06 AM	1:07:28 AM
20240901	B	P07	P&H 4100XPC	V143	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-910/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	381.2000	371.9988	378.0000	12:43:09 AM	12:54:35 AM
20240917	B	P05	Bucyrus 495HR	V110	Komatsu 930E-4	2910	Mineral	3205-892/O	3205	CHANCADORA 1	0.9966	307.0000	290.0001	290.0000	12:02:36 AM	12:13:44 AM
20240901	B	CFC991	Caterpillar 992	V120	Caterpillar 793D	232.0	Desmonte	3655-910/W	3655	COCOTEA-ALTO	0.9052	198.1000	210.0001	214.0000	12:45:11 AM	12:55:30 AM
20240901	B	P07	P&H 4100XPC	V134	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-910/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	345.7000	371.9988	378.0000	12:46:22 AM	12:57:30 AM
20240901	B	P06	Bucyrus 495HR	V136	Caterpillar 797F	363.0	Desmonte	3655-903/W	3655	COCOTEA-ALTO	1.0248	385.2000	371.9988	378.0000	12:46:33 AM	12:58:45 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V168	Komatsu 980E-5	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	360.2000	363.0000	372.0000	12:46:49 AM	1:06:20 AM
20240901	B	P05	Bucyrus 495HR	V133	Caterpillar 797F	363.0	Mineral	3190-879/O	3190	ST-5 N	1.0000	387.5000	363.0000	372.0000	12:49:56 AM	1:11:45 AM
20240901	B	P01	P&H 2800XPB	V107	Komatsu 930E-4	2910	Mineral	2980-804/O	2980	CHANCADORA 1	0.9966	307.0000	290.0001	291.0000	12:50:10 AM	1:14:50 AM

Nota. *Se presenta una muestra representativa de los registros de producción durante el período postest. El conjunto de datos completo está disponible en formato digital para su consulta.*

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos	: Alexander David Platero Sosa
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N°	: 70200908
Correo electrónico	: aplaterososa@gmail.com
Teléfono/Celular	: 920084098

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : Evaluación del desempeño operativo mediante la digitalización del IPERC con MineOps para mejorar la producción en una mina superficial.
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.07.05 – Mineria, Procesamiento de minerales
c) Fecha de publicación : 17 de noviembre del 2025

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Christ Jesus Barriga Paria
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 44331713
c) ORCID : 0000-0002-7130-9297

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 70200908
NOMBRES Y APELLIDOS : Alexander David Platero Sosa

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 70200908

NOMBRES Y APELLIDOS : Alexander David Platero Sosa

FECHA : 17 de noviembre del 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, Alexander David Platero Sosa bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniera de Minas de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado (a) con DNI: Nº 70200908, autor(a) de la Tesis / Trabajo de suficiencia profesional titulado Evaluación del desempeño operativo mediante la digitación del IPERC con MineOps para mejorar la producción en una mina superficial.
Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 17 de noviembre del 2025



Huella digital

Nombres y Apellidos: Alexander
David Platero Sosa
DNI: 70200908

Alexander David Platero Sosa

TESIS FINAL

TESIS

CONFORMIDAD DE TESIS FINAL

Universidad Nacional de Moquegua

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3371666003

Fecha de entrega
13 oct 2025, 7:52 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
11 nov 2025, 11:34 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
TESIS_ALEXANDER_PLATERO_V09.pdf

Tamaño del archivo
2.1 MB

108 páginas

30.430 palabras

159.442 caracteres

11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Fuentes de Internet

Fuentes principales

0% Fuentes de Internet
5% Publicaciones
9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Caracteres reemplazados
134 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Texto oculto
180 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

0% Fuentes de Internet
5% Publicaciones
9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1 Trabajos del estudiante
Universidad Continental 1%

2 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Moquegua <1%

3 Trabajos del estudiante
Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC <1%

4 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Trujillo <1%

5 Trabajos del estudiante
Universidad Cesar Vallejo <1%

6 Trabajos del estudiante
Universidad Tecnologica del Peru <1%

7 Trabajos del estudiante
Universidad Privada del Norte <1%

8 Trabajos del estudiante
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez <1%

9 Trabajos del estudiante
Universidad Católica de Santa María <1%

10 Trabajos del estudiante
uncedu <1%

11 Trabajos del estudiante
Universidad Estatal Amazonica- <1%

12 Trabajos del estudiante
Corporación Universitaria Iberoamericana <1%

13 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac <1%

14 Publicación
Laura Cruz, Hugo. "Diseño e implementación de un sistema de gestión de segurid... <1%

15 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga <1%

16 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional del Centro del Peru <1%

17 Trabajos del estudiante
uni <1%

18 Trabajos del estudiante
Universidad Alas Peruanas <1%

19 Trabajos del estudiante
Universidad Tecnologica de los Andes <1%

20 Trabajos del estudiante
uniminuto <1%

21 Trabajos del estudiante
utec <1%

22 Publicación
Morales Morales, Luis Gerardo. "Implementar un sistema de gestión en segurida... <1%

23 Publicación
Acuna Werner, Diego Eduardo. "Uso De Datos Empiricos Para Identificar Mejores ... <1%

24 Trabajos del estudiante
Universidad de Murcia <1%

25 Trabajos del estudiante
consultoriadeserviciosformativos <1%

26 Publicación
Cordero Lozano, Julio Cesar | Izquierdo Henríquez, Julio Felipe | Rivera Chiong, G... <1%

27 Publicación
Roca, Jose Luis Casteleiro. "Modelado de Sistemas Complejos Mediante Metodos ... <1%

28 Publicación
Llatasi, Fanny Luz Calizaya. "Propuesta e implementación de un sistema de gestió... <1%

29 Publicación
Reyes, Esmila Calderón. "Estrategias de Comunicación en la Prevención del Vih/Si... <1%

30 Trabajos del estudiante
University of Gujrat <1%

31 Trabajos del estudiante
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA <1%

32 Trabajos del estudiante
Universidad Abierta para Adultos <1%

33 Trabajos del estudiante
Universidad Andrés Bello <1%

34 Trabajos del estudiante
Universidad Autonoma de Chile <1%

35 Publicación
Ramírez Anzola, Claudia Marcela. "Laboratorio Virtual de Química para el Estudio ... <1%

36 Trabajos del estudiante
unasam <1%

37 Trabajos del estudiante
Radboud Universiteit Nijmegen <1%

38 Publicación
Ripoll García, Guillermo. "Valoración sensorial e instrumental de la carne de cabri... <1%

39 Publicación
Apaza Cutipa, Renzo. "Software para la estimación automática de la cabeza huma... <1%

40 Publicación
Laura De La Cruz, Kevin Mario. "La investigación formativa y logro de competenci... <1%

41 Publicación
Luz de Maria Zubieta Burga. "Emotional Intelligence and Its Relationship with Wo... <1%

42 Publicación
Laura Pasca. " Estimating one's own environmental impact: others, acceptability ... <1%

43 Trabajos del estudiante
Universidad Internacional de la Rioja <1%

44 Trabajos del estudiante
Universidad Peruana Los Andes <1%

45 Publicación
"Intelligent Human Systems Integration 2021", Springer Science and Business Me... <1%

46 Trabajos del estudiante
Caribbean University <1%

47 Trabajos del estudiante
ITESM: Instituto Tecnologico y de Estudios Superiores de Monterrey <1%

48 Publicación
Keddy-Hector, Isabel. "Water-Borne Arsenic in Mining Communities: Policy Implic... <1%

49 Publicación
"Proceedings of the 4th Biotechnology World Symposium", Mexican Journal of Bi... <1%

50 Publicación
Calbacho Contreras, Valentina Paz. "Gamificación como metodología de la enseñ... <1%

51 Publicación
José Alejandro Quizhpe - Mogrovejo, Guido Olivier Erazo-Alvarez, Jorge Ormaza-A... <1%

52 Trabajos del estudiante
Universidad de Cundinamarca <1%

53 Trabajos del estudiante
Foundation University, Islmabad <1%

54 Publicación
SNC LAVALIN PERU S.A.. "Segundo ITS de la MEIA de la Unidad Minera Cerro Lind... <1%

55 Trabajos del estudiante
undac <1%

56 Trabajos del estudiante
Carlos Test Account <1%

57 Publicación
Marisol Pilar Zavaleta-Agustín, Kony Luby Duran-Llaro, Luis Florencio Mucha-Hos... <1%

58 Publicación
Mufarech Rey, Cristina. "Relación Entre las Funciones Ejecutivas y la Autoeficacia ... <1%

59 Trabajos del estudiante
Pontificia Universidad Catolica del Peru <1%

60 Trabajos del estudiante
University of North Texas <1%

61 Publicación
Fretel, Julio Anastacio Abad. "Las Competencias Ciudadanas Desarrolladas Por Lo... <1%

62 Publicación
International Commission on Large Dams. "Twenty-Eighth International Congres... <1%

63 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional De La Amazonia Peruana <1%

64 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann <1%

65 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Ingenieria <1%

66 Publicación
Clara M. Prieto. "Protecting daguerreotypes: a new Structural Housing System (S... <1%

67 Trabajos del estudiante
FUNIBER <1%

68 Trabajos del estudiante
KYUNG HEE UNIVERSITY <1%

69 Publicación
María José Mayorga Fernández, María Pilar Sepúlveda Ruiz, Dolores Madrid Vivar.... <1%

70 Publicación
"The Institute of Management Sciences—XIV International Meetings", Managem... <1%

71 Publicación
A Licona-Chavez, F Correa-Sandoval, J De la Rosa-Velez, F Camarena-Rosales. "Gen... <1%

72 Publicación
Felipa Elvira Muñoz Ccuro, Elmer Benites-Alfaro, Yvette Vanessa Criado-Davila, Ro... <1%

73 Publicación
Hamish A. Sandeman, Alan H. Clark, Edward Farrar, Guido Arroyo Pauca. "Lithostr... <1%

74 Publicación
Marielos Peña-Claros. "Changes in Forest Structure and Species Composition duri... <1%

75 Trabajos del estudiante
ucss <1%

76 Publicación
Gang An, Ming Shan. " The application of medical professional English multimedi... <1%

77 Publicación
García, Marco-Antonio, Yulia Solovieva, and Luis Quintanar. "El desarrollo de neof... <1%

78 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo <1%

79 Publicación
Atuncar Chong, Maritza Jesús. "Intervención educativa y el impacto social de las c... <1%

80 Publicación
Azhar Tursynova, Bolganay Kaldarova. "Real-Time precision prehospital stroke di... <1%

81 Publicación
Cruz Quispe, Alain. "Competencias digitales y el logro de aprendizajes del área de... <1%

82 Publicación

Huanca Marín, Julio César. "Cero papel en la Educación Superior Universitaria.", U... <1%

83 Publicación

Nicola Rosa, Maddalena De Bernardo, Michele Lanza, Maria Borrelli, Fabrizia Fusc... <1%

84 Publicación

Roxana Alexandra Albarracin Aparicio, Sandra Danielle Boitano Montaño. "Alfabe... <1%

85 Publicación

WALSH PERU S.A. "EIA del Proyecto Ampliación de la Concentradora Toquepala y ... <1%

86 Publicación

"Human Interaction, Emerging Technologies and Future Systems V", Springer Sci... <1%

87 Publicación

Arcaya Coyuri, Juan Guillermo. "El control interno y su incidencia en la gestión de ... <1%

88 Publicación

Perez, Franck Paul Vasquez. "Estudio de Los Campos Sonoros Subacúaticos Dentr... <1%

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 833-2025-CU

Moquegua, 26 de noviembre de 2025

VISTOS:

El Proveído N° 4882-2025-R de fecha 24 de noviembre de 2025 emitido por el Rectorado, Informe N° D0488-2025-UNAM-R-SG de fecha 24 de noviembre de 2025 emitido por el Secretario General, Informe Técnico N° D0164-2025-SEGE-GT emitido por la Especialista Administrativo I–Grados y Títulos, el Acuerdo del Pleno del Consejo Universitario de Sesión Extraordinaria N° 45-2025-SE-CU-UNAM, de fecha 26 de noviembre de 2025, y;

CONSIDERANDO:

Que, conforme al 4to párrafo del artículo 18, de la Constitución Política del Perú, dispone que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Y el artículo 8º de la Ley Nº 30220-Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y demás normativa aplicable. Concordante con el artículo 1, de la Ley Nº 31520, Ley que restablece la autonomía y la institucionalidad de las universidades peruanas, así como la Ley N° 32141, Ley que modifica la Ley N° 30220-Ley Universitaria, a fin de fortalecer la institucionalidad de las Universidades Públicas licenciadas;

Que, el Artículo 58, de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que el Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la Universidad. Concordante con el artículo 18° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado bajo Resolución de Asamblea Universitaria N° 015-2025-AU-UNAM;

Que, el artículo 59 de la Ley Universitaria-Ley N° 30220, establece las atribuciones del Consejo Universitario, y específicamente el numeral 59.9, establece; Conferir los grados académicos y los títulos profesionales aprobados por las Facultades y Escuela de Posgrado, así como otorgar distinciones honoríficas y reconocer y revalidar los estudios, grados y títulos de universidades extranjeras, cuando la universidad está autorizada por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. Concordante con el numeral 14, del artículo 20° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, el Sr. Rector es el personero y representante legal de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme a lo dispuesto por la Ley Nº 30220-Ley Universitaria, tiene a su cargo la Dirección, Conducción y Gestión del Gobierno Universitario en todos sus ámbitos, concordante con el artículo 24° y numeral 2 del artículo 26° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, mediante Informe Técnico N° D0164-2025-SEGE-GT, de fecha 24 de noviembre de 2025, e Informe N° D0488-2025-UNAM-R-SG de fecha 24 de noviembre de 2025, el Secretario General de la UNAM, remite al Rectorado los expedientes para el trámite de Título Profesional de Ingeniero de Minas de los Bachilleres: PLATERO SOSA ALEXANDER DAVID, MELENDREZ FLORES ROBERTO CARLOS, ALE PRETELL NAYELI ALEXANDRA y COLQUE CALIZAYA DANIEL EDSON de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, quienes se encuentran aptos para la expedición del Título Profesional de Ingeniero de Minas, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios, exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de Actividades y Servicios Académicos y la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas; razón por la cual, el señor Secretario General incluye dichos expedientes como punto de agenda para ser tratado en Sesión Extraordinaria de Consejo Universitario de fecha 26 de noviembre de 2025;

Que, el artículo 44° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...). Asimismo la Ley N° 31803, modifica el artículo en mención adicionando; La Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) determina los criterios, así como establece y supervisa el procedimiento administrativo para el reconocimiento de grados y títulos otorgados en el extranjero, en el marco de la normativa vigente;

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022, N° 880-2023-UNAM y N° 081, 484-2024-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, bajo el amparo de los considerandos precedentes, el Pleno del Consejo Universitario en Sesión Extraordinaria N° 45-2025-SE-CU-UNAM, de fecha 26 de noviembre de 2025, emitió, el siguiente, Acuerdo; POR UNANIMIDAD: CONFERIR, a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero de Minas por la modalidad de sustentación de tesis a los Bachilleres: : PLATERO SOSA ALEXANDER DAVID, MELENDREZ FLORES ROBERTO CARLOS, ALE PRETELL NAYELI ALEXANDRA y COLQUE CALIZAYA

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 833-2025-CU

Moquegua, 26 de noviembre de 2025

DANIEL EDSON, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Nacional de Moquegua;

En uso de las facultades y atribuciones conferidas por el Art. 18, de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220-Ley Universitaria, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, y a lo acordado por el pleno del Consejo Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: CONFERIR, A NOMBRE DE LA NACIÓN a los Bachilleres

- **PLATERO SOSA ALEXANDER DAVID**
  TESIS : "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE LA DIGITALIZACIÓN DEL IPERC CON MINEOPS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA MINA SUPERFICIAL", cuyo asesor principal fue Dr. Christ Jesus Barriga Paria.
- **MELENDREZ FLORES ROBERTO CARLOS**
  TESIS : "EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY", cuyo asesor principal fue el Dr. Arquímedes Leon Vargas Luque.
- **ALE PRETELL NAYELI ALEXANDRA**
  TESIS : "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL DE LA "CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY" DURANTE EL AÑO 2025 APLICANDO EL IPERC ESPECÍFICO Y ACTUALIZANDO LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE SEGURIDAD", cuyo asesor principal fue la Dra. Bertha Silvana Vera Barrios.
- **COLQUE CALIZAYA DANIEL EDSON**
  TESIS : "DISEÑO DE UN SISTEMA ECONÓMICAMENTE VIABLE DE CAPTACIÓN DE ESCORRENTÍAS PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA EN UNA MINA SUPERFICIAL", cuyo asesor principal fue el Dr. Arquímedes Leon Vargas Luque.

El **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS.**

Por la modalidad de SUSTENTACIÓN DE TESIS, de la Escuela Profesional Ingeniería de Minas, de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 2°: ENCARGAR, al Secretario General a través de quien corresponda, para que realice las acciones pertinentes relacionadas con la inscripción correspondiente en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria – SUNEDU.

ARTÍCULO 3°: DISPONER el cumplimiento de la presente Resolución a todas las dependencias de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 4°: DISPONER la publicación de la presente resolución en el Portal Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua www.unam.edu.pe

REGÍSTRESE, PUBLÍQUESE, Y CÚMPLASE;

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA – SECRETARÍA GENERAL

ABOG. EDGAR PINTO HUANCAVILCA
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA – CONSEJO UNIVERSITARIO

DR. HUGO RUBEN MARCA MAQUERA
RECTOR
PRESIDENTE DEL CONSEJO UNIVERSITARIO

DISTRIBUCION:
VRA,
VRI,
FAIN,
EPIM,
DASA,
GeT,
OTI,
Interesados,
C.c. Arch.

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe