

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINAS Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS**

**OPTIMIZACION DE TIEMPO EN EL ABASTECIMIENTO DE  
COMBUSTIBLE PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION DE LA FLOTA DE  
CAMIONES CAT 793F EN LA UNIDAD MINERA CONSTANCIA HUDBAY– CUSCO**

**PRESENTADO POR:**

Br. JUAN CANCIO JURURO SURI

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO DE MINAS**

**ASESOR:**

Mg. RAIMUNDO MOLINA DELGADO.

**CUSCO - PERU**

**2025**



# Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNAAC)

El que suscribe, el Asesor RAIMUNDO MOLINA DELGADO..... quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: OPTIMIZACION DE TIEMPO EN EL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION DE LA FLOTA DE CAMIONES CAT 793F EN LA UNIDAD MINERA CONSTANCIA HUDBAY - CUSCO

Presentado por: JUAN CANCIO JURURO SURI..... DNI N° 61639854; presentado por: ..... DNI N°: .....

Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO DE MINAS.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6º del *Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 %.

### Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 20. de NOVIEMBRE..... de 20.25.....

Firma

Post firma RAIMUNDO MOLINA DELGADO

Nro. de DNI 23912083.....

ORCID del Asesor 0000-0003-02912700

### Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259530595745

# JUAN CANCIO JURURO SURI

## “OPTIMIZACION DE TIEMPO EN EL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION D...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:530595745

148 páginas

Fecha de entrega

20 nov 2025, 10:06 a.m. GMT-5

23.617 palabras

140.765 caracteres

Fecha de descarga

20 nov 2025, 10:12 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS\_JUAN JURURO\_UNAAC\_04\_07\_25\_Final 19-11-25.pdf

Tamaño del archivo

7.1 MB

## 10% Similitud general

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

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 11 palabras)

### Fuentes principales

- |    |   |
|----|---|
| 8% |  Fuentes de Internet                           |
| 1% |  Publicaciones                                 |
| 6% |  Trabajos entregados (trabajos del estudiante) |

### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

 **Texto oculto**

131 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.

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta investigación a mi familia, quienes son el pilar de mi vida: A mis padres, y mi hijo James, ellos siempre han sido mi soporte incondicional y me han motivado a nunca rendirme. Gracias a ellos me he convertido en la persona que actualmente soy.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a mi asesor de tesis, el MGT Raimundo Molina, quien, desde el primer momento, no dudó en dar su apoyo, compromiso y dedicación a lo largo de este proyecto. Sin su asesoría y motivación, no se hubiera asumido el reto de abordar este tema. Asimismo, también a los profesores de la facultad de Ingeniería de Minas, quienes también me acompañan a lo largo de todo el proceso de investigación. Finalmente, a mi familia y amistades, quienes son el soporte y alientan a lograr esta meta.*

## PRESENTACION

Decano de la facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia, señores docentes miembros del jurado de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

En cumplimiento de lo establecido por la Universidad San Antonio Abad del Cusco, para la obtención del título universitario, me es grato presentar el trabajo de investigación titulado: “**OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO EN EL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION DE LA FLOTA DE CAMIONES CAT 793F EN LA UNIDAD MINERA CONSTANCIA HUDBAY-CUSCO**”, con la importancia que resulta del estudio de tiempos dentro de la operación, así como el aporte que esto significa.

Se espera que la investigación sea el principio para futuras investigaciones y se genere un aporte que contribuya al área de perforación en minas superficiales del Perú y a los estudiantes de Ing. de Minas, se presenta la investigación que se pone a su disposición.

## RESUMEN

La tesis titulada “**OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO EN EL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LA FLOTA DE CAMIONES CAT 793F EN LA UNIDAD MINERA CONSTANCIA HUDBAY– CUSCO**” es estratégica por varios factores clave. Su objetivo principal es aumentar la productividad de los camiones, mejorar su disponibilidad mecánica, optimizar el consumo de combustible, reducir las emisiones contaminantes y extender la vida útil de los componentes. En conjunto, estos avances fortalecerán la rentabilidad, eficiencia energética y sostenibilidad de la operación minera, alineándose con la visión de Hudbay Minerales.

Para asegurar el éxito del proyecto, se coordinarán reuniones entre las áreas de Planeamiento Mina, Operaciones, Mantenimiento y Logística, con el fin de definir las etapas, los entregables y el control de los avances. Se evaluarán diversas opciones, como la reubicación de los puntos de abastecimiento, la optimización de los procesos y recursos para el despacho de combustible, la modificación de las rutinas de carga y la implementación de nuevas tecnologías. Esto permitirá evitar desviaciones y asegurar los beneficios proyectados con la optimización.

Entre los impactos positivos esperados por la reducción de tiempos improductivos en el abastecimiento de combustible se destacan la mejora en la eficiencia operativa, reducción de costos, incremento de la disponibilidad mecánica de los equipos, optimización del consumo energético y la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Estos aspectos serán fundamentales para incrementar la rentabilidad de la mina y avanzar en los objetivos de sostenibilidad ambiental.

*Palabras clave: Productividad, Sostenibilidad, Optimización, Tiempos de improductivos, Reducción de costos.*

## ABSTRACT

The thesis titled "**OPTIMIZATION OF TIME IN FUEL SUPPLY FOR INCREASED PRODUCTION OF THE CAT 793F TRUCK FLEET AT THE CONSTANCIA HUDBAY MINING UNIT – CUSCO**" is strategic due to several key factors. Its main objective is to increase the productivity of trucks, improve their mechanical availability, optimize fuel consumption, reduce polluting emissions and extend the useful life of components. Together, these advances will strengthen the profitability, energy efficiency and sustainability of the mining operation, aligning with the vision of Hudbay Minerals.

To ensure the success of the project, meetings will be coordinated between the areas of Mine Planning, Operations, Maintenance and Logistics, in order to define the stages, deliverables and control of progress. Various options will be evaluated, such as the relocation of supply points, the optimization of processes and resources for fuel delivery, the modification of loading routines and the implementation of new technologies. This will allow deviations to be avoided and ensure the projected benefits with the optimization.

Among the positive impacts expected from the reduction of unproductive times in fuel supply, the following stand out: improvement in operational efficiency, cost reduction, increase in the mechanical availability of equipment, optimization of energy consumption and mitigation of gas emissions. greenhouse effect. These aspects will be fundamental to increase the profitability of the mine and advance environmental sustainability objectives.

*Keywords: Productivity, Sustainability, Optimization, Unproductive times  
, Sustainability, Cost reduction.*

.

## INTRODUCCIÓN

En la industria minera, la eficiencia operativa es un factor clave para garantizar la competitividad y sostenibilidad de las operaciones. Uno de los aspectos críticos en este contexto es la gestión adecuada del abastecimiento de combustible, especialmente en flotas de camiones de gran tonelaje como los CAT 793F, cuya disponibilidad y productividad están directamente relacionadas con la continuidad de las actividades de acarreo de material.

La Unidad Minera Constancia, operada por Hudbay Perú en la región Cusco, enfrenta el desafío constante de maximizar su producción manteniendo altos estándares de eficiencia y control de costos. En este sentido, los tiempos destinados al abastecimiento de combustible representan una oportunidad significativa de mejora. Actualmente, una proporción considerable del tiempo operativo de los camiones se ve comprometida durante este proceso, afectando negativamente los indicadores de disponibilidad mecánica, utilización , productividad y producción.

Este estudio tiene como objetivo principal analizar y optimizar los tiempos de abastecimiento de combustible de la flota de camiones CAT 793F, identificando cuellos de botella, proponiendo mejoras operativas y tecnológicas, y evaluando su impacto potencial en el incremento de la producción. Se busca desarrollar una estrategia que permita reducir los tiempos improductivos sin comprometer la seguridad ni la calidad del suministro, contribuyendo así al cumplimiento de los objetivos de producción de la operación minera.

La presente investigación aborda la problemática desde un enfoque técnico-operativo, sustentado en el análisis de datos reales de la operación y la evaluación de mejores prácticas en minería a cielo abierto. Los resultados esperados permitirán formular recomendaciones viables para la implementación de soluciones que aporten valor tangible a la operación y sirvan como referencia para otras unidades mineras con condiciones similares.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
PRESENTACION .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
INTRODUCCIÓN.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.    Planteamiento del problema .....	1
1.1.1.    Fundamentación del problema .....	1
1.1.2.    Formulación del problema.....	2
1.2.    Objetivos .....	3
1.2.1.    Objetivo general .....	3
1.2.2.    Objetivos específicos.....	3
1.3.    Justificación del estudio .....	4
1.3.1.    Justificación teórica.....	4
1.3.2.    Justificación práctica .....	4
1.4.    Delimitación del estudio.....	4
1.4.1.    Delimitación espacial .....	5
1.4.2.    Delimitación temporal .....	5

1.5.	Formulación de hipótesis.....	5
1.5.1.	Hipótesis general .....	5
1.5.2.	Hipótesis específicas .....	5
1.6.	Variables e indicadores .....	5
1.6.1.	Operacionalización de variables.....	6
	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.	Antecedentes de la investigación .....	7
2.1.1.	Antecedentes internacionales .....	7
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	7
2.2.	Bases teóricas .....	8
2.2.1.	Optimización .....	8
2.2.2.	Sistema dispatch “C4M” .....	9
2.2.3.	Sistema long term evolution “LTE” .....	11
2.2.4.	Red rajant mesh.....	12
2.2.5.	Telemetra en la flota minera.....	12
2.2.6.	Ciclo de acarreo de un camión minero .....	13
2.2.7.	Estado de equipos.....	18
2.2.8.	Parámetros de productividad .....	20
2.2.9.	Kpi's de gestión de flota.....	22
2.2.10.	Perfil velocidad- pendiente.....	23
2.2.11.	Combustible para camiones CAT 793F .....	24
2.2.12.	Grifo para el abastecimiento de combustible .....	25
2.2.13.	Equipos principales de carguío y acarreo.....	26

2.2.14. Operaciones Mineras.....	26
2.2.15. Operaciones de carguío y acarreo. ....	31
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
3.1.    Tipo de investigación .....	35
3.2.    Nivel de investigación .....	35
3.3.    Población y muestra .....	35
3.4.    Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	36
CAPITULO IV: .....	39
OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN .....	39
4.1    Diagnóstico inicial del proceso de abastecimiento de combustible .....	39
4.1.1    Definir el "Porqué" .....	39
4.1.2    Identificar a los involucrados .....	40
4.1.3    Analizar el impacto y los riesgos .....	40
4.1.4    Diseñar el nuevo procedimiento.....	40
4.1.5    Definir métricas de éxito .....	43
4.1.6    Análisis de los factores que influyen en el tiempo de abastecimiento .....	44
4.1.7    Comunicación y Capacitación.....	44
4.1.8    Implementación de mejoras en el proceso de abastecimiento.....	47
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	60
5.1    Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	60
5.1.1    Resultados de la implementación.....	60
5.2    Pruebas de hipótesis. ....	61

5.2.1	Prueba de la primera hipótesis específica.....	61
5.2.2	Prueba de la segunda hipótesis específica .....	62
5.2.3	Prueba de la tercera hipótesis específica .....	63
5.3	Presentación de resultados.....	63
5.3.1	Análisis comparativo de los indicadores clave de desempeño (KPI).....	63
5.3.2	Análisis económico de la implementación.....	64
5.3.3	Sostenibilidad de las mejoras implementadas .....	65
5.4	Discusión de resultados .....	65
5.4.1	Antecedentes internacionales .....	65
5.4.2	Antecedentes nacionales.....	65
	CONCLUSIONES.....	67
	RECOMENDACIONES .....	69
	ANEXOS .....	71
	Anexo 1: Difusión de Procedimiento de abastecimiento de combustibles a las guardias. ....	71
	Anexo 2: Formato de Solicitud de cambio de grifo.....	72
	Anexo 3: Procedimiento para el abastecimiento de combustible .....	73
	Anexo 4: Documentos relacionados .....	79
	Anexo 5: Cronograma de operadores de grifo.....	80
	Anexo 6: Aspectos generales de la unidad minera .....	80
	Ámbito de estudio: localización política y geográfica .....	80
	Descripción General .....	80
	Geología.87	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 Sistema de control for Miners) Mapa.....</b>	10
<b>Figura 2 Sistema de control for Miners(Flota) .....</b>	11
<b>Figura 3 Telemetra en la flota minera.....</b>	13
<b>Figura 4 Telemetra en la flota minera.....</b>	14
<b>Figura 5 Ciclo de acarreo de un camión minero .....</b>	15
<b>Figura 6 Parámetros de productividad.....</b>	21
<b>Figura 7 Perfil velocidad- perdiete .....</b>	24
<b>Figura 8 Combustible para camiones CAT 793f.....</b>	25
<b>Figura 9 Diseño de una malla de perforación y bloque de BWI.....</b>	27
<b>Figura 10 Pala Hitachi EX5600 – cargador CAT 994.....</b>	28
<b>Figura 11 Camiones Hitachi 4000AC y CAT 793F.....</b>	29
<b>Figura 12 Camiones Hitachi 4000AC y CAT 793F.....</b>	29
<b>Figura 13 Combustible para camiones cat 793f.....</b>	31
<b>Figura 14 Material de desmonte NAG.....</b>	33
<b>Figura 15 TMF (este y oeste) .....</b>	34
<b>Figura 16 Flujograma de proceso de abastecimiento de combustible antes de mejora .....</b>	43
<b>Figura 17 Capacitación al personal operativo .....</b>	45

<b>Figura 18 Capacitación al personal en bloque de transmisión para el Abastecimiento de combustible a camiones CAT 793 .....</b>	46
<b>Figura 19 Capacitación al personal en bloque de transmisión para el Abastecimiento de combustible a camiones CAT 793 .....</b>	46
<b>Figura 20 Flujograma de proceso de abastecimiento de combustible después de mejora .....</b>	49
<b>Figura 21 Abastecimiento de combustible a camiones CAT 793 .....</b>	50
<b>Figura 22 Caudal y filtros para el abastecimiento de combustible a camiones CAT 793 .....</b>	51
<b>Figura 23 Abastecimiento de combustible a camiones CAT 793 con pistola Wiggins .....</b>	52
<b>Figura 24 Pistola Wiggins de alta caudal 120GPM .....</b>	52
<b>Figura 25 Nodo de acción para la Optimización de Abastecimiento.....</b>	55
<b>Figura 26 comportamiento de tiempo de abastecimiento de Combustible 2022 .....</b>	57
<b>Figura 27 Gráfico de tiempo de abastecimiento .....</b>	57
<b>Figura 28 Gráfico de tiempo de abastecimiento .....</b>	58
<b>Figura 29 Gráfico de tiempo de abastecimiento .....</b>	59
<b>Figura 30 Comportamiento de tiempo de Abastecimiento de Combustible 2022, 2023 y 2024.....</b>	60
<b>Figura 32. Ubicación de la unidad minera Constancia .....</b>	82
<b>Figura 33. Rutas hacia la unidad minera Constancia.....</b>	83
<b>Figura 34. Geología simplificada del área de Andahuaylas – Yauri .....</b>	89
<b>Figura 35. Mapa geológico del yacimiento Constancia .....</b>	90
<b>Figura 36. Geología del tajo Pampacancha .....</b>	101
<b>Figura 37. Potencial de exploración en las cercanías de la mina Constancia.....</b>	104
<b>Figura 38. Diseño de sitio y componentes de la mina constancia. ....</b>	108
<b>Figura 39. Desarrollo de pit final tajos Constancia y Pampacancha.....</b>	110
<b>Figura 40. Dominio estructural del tajo Constancia.....</b>	111
<b>Figura 41. Sectores para definición de talud del tajo Pampacancha. ....</b>	111
<b>Figura 42. Diseño de fases de minado tajo Constancia, vista SN.....</b>	112
<b>Figura 43. Diseño de fases de minado tajo Pampacancha, vista SN.....</b>	113
<b>Figura 44. Fase 02 del Tajo Constancia.....</b>	114

<b>Figura 45.</b> Fase 04 del tajo Constancia.....	115
<b>Figura 46.</b> Fase 05 del tajo Constancia.....	116
<b>Figura 47.</b> Fase 06 del tajo Constancia.....	117
<b>Figura 48.</b> Fase 07 del tajo Constancia.....	118
<b>Figura 49.</b> Fase 08 del tajo Constancia.....	119
<b>Figura 50.</b> Fase 09 del tajo Constancia.....	120
<b>Figura 51.</b> Fase 01 del Tajo Pampacancha .....	121
<b>Figura 52.</b> Fase 02 del tajo Pampacancha .....	122
<b>Figura 53.</b> Flujo orígenes y destinos .....	124
<b>Figura 54.</b> Plan de minado años 2021 y 2022 .....	124
<b>Figura 55.</b> Plan de minado años 2023 y 2024 .....	125
<b>Figura 56.</b> Plan de minado años 2025 y 2026 .....	126
<b>Figura 57.</b> Plan de minado años 2027 a 2030 .....	127
<b>Figura 58.</b> Plan de minado años 2030 a 2035 .....	127
<b>Figura 59.</b> Plan de minado al 2038.....	128
<b>Figura 60.</b> Movimiento de materiales por destino .....	128
<b>Figura 61.</b> Movimiento de materiales por fase de minado .....	129
<b>Figura 62.</b> Material movido ore por fases .....	129
<b>Figura 63.</b> Producción de concentrado de cobre .....	130
<b>Figura 64.</b> Disposición de material inadecuado .....	131
<b>Figura 65.</b> Ubicación de stockpile de mineral .....	132
<b>Figura 66.</b> Dique de relaves “TMF” configuración final .....	133

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Indicadores, Dimensiones de variables.....	6
<b>Tabla 2</b> Estado de equipos en tiempos .....	20
<b>Tabla 3</b> Equipos principales de carguío y acarreo.....	26
<b>Tabla 4</b> BOTADEROS.....	32
<b>Tabla 5</b> Tiempos promedio del proceso de abastecimiento (situación inicial) .....	39
<b>Tabla 6</b> Procedimiento de camión para el abastecimiento de combustible antes.....	42
<b>Tabla 7</b> Procedimiento de abastecimiento de combustible después de la mejora.....	48
<b>Tabla 8</b> Optimización de Abastecimiento de combustible a camiones CAT 793.....	54
<b>Tabla 9</b> Análisis económico de la implementación año 2022 .....	56
<b>Tabla 10</b> Tiempos promedio del proceso de abastecimiento (situación mejorada) .....	60
<b>Tabla 11</b> Resultados de la prueba t para la primera hipótesis .....	61
<b>Tabla 12</b> Impacto en el tiempo operativo.....	62
<b>Tabla 13</b> Incremento en la producción .....	63
<b>Tabla 14</b> Comparación de KPI antes y después de la implementación .....	63
<b>Tabla 14</b> Análisis económico de la implementación.....	64
<b>Tabla 14.</b> Distancias y tiempos de conducción.....	83
<b>Tabla 15.</b> Historial de producción mina Constancia.....	87
<b>Tabla 16.</b> Resultados de drill holes correspondientes a la propiedad María Reyna.....	107

## CAPITULO I:

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### **1.1. Planteamiento del problema**

##### ***1.1.1. Fundamentación del problema***

En el ámbito mundial de la minería, la optimización en el abastecimiento de combustible en camiones mineros ha sido un tema de interés en la industria durante los últimos años. Se han implementado diversas estrategias y tecnologías para mejorar la eficiencia en el consumo de combustible y reducir los costos operativos. Entre las estrategias más comunes se encuentran la implementación de programas de mantenimiento preventivo para asegurar que los camiones estén en óptimas condiciones, la capacitación de los operadores para una conducción más eficiente y la utilización de sistemas de monitoreo y control de combustible en tiempo real. Además, se han desarrollado tecnologías como los motores híbridos, los sistemas de recuperación de energía y los sistemas de propulsión eléctrica para reducir la dependencia del combustible fósil y disminuir las emisiones de gases contaminantes. La optimización en el abastecimiento de combustible en camiones mineros es un tema de gran importancia a nivel mundial, y se han implementado diversas estrategias y tecnologías para mejorar la eficiencia en el consumo de combustible y reducir los costos operativos los cuales actualmente están en el orden de 40% a 50% de Opex por lo que se hace de vital importancia reducir la ineficiencia en el proceso y establecer controles en el mismo, para su evaluación en el tiempo.

Así mismo los países demandan a la industria minera mayores estándares ambientales por medio de sus regulaciones para que adopten mejores prácticas sostenibles. Es el caso de América Latina, donde existe un desafío constante debido a la falta de infraestructura adecuada

y la logística ineficiente. Se suma que algunas empresas mineras han tenido que enfrentar problemas como la escasez de combustible en áreas remotas por bloqueos de comunidades campesinas lo que condiciono el suministro constante y confiable.

Para el caso peruano sigue siendo un tema de mucha preocupación ya que en muchas unidades mineras el abastecimiento de combustible sigue siendo de forma manual y con procedimientos de apagado de camión minero sumado a las demoras generadas por el operador, esto trae como consecuencia un impacto negativo en la producción materializada en mermas económicas.

Hudbay Peru Sac en su mina Unidad Minera Constancia, alineado a sus políticas corporativas en la optimización de sus procesos busca eliminar, reducir o transformar estas pérdidas bajo la filosofía de la mejora continua, minimizando tiempos perdidos y reduciendo sus costos operativos para alcanzar la excelencia operacional. Por lo que la cantidad de acarreo de material mina a sus diferentes destinos (Chancadora, WRF, TMF entre otros) se ve condicionada por las horas ready (horas operativa) suministradas por lo que se hace necesario incrementar las mismas reduciendo las demoras y stand by lo que nos lleva a evaluar indicadores como el uso, usage y la utilización, medidas clave para el desempeño del ciclo de acarreo.

### ***1.1.2. Formulación del problema***

#### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo Optimizar el tiempo de abastecimiento de combustible para el incremento de la producción de la flota de camiones CAT 793F en la Unidad Minera Constancia Hudbay?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

P1: ¿Cuáles son los tiempos improductivos en el proceso de abastecimiento de combustible para la flota de camiones CAT 793F en la unidad minera Constancia Hudbay?

P2: ¿Cómo reducir el tiempo de abastecimiento de combustible mediante el proceso de gestión de cambio para el incremento de la producción de los camiones CAT 793F en la unidad minera Constancia Hudbay?

P3: ¿En qué medida se incrementará la producción de la flota de camiones mineros Cat 973 en la Unidad minera constancia Hudbay?

## **1.2. Objetivos**

### ***1.2.1. Objetivo general***

Optimizar el tiempo de abastecimiento de combustible para el incremento de la producción de la flota de camiones CAT 793F en la Unidad Minera Constancia.

### ***1.2.2. Objetivos específicos***

O1: Determinar los tiempos improductivos en el proceso de abastecimiento de combustible para la flota de camiones CAT 793F en la unidad minera Constancia.

O2: Reducir el tiempo de abastecimiento de combustible mediante el proceso de gestión de cambio para el incremento de la producción de los camiones CAT 793F en la unidad minera Constancia.

O3: Determinar el incremento de la producción de la flota de camiones mineros CAT 793 en la Unidad minera constancia Hudbay.

### **1.3. Justificación del estudio**

#### ***1.3.1. Justificación teórica***

Según (Pulido, 2014), la productividad es mejorar los resultados en función a los recursos empleados; la presente investigación plantea contribuir a generar los lineamientos para mejorar el proceso de acarreo de mineral en la Unidad minera constancia Hudbay. A cielo abierto, gestionando adecuadamente el abastecimiento de combustibles de los equipos que realizan esta actividad.

#### ***1.3.2. Justificación práctica***

La presente investigación se realiza, porque existe la necesidad de mejorar la productividad del acarreo de mineral en empresas mineras de cielo abierto, uno de los métodos utilizados es disminuir tiempos en las demoras operativas más significativas como lo plantea Bustamante (2018) en su estudio relacionado a este tema, otros investigadores se inclinan por mejorar los frentes de carguío y así conseguir mejores tasas de excavación como lo propone Marín (2015) en su investigación, pocos son los estudios orientados específicamente a mitigar la demora operativa de abastecimiento de combustible; Gonzales (2016) propone abordar el tema utilizando redes neuronales para conseguir una óptima asignación para el abastecimiento de combustible, consiguiendo excelentes resultados en las simulaciones realizadas.

La trascendencia de este proyecto es que el tiempo perdido en minera Hudbay es tonelaje no producido, en otras palabras, más producción, menos demora en la operación. Para eso, se debe optimizar toda actividad demandante de que equipos y también personas deban quedarse inactivos, prologándose para tratar de lograr la continuación de la operación.

## 1.4. Delimitación del estudio

### 1.4.1. *Delimitación espacial*

Esta presente investigación se desarrolló en la flota de camiones CAT 793F en la unidad Minera Constancia Hudbay– Cusco

### 1.4.2. *Delimitación temporal*

La investigación se desarrolló en el 2022

## 1.5. Formulación de hipótesis

### 1.5.1. *Hipótesis general*

La optimización del tiempo de abastecimiento de combustible incrementa la producción de la flota de camiones CAT 793F en la unidad minera Constancia Hudbay.

### 1.5.2. *Hipótesis específicas*

H1: La identificación de los tiempos improductivos reduce la demora por abastecimiento de combustible de la flota de camiones CAT 793F en la unidad minera Constancia Hudbay.

H2: El proceso de gestión de cambio de abastecimiento de combustible para la flota de camiones CAT 793F permite reducir el tiempo operativo en la Unidad minera constancia Hudbay.

H3: Se incrementa la capacidad operativa de la flota de camiones mineros Cat 973 mediante la gestión de cambio de abastecimiento de combustible en la Unidad minera constancia Hudbay.

## 1.6. Variables e indicadores

*Variable independiente:* Optimización de tiempo de abastecimiento de combustible

*Variable dependiente:* Incremento de producción de la flota de camiones CAT 793F

### *1.6.1. Operacionalización de variables*

**Tabla 1**

*Indicadores, Dimensiones de variables*

VARIABLES INDEPENDIENTE	DIMENSION	INDICADORES
<b>Tiempo de abastecimiento de combustible</b>	Tiempos del proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tiempo de espera.</li> <li>- Tiempo de cuadre</li> <li>-Tiempo de salida</li> <li>-Tiempo en grifo.</li> <li>-Tiempos muertos</li> </ul>
	Reducción de tiempos en el abastecimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>R. en desplazamiento.</li> <li>R. en tiempo de recarga.</li> <li>R. en revisión de camión.</li> <li>R. en prendido y apagado de camión.</li> </ul>
	Gestión de cambio del proceso del abastecimiento de combustible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo total de carga de combustible / flota de camiones mineros.</li> <li>- Utilización.</li> <li>- Usage.</li> <li>- Uso</li> <li>- Cambio del Procedimiento</li> </ul>
VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSION	INDICADORES
<b>Incremento de Producción</b>	Producción de la flota de Camiones Mineros	TM/ viaje, “ready,”
<b>(Incremento de la capacidad operativa)</b>	Incremento de número de viajes.	Numero
	Análisis de beneficio.	\$/TM

*Nota.* Elaboración propia.

## CAPITULO II:

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. *Antecedentes internacionales***

**En la tesis titulada “Optimización de las horas operativas de los CAEX en los procesos de descarga en chancado y abastecimiento de combustible, mediante la utilización de modelamientos compuestos y redes neuronales de Roberto Ignacio Gonzales Gazmuri (Universidad de Chile 2016)”,** presentó como objetivo principal “optimizar las horas operativas de los CAEX en los procesos de descarga en chancado y abastecimiento de combustible”. La investigación muestra que, mediante el uso de simulaciones basadas en redes neuronales, el suministro de combustible a los equipos de transporte mejora significativamente y la productividad en el proceso de descarga del material a la chancadora. El autor concluye su estudio mencionando que, tras la aplicación del algoritmo de asignación dinámica de combustible, la demora promedio en el abastecimiento de combustible disminuyó de 60 a 70%.

##### **2.1.2. *Antecedentes nacionales***

**En la tesis titulada “Reducción de las demoras operativas y optimización de tiempos por abastecimiento de combustible con el sistema BR-300 GPM. en los volquetes de mina - unidad operativa Cuajone de Marvin de Antony Champi Guzmán de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Perú”**, enuncia su objetivo principal como “Aplicar el sistema VR -300 GPM en el proceso de abastecimiento de combustible para reducir las demoras operativas, optimizar los tiempos y obtener mayor productividad en la unidad operativa Cuajone”. El estudio revela que la adopción de un sistema de suministro de

combustible con alta capacidad de flujo permite minimizar los tiempos de espera durante el abastecimiento en el grifo, favoreciendo de esta manera el incremento en la eficiencia operativa de los equipos de acarreo.

**En la tesis titulada “Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Ferrobamba – Las Bambas 2015, de Dante Maruri Meza Universidad Nacional**

**Micaela Bastitas en Abancay, Perú**”, enuncia el problema “¿Cómo la productividad tiene relación con las demoras operativas que inciden el ciclo de carguío y acarreo en el Tajo Ferrobamba, las Bambas 2015?”, En la investigación se determina que la adecuada gestión de las demoras operativas, las cuales impactan directamente en las actividades diarias de la operación, resultó en mejoras significativas en la disponibilidad, el desempeño y la eficiencia en el uso de los equipos de carguío y acarreo. Este enfoque permitió optimizar el funcionamiento general de dichos equipos, favoreciendo una operación más fluida y productiva.

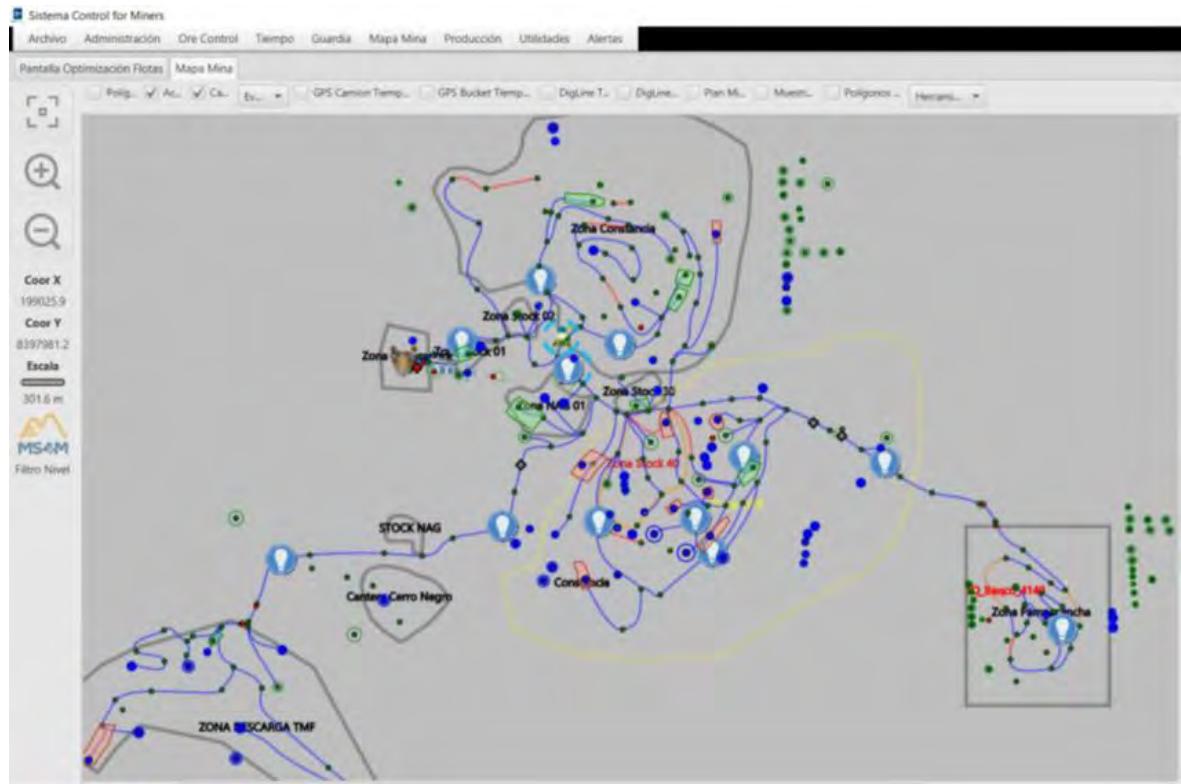
## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Optimización**

la optimización se refiere a la aplicación de métodos matemáticos y algoritmos para encontrar los valores de los parámetros que permiten maximizar o minimizar una función objetivo, bajo determinadas restricciones. Esto puede implicar la selección de los mejores parámetros dentro de un modelo estadístico, con el fin de ajustar los datos observados de la manera más precisa posible, o de mejorar la eficiencia de los algoritmos de estimación. Los problemas de optimización en estadística están asociados comúnmente con **la estimación de máxima verosimilitud** (MLE, por sus siglas en inglés), donde se busca maximizar la probabilidad de que un modelo estadístico ajuste correctamente los datos observados (Zhou, 2020).

### **2.2.2. Sistema dispatch “C4M”**

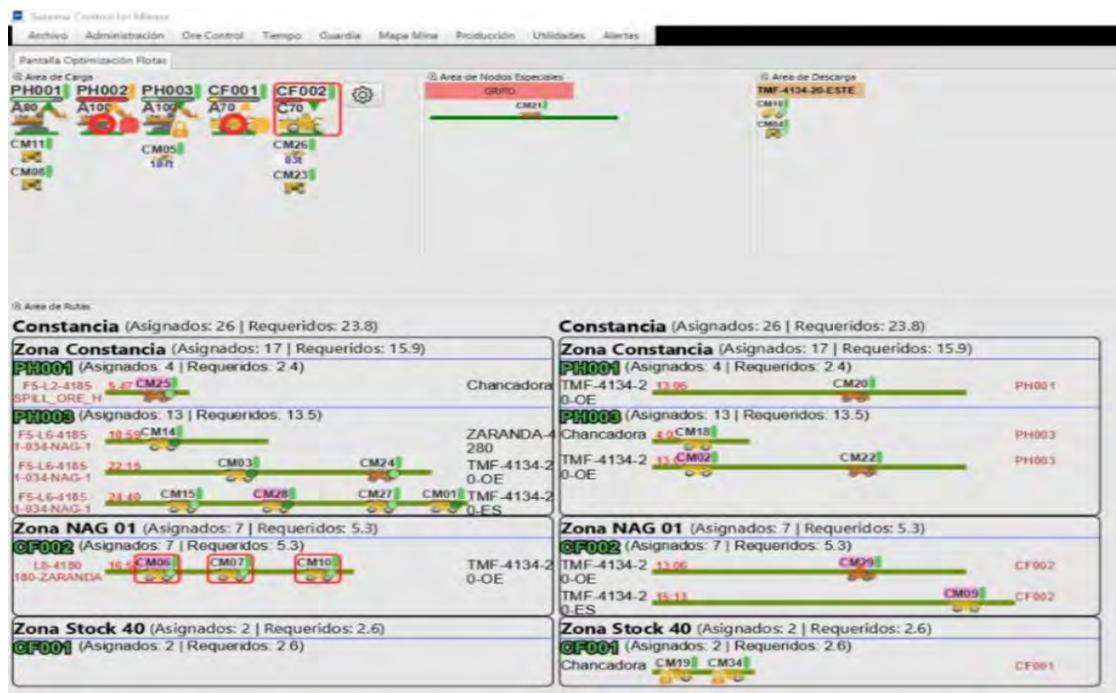
Un sistema de gestión de flota es una herramienta tecnológica o aplicación que permite a las empresas mineras a administrar la flota minera (camiones mineros, palas hidráulicas, cargadores frontales, perforadoras y demás equipos auxiliares) de manera más eficiente. Este sistema proporciona información en tiempo real al hacer uso de la geolocalización, el estado, el rendimiento, productividad de la flota, lo que permite a los ingenieros tomar decisiones oportunas e informadas sobre la asignación de recursos y la planificación como rutas, blending, cumplimiento en tonelaje. Además, un sistema de gestión de flota ayuda a reducir los costos operativos, mejorar la seguridad de los operadores y aumentar su utilización reduciendo las demoras y stand by. Para nuestro caso MS4M nuestro proveedor en tecnología nos brinda la aplicación “C4M”.

**Figura 1***Sistema de control for Miners) Mapa*

Nota. Adaptado de CONTROL MINA - HUDBAY PERU, (2025).

**Figura 2**

*Sistema de control for Miners(Flota)*



Nota. Adaptado de CONTROL MINA - HUDBAY PERU, (2025).

### 2.2.3. Sistema long term evolution “LTE”

Un sistema LTE (Long-Term Evolution) es una tecnología de comunicación inalámbrica de alta velocidad utilizada en redes móviles de cuarta generación (4G). Este sistema facilita que los datos se envíen con mayor rapidez y que más dispositivos se puedan conectar al mismo tiempo sin afectar el rendimiento, lo que lo convierte en una opción ideal para aplicaciones que requieren una alta velocidad de transmisión de datos, como la optimización de flotas mineras Dispatch. Con un sistema LTE, las empresas mineras pueden monitorear y controlar de manera más eficiente sus flotas de camiones, palas, cargadores, perforadoras y demás equipos auxiliares lo que les permite mejorar la productividad y reducir los costos operativos.

#### ***2.2.4. Red rajant mesh***

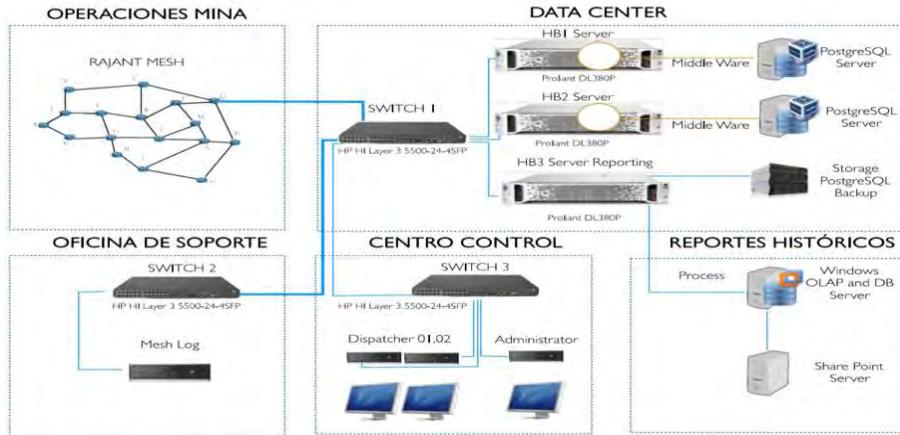
Una red rajant mesh es una red de comunicaciones inalámbricas que utiliza múltiples nodos interconectados para proporcionar una mayor cobertura y redundancia. Cada nodo en la red puede comunicarse con otros nodos cercanos, lo que permite que la red se adapte y se auto reconfigure en caso de que un nodo falle o se desconecte. Esto hace que las redes rajant mesh sean ideales para aplicaciones críticas en las que la conectividad constante es esencial.

#### ***2.2.5. Telemetra en la flota minera***

La telemetría en la flota de equipos mineros es un sistema de monitoreo y control remoto que permite obtener la información en tiempo real sobre el rendimiento y la operación de los equipos. Esta tecnología utiliza sensores y dispositivos de comunicación para recopilar datos sobre la velocidad, la ubicación, el consumo de combustible, la temperatura del motor, entre otros aspectos relevantes. La información recopilada se transmite a un centro de control, donde se analiza y se utiliza para optimizar la gestión de la flota y mejorar la eficiencia en la operación minera. La telemetría es una herramienta clave para la toma de decisiones informadas y la mejora continua en la industria minera.

**Figura 3**

*Telemetra en la flota minera*



Nota. Adaptado de CONTROL MINA - HUDBAY PERU, (2025).

#### **2.2.6. Ciclo de acarreo de un camión minero**

El ciclo de acarreo en camiones mineros es el proceso que se lleva a cabo para transportar el material extraído de la mina hacia sus destinos finales (Chancadora, WRF, TMF entre otros). Este proceso se compone de varias actividades que se realizan de manera secuencial y que permiten que el material sea transportado de manera eficiente y segura.

Las actividades que conforman un ciclo de acarreo en camiones mineros son las siguientes:

- Viajando vacío.
- Cola en el frente de minado.
- Acomodo.
- Cuadrado.
- Cargando.
- Viajando cargado.
- Cola en descarga.
- Esperando descargar.
- Retroceso.

- Descargando.

Tiempo Total de Ciclo de acarreo(min)

- = T.Cola(min)
- +T.Acomodo(min)
- +T.Cuandrodo (min)
- +T.Cargado (min)
- +T.Viajando Vacío(min)
- +T.Esperando descarga (min)
- +T.Retroceso(min)
- +T.Descarga (min)
- + T.Viajando Vacío(min)

**Figura 4**

*Telemetra en la flota minera*

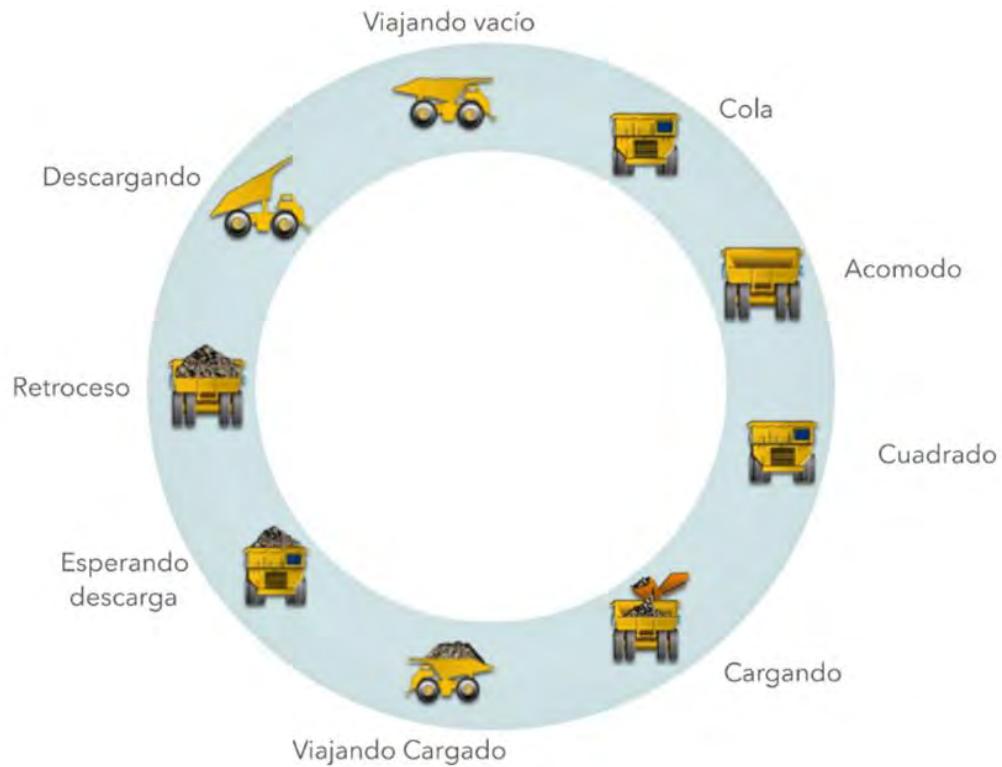


*Nota.* PORCEDIMIENTO DE CARGUIO – HUDBAY PERU, (2022).

El número de ciclos está en función de la cantidad de material (Ore & Waste) que se deba transportar y de la capacidad de los camiones mineros. Para asegurar la eficiencia y seguridad en el desarrollo de todas las actividades, es fundamental prevenir cualquier tipo de demora o incidente que pueda comprometer la seguridad de los trabajadores y el buen estado del equipo empleado. Garantizar estas condiciones es clave para mantener un entorno laboral protegido y operaciones sin interrupciones.

**Figura 5**

*Ciclo de acarreo de un camión minero*



*Nota.* PORCEDIMIENTO DE CARGUIO – HUDBAY PERU, (2022).

#### **2.2.6.1. Cambio de actividades de equipo**

Los cambios de actividad durante un ciclo se dan teniendo en cuenta ciertos criterios, descritos en adelante

##### **a) Esperando o llegada (Cola)**

Cuando el camión se encuentra detenido en el área designada para la carga, se considera que está realizando esta actividad. Este estado comienza cuando el vehículo está ubicado dentro del perímetro de la zona de transporte, con una velocidad nula (0 km/h), o bien cuando está detenido a una distancia máxima de 30 metros de otro camión que también espera,

permaneciendo inmóvil. Esta definición permite identificar los tiempos de espera específicos durante el proceso de transporte.

**b) *Listo para cuadrar***

Se da en el escenario en el que el camión ha estado esperando para cuadrarse, sin embargo, por algún motivo no ha podido iniciar dicha actividad, esto se da cuando de la zona de carguío está saliendo algún otro equipo de acarreo o cuando la pala está acomodando su frente.

**c) *Cuadrando (Acomodo)***

Después de la actividad "En espera", corresponde la actividad "Cuadrando", esta comienza cuando el camión está dentro de una locación de carga y el camión está en reversa.

**d) *Cuadrado***

Esta actividad comienza después de la actividad de cuadrando se da cuando el camión alcanza una velocidad igual a 0 km/h, es decir, el equipo está ubicado en la locación de la pala, con una velocidad equivalente a 0 km/h y su velocidad es neutral.

**e) *Cargando***

El camión está recibiendo material en la pala asignada por ControlSense. Para que este v cucharón de carga debe contener un peso diferencial mayor o igual al 10 por ciento de la carga útil nominal.

**f) *Acarreo (Viajando cargado)***

Después de haber terminado de cargar el material en el equipo de transporte, la actividad cambiará automáticamente de "Cargando" a la actividad "Acarreo". Esta actividad se inicia cuando el camión se encuentra a una distancia igual o mayor al radio establecido desde el punto central de la zona de carga asignada por el supervisor, y cuando el vehículo se desplaza con una

marcha diferente a la neutral. Esta condición sirve para identificar el momento en que el camión comienza su movimiento hacia la carga. Cuando el Centro de control asigna una ubicación de carga y una ubicación como punto de descarga, el optimizador puede establecer automáticamente una ruta, que puede ser confirmada por el controlador y servirá como la ruta que seguirá el equipo de transporte desde la ubicación de carga hasta la descarga zona.

***g) En cola de descarga (Esperando descarga)***

Esta actividad se activa cuando el equipo está entrando en el área de descarga y hay otros equipos esperando ser descargados en la misma área. Para comenzar esta actividad, el camión debe estar dentro del radio o polígono del área de descarga, o dentro del radio de 20 metros del último camión en línea de retroceso o descarga en el área asignada para este fin, con una velocidad de 0 km/h. Es posible que el camión se encuentre en un área de descarga y no haya otros equipos que retrocedan o descarguen, en este caso, la actividad se llevará a cabo junto con la siguiente que corresponde a "Retroceso".

***h) Retrocediendo***

Esta actividad se activará una vez que el área pueda recibir el volcado de material, ya que el equipo está dentro del polígono o el radio del área de descarga y su marcha es inversa.

***i) Listo para descargar***

Esta actividad se activará una vez que el área sea adecuada para recibir el volcado de material, estando el equipo dentro del polígono o el radio del área de descarga y con una velocidad de 0 km/h.

*j) Descargando*

Una vez que el equipo de acarreo ha sido estacionado, el material se descargará, y es entonces cuando el sistema notificará la actividad de "descarga" actual, que es cuando el camión levanta el cucharón para descargar el material.

*k) Viajando vacío*

Después de descargar el material en el vertedero, esta representa la última tarea que realiza el camión, la siguiente fase consiste en que el vehículo de transporte regrese a la ubicación de la pala originalmente asignada. Para que esta actividad se registre como iniciada, es necesario que el camión coloque el balancín en posición baja y que su velocidad sea superior a 0 km/h, indicando que ha comenzado el desplazamiento de retorno.

### **2.2.7. Estado de equipos**

Dependiendo del progreso de las actividades realizadas en el área de operaciones, los equipos pueden ser distintos estados. En el Control Sense System se han establecido cinco (5) estados principales, los cuales se pueden observar durante el desarrollo de las labores en terreno. A continuación, se describen detalladamente estos estados:

#### **2.2.7.1 Tiempo operativo/ efectivo (Ready)**

El estado descrito señala que el equipo está llevando a cabo una tarea asignada desde el centro de control. Durante este período, se pueden presentar diversos cambios en las actividades de los equipos de carguío y acarreo. Además, si es necesario hacer un cambio de operador en el equipo de carguío, este debe realizarse en un estado distinto a READY. Cabe recordar que el estado "Ready" no se muestra explícitamente en la pantalla de visualización, ya que los equipos en dicho estado generalmente están desarrollando una actividad relacionada con su ciclo de

trabajo. En resumen, este estado representa el tiempo en el que el equipo opera de manera continua y efectiva.

#### ***2.2.7.2 Demora (Delay)***

Este estado indica que el equipo está experimentando una pausa o retraso operativo, el cual puede deberse a múltiples factores. En este caso, aunque el motor del equipo está encendido, no se está realizando ninguna actividad productiva, reflejando una demora que suele ser parte habitual del proceso operativo.

#### ***2.2.7.3 Standby***

En este estado ocurre una situación parecida a la del estado “Delay”, puesto que también presenta una pausa operativa.

La diferencia principal es que en este caso el equipo tiene el motor apagado, debido a una demora que no está vinculada directamente con el ciclo habitual de operación.

#### ***2.2.7.4 Mantenimiento (Maint)***

Este estado indica que el equipo se encuentra en proceso de mantenimiento, lo que significa que está siendo sometido a revisión técnicas o se encuentra en el área destinada para las labores de mantenimiento.

Mantenimiento Programado

Equipo no está disponible por mantenimiento programado y está apagado

Mantenimiento Correctivo

Equipo no está disponible por mantenimiento correctivo y está apagado

#### ***2.2.7.5 Fuera de Plan (Outofplan)***

Este estado indica que el equipo no se incluye en la planificación ni en la optimización de los trabajos operativos por distintas razones. Por ejemplo, puede tratarse de un camión que

acaba de ser adquirido y que aún está en proceso de ensamblaje, o de uno que se encuentra desarmado, por lo que no se considera dentro del programa operativo. En general, este estado identifica aquellos equipos que no encajan en los cuatro estados operativos principales y que habitualmente están excluidos del plan de trabajo.

**Tabla 2**

*Estado de equipos en tiempos*

OPERATIVO	TIEMPO TOTAL								FUERA DEL PLAN	
	TIEMPO DISPONIBLE			STAND BY		MANTENIMIENTO				
	DEMORA		DEMORA NO PROGRAMADA	CONDICION OPERATIVA	FACTOR EXTERNO	MANT. PROGRAMADO	MANT. NO PROGRAMADO	PARADAS OPERACIONALES		
	PROGRAMADA	DEMORA	PROGRAMADA							
101   Producion	201   Cambio de Turno	301   Esperando en grifo	401   Charla de Seguridad	501   Emergencia	601   Esperando para PM	701   Esperando a Mantenimiento	801   Accidente	901   Accidente Largo		
	202   Cambio de Operador	302   Enfriamiento de Llantas	402   Traslado Largo de Equipo de Camino	502   Comunidades	602   Preventivo	702   Correctivo NP	802   Problema de Red	902   Fuera del Plan de Minado		
	203   Revision y Chequeo	303   Limpieza Tola	403   Condiciones Inseguas	503   Condiciones Climaticas	603   Correctivo PM	703   Manito detenido por Tormenta	803   Radio de Comunicacion			
	204   Abastecimiento de Combustible	304   SSHH	404   Plan de Minado	504   Periodo o Estividad	604   Traslado para PM		804   Problema de Sistemas Tecnologicos			
	205   Disparo	305   Espera por Reparación de Area	405   Pila Alta en Chancadora	505   Huelga			805   Problema de Control Sense			
	213   Vía Nacional	306   Pausas Activas	406   Equipo de Cargulo Malorrido				806   Calibracion			
		307   Recogeo de Personal	407   Sin Operador							
		308   Espera Vía Angosta	408   Falta de Frente							
		309   Traslado Corto de Equipo de Camino	409   Vía Bloquedada							
		310   Limpieza de Equipo	410   Incidente - Accidente							
		311   Atasco en Chancadora	411   Refrigerio y Descanso							
		324   Compactando Material	417   Condición Geotécnica							

Nota. CONTROL MINA ELABLORACION PROPIA – HUDBAY PERU (2025).

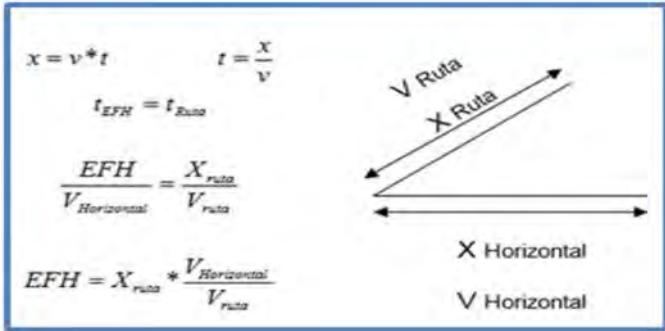
### 2.2.8. Parámetros de productividad

#### 2.2.8.1 Distancia Equivalente Horizontal (EFH)

La distancia horizontal se refiere al tramo que un camión podría desplazarse en el mismo tiempo que tarda en recorrer una pendiente, ya sea en ascenso o descenso (pendiente positiva o negativa). Esta medida permite comparar el recorrido en terreno plano con el recorrido en inclinaciones.

**Figura 6**

*Parámetros de productividad*



Nota. CONTROL MINA – HUDBAY PERU (2024).

#### **2.2.8.2 Cola de camiones (*Queue – min.*)**

Este parámetro mide el tiempo que los equipos de acarreo permanecen en espera en el punto de carguío. El conteo inicia desde el momento en que el primer camión se encuentra detenido y esperando para realizar la actividad.

#### **2.2.8.3 Productividad de acarreo (t/h)**

La definición corresponde al tono que un camión transporta, dividido por el tiempo total del ciclo de acarreo que realiza en un viaje. Esta relación permite conocer la carga promedio transportada en cada ciclo completado.

#### **2.2.8.4 Productividad de carguío (t/h)**

Es la proporción entre el tonelaje nominal y el tiempo total considerado productivo, que incluye el periodo de transporte, el tiempo de cuadrado y la espera de los camiones. Esta métrica refleja la eficiencia durante las fases activas de la operación.

#### **2.2.8.5 Productividad efectiva de carguío (t/h)**

Esta métrica representa la proporción entre el tonelaje nominal cargado y el tiempo real dedicado al proceso de carga, incluyendo el tiempo de cuadrado. Corresponde a la cantidad que se podría producir en una hora si no existieran demoras o interrupciones (hang igual a cero).

#### **2.2.8.6 Tasa de excavación (t/h)**

Esta relación mide el tonelaje nominal cargado en comparación con el tiempo dedicado a la actividad de carguío. También es conocida como tasa de excavación o Digrate, y sirve para evaluar la eficiencia en la carga del material.

#### **2.2.8.7 Espera del equipo de carguío (Hang – min.)**

Este indicador refleja el tiempo durante el cual los equipos de carguío permanecen inactivos mientras esperan la llegada de un camión de acarreo. El conteo inicia desde el momento en que el camión sale del punto de carguío y no hay otros camiones esperando para cargar en ese frente.

#### **2.2.9. Kpi's de gestión de flota**

Los KPI's (Indicadores Clave de Desempeño) de gestión de flota minera son métricas utilizadas para medir y evaluar el rendimiento de la flota de camiones y demás equipos utilizados en las operaciones mineras. Algunos de los KPI's más comunes son:

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Tiempo Ready}}{\text{Tiempo Total}} \times 100\%$$

$$\text{Usage} = \frac{\text{Ready}}{\text{Ready} + \text{Stand by} + \text{Delay}} \times 100\%$$

$$Uso = \frac{\text{Ready}}{\text{Ready} + \text{Delay}} \times 100\%$$

$$\text{Disponibilidad física} = \frac{\text{Ready} + \text{Stand by} + \text{Delay}}{\text{Tiempo Total}} \times 100\%$$

$$\text{Uso de la disponibilidad} = \frac{\text{Ready} + \text{Delay}}{\text{Tiempo Operativo}} \times 100\%$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Toneladas}}{\text{Unidad de tiempo (1 hora)}}$$

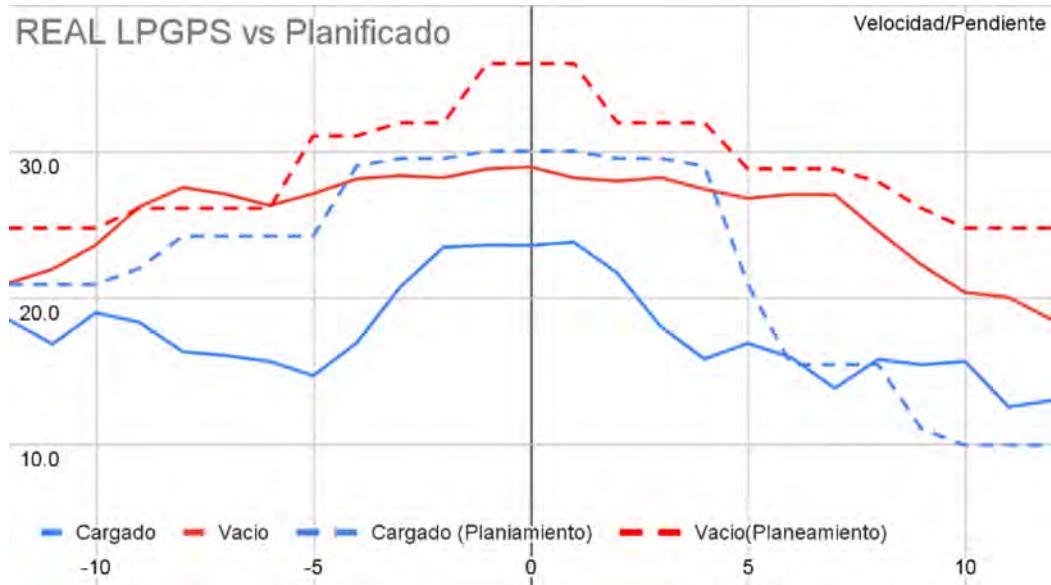
$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Dolares ($)}}{\text{Unidad de producción (1 tonelada)}}$$

#### **2.2.10. Perfil velocidad- pendiente**

La curva velocidad-pendiente es un gráfico que muestra la relación entre la velocidad de un camión minero y la pendiente del terreno en el que se está transitando. Esta curva se utiliza para determinar la velocidad máxima segura que se puede mantener en una pendiente determinada, teniendo en cuenta la capacidad (payload) del camión para mantener la tracción y el control en diferentes condiciones de pendiente. La curva velocidad-pendiente es una herramienta importante para el dimensionamiento de la flota minera, así como para la elaboración de los planes (Budget & forecast).

**Figura 7**

*Perfil velocidad- perdiete*



Nota. CONTROL MINA – HUDBAY PERU.

### 2.2.11. Combustible para camiones CAT 793F

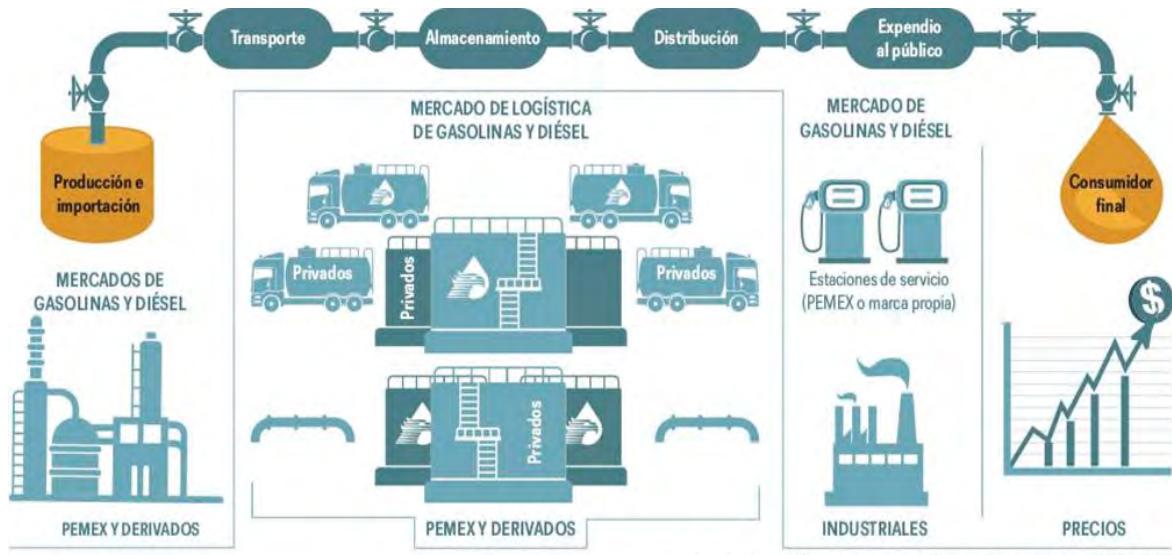
El combustible que utilizan los camiones mineros es el diésel utilizado estas son algunas características y consideraciones:

- Su alta densidad energética: El diésel tiene una alta densidad energética, lo que significa que puede proporcionar una cantidad grande de energía por unidad de volumen.
- Bajo punto de inflamación: El diésel tiene un punto de inflamación más alto que la gasolina, lo que lo hace menos inflamable y más seguro de manejar.
- Bajo contenido de azufre: El diésel utilizado en los camiones mineros tiene un bajo contenido de azufre para reducir las emisiones de gases de escape y cumplir con las regulaciones ambientales.

- Estabilidad térmica: El diésel es estable a altas temperaturas, lo que lo hace ideal para su uso en motores de alta potencia.
- Buena lubricidad: El diésel tiene una buena lubricidad, lo que ayuda a proteger los motores de los camiones mineros y prolongar su vida útil.
- Su Bajo costo: El diésel es más barato que la gasolina y otros combustibles alternativos, lo que lo hace una mejor opción económica.

**Figura 8**

*Combustible para camiones CAT 793f*



Fuente: Sener (*Perspectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2015-2029*)

Nota. Adaptado de MINESENSE.

#### 2.2.12. Grifo para el abastecimiento de combustible

Un grifo de abastecimiento de combustible en una unidad minera es el conjunto de equipos y dispositivos que se utiliza para suministrar combustible a los camiones mineros y demás equipos que se utilizan en la operación minera. Este grifo se conecta a un tanque de almacenamiento de combustible y se utiliza para controlar el flujo de combustible que se suministra. El grifo de abastecimiento de combustible es una herramienta esencial en la

operación minera, ya que permite mantener los vehículos y maquinarias en funcionamiento y garantizar la eficiencia de la operación.

#### **2.2.13. *Equipos principales de carguío y acarreo***

La flota principal de maquinaria en la unidad minera Constancia está integrada por equipos de las marcas Caterpillar e Hitachi. Esta flota incluye camiones, palas hidráulicas y un cargador frontal, el cual conforma el núcleo operativo para las labores mineras.

**Tabla 3**

*Equipos principales de carguío y acarreo*

UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD	Total
Camión Minero	20 Cat 793F	3 Hitachi EH4000	22
Cargador Frontal	1 Cat 994H		1
Pala Hidráulica	3 Hitachi		3
Perforadora	3 Vit Viper 271		3

*Nota.* Elaboración propia.

#### **2.2.14. *Operaciones Mineras***

La operación de minería a cielo abierto en Constancia se basa en técnicas tradicionales de este tipo de explotación. La mina cuenta con dos principales frentes de trabajo: Constancia y Pampacancha. Mientras que el tajo Constancia inició sus actividades en 2014, Pampacancha tiene previsto comenzar operaciones en 2021.

El plan de producción de la mina considera mover un total de 569.4 millones de toneladas de desmonte y extraer 532.5 millones de toneladas de mineral, incluyendo tanto material del rajo como de pilas de acopio. Esto se traduce en una proporción de desbroce (material de desecho versus mineral) de 1.1 a 1. Se proyecta una tasa anual promedio de extracción de 77.0 millones de toneladas durante los primeros 13 años, con picos que pueden

alcanzar hasta 81 millones de toneladas, con el objetivo de mantener una alimentación nominal al proceso de 31.3 millones de toneladas por año, calculando en un rendimiento variable según el tipo de mineral (entre 90 y 94 mil toneladas por día y un 94% de disponibilidad). Las leyes promedio durante toda la vida útil de la mina son 0.311% de cobre, 0.009% de molibdeno, 0.065 gramos por tonelada de oro y 3.04 gramos por tonelada de plata, estimando una duración operativa de 17 años.

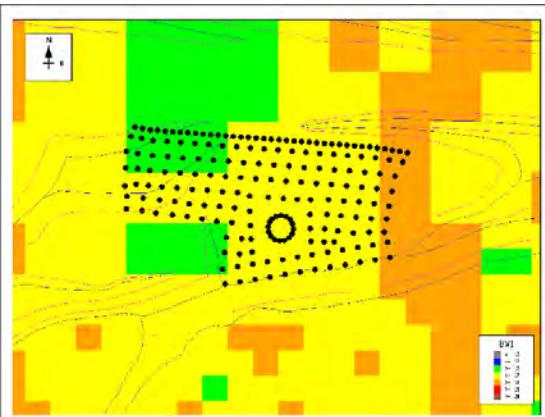
La estrategia para alimentar la planta de procesamiento se enfoca en maximizar el valor neto utilizando el criterio NSR (valor neto realizable en dólares por tonelada), priorizando primero el procesamiento de material de alto valor (HG). El material de bajo valor (LG) solo se agrega al proceso cuando es necesario; si no se requiere en ese momento, se envía a pilas de acopio o a la instalación de desmonte conocida como WRF.

#### *a) Perforación*

Para la perforación primaria en la producción se utilizan brocas de un solo paso con un diámetro de 270 mm (10 5/8"). Tras evaluar las características y capacidades de los equipos, se opta por emplear tres equipos de perforación PV-271 para alcanzar la tasa requerida de producción. La velocidad de perforación de la plataforma es de aproximadamente 45 metros por hora. Además, antes de realizar la división, se lleva a cabo una perforación con un taladro Smart Rock D65 (fondo de pozo), que se utiliza para mejorar la estabilidad de los taludes y optimizar el diseño de las fases de trabajo.

#### **Figura 9**

*Diseño de una malla de perforación y bloque de BWI*



*Nota.* Adaptado de *reporte de voladural* por HudbayMinerals, 2021.

### b) Carguío

Para el movimiento de material, se utilizan tres palas hidráulicas de 27 m<sup>3</sup> (Hitachi EX5600-6) junto con una cargadora frontal de 19 m<sup>3</sup> (CAT 994H) para excavar materiales volcados, la cual además ofrece la flexibilidad necesaria para mezclas. Se proyecta que Pampacancha comience sus operaciones en 2021, por lo que será fundamental contar con una cargadora al inicio de las actividades mineras. Todas las etapas del proceso han sido diseñadas para mantener una alta eficiencia, permitiendo la carga desde ambos lados y operando en frentes de aproximadamente 60 metros de ancho.

**Figura 10**

*Pala Hitachi EX5600 – cargador CAT 994*



*Nota.* Adaptado de *reporte operativo* por HudbayMinerals, 2021.

### c) Transporte

A lo largo de la vida útil de la mina, tanto el mineral como los materiales de diseño se desplazarán utilizando camiones de acarreo con una capacidad de 240 toneladas, específicamente los modelos CAT 793F. El uso de estos camiones contribuye a disminuir la congestión en las vías, reducir la necesidad de mano de obra y ayuda a controlar los costos operativos. Para operar con camiones de estas dimensiones, las vías de acarreo deben tener un ancho mínimo de 32 metros. Asimismo, las rutas de acarreo se diseñan cuidadosamente para maximizar la productividad y optimizar las horas de operación anuales. A continuación, se presentan las figuras que ilustran los parámetros considerados en el análisis de camiones y palas.

**Figura 11**

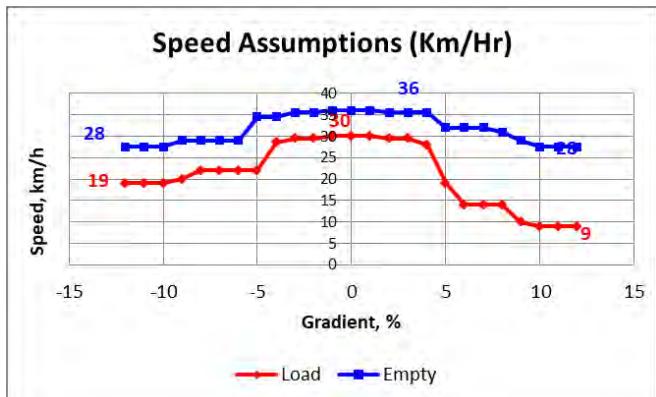
*Camiones Hitachi 4000AC y CAT 793F*



*Nota. Adaptado de reporte operativo por HudbayMinerals, 2021.*

**Figura 12**

*Camiones Hitachi 4000AC y CAT 793F*



Nota. Adaptado de *reporte operativo* por HudbayMinerals, 2021.

#### d) Equipo de apoyo

Los equipos de apoyo tienen un papel esencial en la operación minera, aunque no están directamente involucrados en la producción. Estos equipos se utilizan constantemente para mantener en buen estado las vías de acarreo dentro y fuera del tajo, así como los bancos de tajo, la instalación de desmonte (WRF) y el depósito de relaves (TMF). Además, se emplea para llevar a cabo distintos trabajos de construcción según las necesidades que surjan. La flota de apoyo de la mina está compuesta por los siguientes equipos:

- Bulldozers sobre orugas clase D10T2;
- Bulldozers con neumáticos clase 824K - 854K;
- Motoniveladoras clase 32M - 16M; y
- Camión cisterna clase 777G.

Los bulldozers de modelos 854 y 824K, equipados con neumáticos de goma, se emplean principalmente dentro del tajo para llevar a cabo tareas de limpieza y brindar soporte operativo en las áreas cercanas a las unidades principales de carga. Por otro lado, los tractores de orugas tienen un rol clave en la construcción de las vías de acarreo, el desarrollo de los tajos y en la gestión de la instalación de desmonte (WRF).

### **2.2.15. Operaciones de carguío y acarreo.**

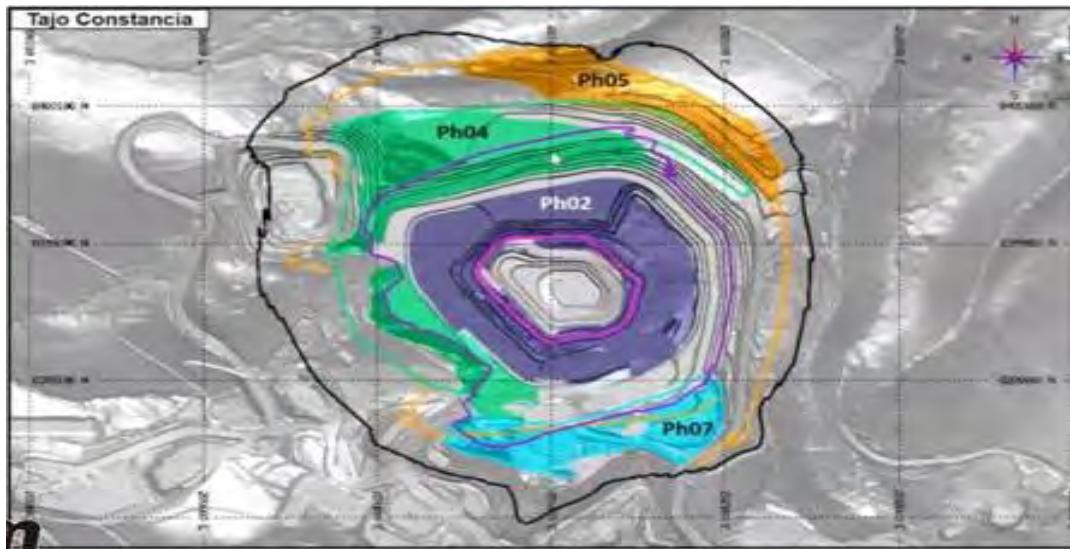
El proceso de carguío y transporte de mineral se supervisa de manera remota mediante el uso del software Mine Sense. Esta plataforma proporciona al operador toda la información necesaria, como el destino del mineral, su densidad, el mapa del recorrido que sigue el mineral, y permite la comunicación en tiempo real con los despachadores, facilitando una gestión eficiente y coordinada.

#### **a) Zonas operativas**

En esta imagen nos muestra todo un plan de seis meses a un año del tajo constancia, con este plano ya sabemos cómo va ser el desarrollo de la mina.

**Figura 13**

Combustible para camiones cat 793f



*Nota.* Adaptado de TOPOGRAFIA MINA – HUDBAY PERU.

#### **b) Botaderos, stocks, parqueo**

### **BOTADEROS**

Estos están conformados por desmonte o material estéril extraído de interior mina, estos deben estar en lugares específico para que no ocasionen daños al medio ambiente ya que se tienen dos tipos de desmonte PAG (posibles generadores de aguas acidas), NAG (no generan aguas acidas).

#### **Tabla 4**

##### *BOTADEROS*

BOTADEROS
WRF-42280
WRF-4190
WRF-4120 LODOS
TMF este
TMF oeste

Nota. Adaptado de OPERACIONES MINA – HUDBAY PERU.

La unidad minera constancia cuenta con un botadero principal (WRF 4220 LODOS) donde se lleva material húmedo puede ser PAG o NAG.

#### **WRF-4180 y WRF-4190**

La unidad minera constancia cuenta con estos dos botaderos donde se lleva el material de desmonte NAG (no general aguas acidas), normal mente este material es llevado a las zarandas para luego ser utilizados como lastreó de vías.

**Figura 14**

*Material de desmonte NAG*



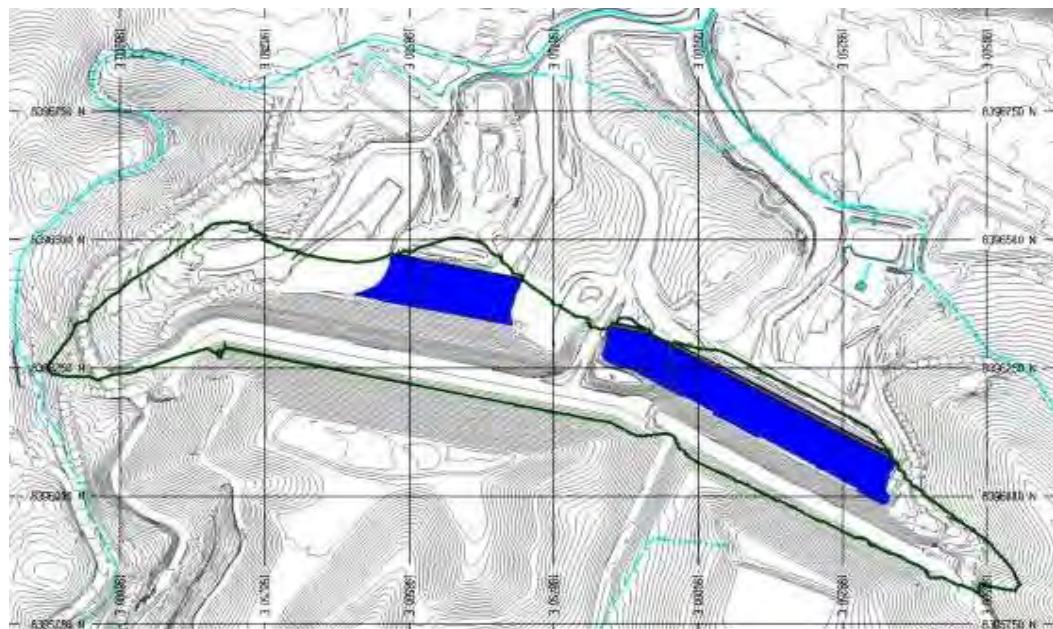
*Nota.* Elaboración propia..

**TMF (este y oeste)**

Lugar donde se deposita desmonte de roca que carece de valor económico y los relaves procedentes de la planta de procesamiento.

**Figura 15**

*TMF (este y oeste)*



*Nota.* Adaptado de TOPOGRAFIA MINA – HUDBAY PERU.

El mineral que no ingresa a chancadora es almacenado en los diferentes stocks según sus características y contaminantes que pueda tener, para luego ser utilizado, pueda ser como blending (mezcla) o alimentar a la chancadora.

## CAPITULO III:

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es Aplicada; Tamayo (2004), “es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento” Según Hernández Sampieri (2007) La investigación aplicada, que es la que soluciona problemas prácticos.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es pre experimental puesto que se hará la evaluación comparativa de los efectos de la producción minera antes y después de la implementación de medidas de disminución de reducción de tiempos de abastecimiento de combustible en los camiones mineros.CAT 793F.

#### **3.3. Población y muestra**

La flota de acarreo que considera 20 equipos camión Cat 793F que participan en el proceso acarreo durante el año 2022 en la unidad minera Constancia.

La muestra no es probabilística, el muestreo por conveniencia porque depende de las causas relacionadas con la investigación, por ello se consideró 20 camiones de acarreo CAT 793F durante el año 2022. La muestra comprende los 20 camiones CAT 793F en operación durante el periodo de estudio (año 2022). Se trata de una muestra no probabilística por conveniencia, ya que se han seleccionado todos los equipos de este modelo disponibles en la operación.

La técnica de selección fue no probabilística por conveniencia, considerando el total de la flota de camiones CAT 793F operativos en la Unidad Minera Constancia. Esta elección se

justifica por la necesidad de abarcar todos los equipos involucrados en el proceso de abastecimiento de combustible para obtener datos representativos de toda la operación.

### **3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

Las técnicas serán:

- Recolección de información de tiempos de abastecimiento de combustible.
- Análisis estadístico
- Análisis de costos

Los instrumentos que se emplearon la recolección y análisis de datos en el proceso de carguío y acarreo son:

a) Guía de Observación directa: documentos que nos permitirán registrar la información en cuanto a los pasos del proceso, así como el tiempo empleado en los ciclos de operación de abastecimiento de combustible relacionado a la carga y acarreo de material/mineral

b) Reporte del sistema de control de abastecimiento de los operadores de la flota de camiones y supervisores de turno.

- Hojas de cálculo.
- Software para análisis estadístico de tiempos de abastecimiento de combustible
- Software de procesamiento de texto Word.

Se emplearon las siguientes técnicas:

**Observación directa:** Se utilizó para registrar sistemáticamente los tiempos de cada etapa del proceso de abastecimiento de combustible, incluyendo cola, cuadre, abastecimiento y salida.

**Análisis documental:** Se revisaron los reportes del sistema Dispatch (C4M) para obtener datos históricos sobre los tiempos de abastecimiento y las demoras asociadas.

**Entrevistas no estructuradas:** Se realizaron conversaciones con los operadores de camiones y personal de mantenimiento para identificar oportunidades de mejora en el proceso.

Los instrumentos utilizados incluyen:

- a) Guías de observación para registrar tiempos en campo
- b) Formatos de registro de tiempos estandarizados
- c) Reportes del sistema de control Dispatch (C4M)
- d) Hojas de cálculo para el procesamiento de datos

Para el análisis de los datos recolectados se utilizaron:

**Análisis estadístico descriptivo:** Cálculo de medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar, rango) para los tiempos de abastecimiento.

**Análisis comparativo:** Comparación de los tiempos de abastecimiento antes y después de implementar las mejoras propuestas.

**Análisis de correlación:** Para determinar la relación entre el tiempo de abastecimiento y la productividad de la flota.

**Análisis costo-beneficio:** Evaluación económica de las mejoras implementadas, cuantificando el incremento en la producción versus la inversión realizada.

Se utilizaron herramientas informáticas como:

- Microsoft Excel para el procesamiento y análisis estadístico básico
- Rstudio para la limpieza, análisis y procesamiento de datos
- Software especializado de gestión minera para el análisis de los datos del sistema Dispatch

- Para validar las hipótesis se utilizaron las siguientes técnicas:
- **Prueba t de Student para muestras relacionadas:** Para determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de abastecimiento antes y después de implementar las mejoras.
- **Análisis de series temporales:** Para evaluar la tendencia de los tiempos de abastecimiento y la producción a lo largo del periodo de estudio.
- **Análisis de regresión:** Para establecer la relación entre la reducción en los tiempos de abastecimiento y el incremento en la producción.
- **Validación de campo:** Implementación piloto de las mejoras propuestas para verificar su efectividad en condiciones reales de operación.

**CAPITULO IV:**  
**OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA**  
**EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN**

**4.1 Diagnóstico inicial del proceso de abastecimiento de combustible**

**4.1.1 Definir el "Porqué"**

Identificamos claramente las razones del cambio que es reducir el tiempo de abastecimiento combustible por consiguiente aumentar horas operativos del camión, mayor producción diario, aumentar la eficiencia del caudal del grifo, implementar tecnología, y todo ellos nos involucra el cambio del procedimiento de seguridad que contemplamos en la actualidad.

El análisis inicial del proceso de abastecimiento de combustible para la flota de camiones CAT 793F en la Unidad Minera Constancia reveló los siguientes resultados:

**Tabla 5**

*Tiempos promedio del proceso de abastecimiento (situación inicial)*

Actividad	Tiempo promedio (min)	Porcentaje del ciclo
Tiempo de cola en grifo	3.35	17.6%
Tiempo de cuadre	1.25	6.6%
Tiempo de abastecimiento efectivo	10.50	55.3%
Tiempo de apagado y encendido	3.75	19.7%
Tiempo de salida	0.15	0.8%
Tiempo total	19.00	100%

*Nota.* Elaboración propia.

El tiempo promedio total de 19 minutos por cada abastecimiento representa una demora significativa en el ciclo de operación. Del análisis se identificó que los camiones CAT 793F

requieren en promedio 1.1 abastecimientos por día, lo que significa aproximadamente 19 minutos diarios por equipo destinados a esta actividad.

Los datos obtenidos del sistema Dispatch (C4M) permitieron identificar que, durante el año 2022, el tiempo empleado en abastecimiento de combustible representó el 8.2% del tiempo disponible de la flota, siendo la tercera causa de demoras operativas después del tráfico en vías reducidas (10.7%) y las demoras por cambio de turno (9.1%).

#### ***4.1.2 Identificar a los involucrados***

Hacemos una lista de todas las personas y áreas de mina involucrados.

- ✓ Operadores de camión minero.
- ✓ Personal de mantenimiento.
- ✓ Supervisores de área.
- ✓ Equipo de logística y compras.
- ✓ Personal de seguridad y medio ambiente (HSE/SSOMA).

#### ***4.1.3 Analizar el impacto y los riesgos***

Evaluamos cómo el nuevo procedimiento afectará a todo los involucrados en ese proceso de cambio.

- ✓ Resistencia al cambio: "La forma antigua era más fácil".
- ✓ Errores operativos: Despachos incorrectos, derrames de combustible.
- ✓ Fallas en la comunicación: Que el personal no se entere o no entienda el cambio.

#### ***4.1.4 Diseñar el nuevo procedimiento***

Redactamos el procedimiento que involucre todo el proceso de cambio de forma clara, simple y visual. Usa diagramas de flujo. Aseguramos de que sea aprobado por los responsables

de seguridad y operaciones. Que en actualidad tenemos procedimiento que se muestra en la siguiente figura.

**Tabla 6***Procedimiento de camión para el abastecimiento de combustible antes*

21. Abastecimien to de Combustibl e en Estaciones de Servicio.	21.1	Al ser asignado al grifo, acérquese a la estación a una velocidad máxima de 15 km/h, hasta llegar al letrero de "Pare", deténgase y toque el claxon una sola vez por 3 segundos, para alertar al personal de la estación.	<b>Atropello, Colisión, Aplastamiento/ Comunicación y contacto visual permanente.</b>  Uso de radios base o handy configuradas con la frecuencia de operaciones mina.  Respetar las señales de seguridad instaladas en el terreno	- Operador Camión Minero. - Jefe de Guardia Operacio nes Mina. - Superviso r de Mantenim iento. - Operador de Equipo Auxiliar	- INS-OM- 101 Comunica ción Radial en Operacion es Mina - INS-OM- 102 Acercami ento a equipos pesados en operación - STD- OM-101 Distancias seguras en operacion es
	21.2	Espera la indicación del Operador del grifo, quien le mostrará: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Opción 1 Paleta verde, con la cual le está indicando que ingrese: toque dos veces el claxon e ingrese a una velocidad de 5 km/h.</li> <li>• Opción 2 Paleta Roja: con lo cual le está indicando que espere, por lo que deberá esperar hasta nueva indicación.</li> </ul>			
	21.3	Si el equipo tiene que ser atendido por otro servicio (llantas, lubricación, etc.), comunique al Control Sense utilizando la radio de la cabina del grifo, para que cambie el estado de "Relleno de combustible" a la demora correspondiente.			
	21.4	Ingrese guiándose con las pértigas laterales ubicadas horizontalmente en la estación (al igual que en las plataformas de cambio de guardia), hasta que las llantas delanteras estén ubicadas entre las dos gibas.	<b>Bloqueo y Etiquetado</b>  <b>Controles indicados en la descripción.</b>  <b>Contaminación de Suelo y Cuerpos de Agua / Kit Antiderrame.</b>		
	21.5	Accione el freno de estacionamiento y apague el equipo, retire la llave, verificando esté activado el interruptor de apagado automático (TURBO TIMER), encienda las luces de emergencia y proceda a cambiar el estado actual por el de "abastecimiento de combustible".			
	21.6	Baje de su cabina y coordine el bloqueo del camión por parte del operador de grifo.			
	21.7	El Operador del grifo verifica el apagado del motor y desconecta la energía en la caja de interruptores ubicada en el parachoques frontal del camión. Y procede a bloquear la caja de interruptores con su candado y tarjeta.			
	21.8	Inspeccione visualmente alrededor de su equipo durante el abastecimiento e informe a Jefe de Guardia sobre los problemas identificados. Durante todo el tiempo que dure el proceso de abastecimiento del combustible, permanezca siempre en el piso asegurándose que nadie suba a la cabina o plataforma del camión.			
	21.9	Luego que el Operador-líder de Primax retira su candado, inspeccione alrededor del camión (Vuelta al gallo) y suba al equipo. Arranque el motor siguiendo el Paso 4 del presente documento.			

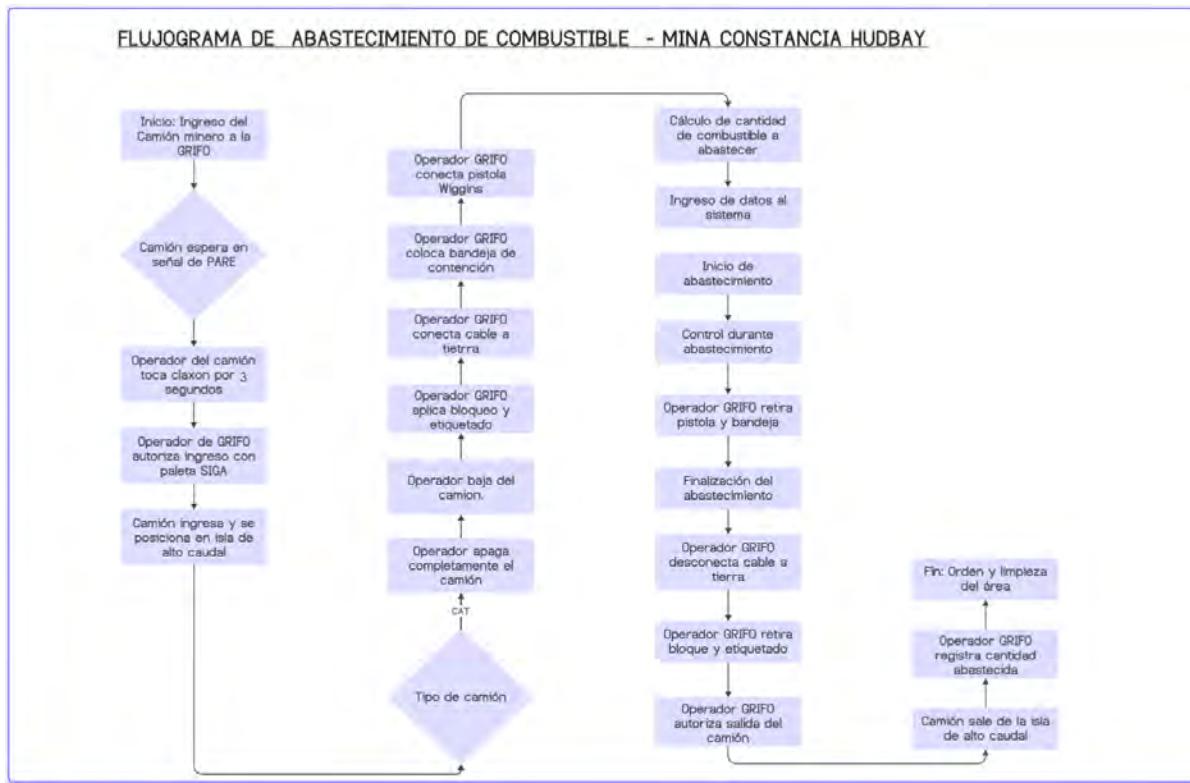
Nota. Adaptado de PROCEDIMIENTO DE CAMION CAT793F – HUDBAY PERU.

#### 4.1.4.1 Flujograma de abastecimiento de combustible antes de mejora en el proceso

En el flujograma previo a la mejora del proceso de abastecimiento de combustible se requería el apagado completo del camión minero y el descenso del operador a la estación de servicio tal como muestra la siguiente figura.

**Figura 16**

*Flujograma de proceso de abastecimiento de combustible antes de mejora*



*Nota.* Elaboración propia, HUDBAY PERU.

#### 4.1.5 Definir métricas de éxito

Establecemos indicadores clave (KPIs) como:

- ✓ Reducción del tiempo de abastecimiento de combustible
- ✓ Incremento en la producción diaria.
- ✓ Incremento de horas operativas

✓ Uso y Usage.

#### **4.1.6 Análisis de los factores que influyen en el tiempo de abastecimiento**

Se identificaron los siguientes factores principales que influyen en el tiempo de abastecimiento:

- a) **Congestión en grifo:** Se evidenció que durante los cambios de turno y horarios pico, se generan colas de hasta 2 a 3 camiones, incrementando significativamente el tiempo de espera.
- b) **Procedimiento de apagado/encendido:** El protocolo requiere apagar completamente el motor durante el abastecimiento, lo que añade aproximadamente 3.75 minutos al proceso.
- c) **Caudal de abastecimiento:** Los grifos actuales operan con un caudal promedio de 110 galones por minuto (GPM), inferior al óptimo para estos equipos.
- d) **Capacidad del tanque:** Los camiones CAT 793F tienen una capacidad de 1,300 galones, requiriendo un tiempo considerable para su llenado.
- e) **Programación de abastecimiento:** La falta de coordinación en la programación resulta en picos de demanda y congestión en los grifos.

#### **4.1.7 Comunicación y Capacitación**

Esta fase se enfoca en informar al personal sobre los cambios implementados y en capacitar a todos los involucrados en el nuevo procedimiento.

##### **a) Comunicar el cambio**

Se llevó a cabo una reunión de lanzamiento para comunicar el cambio. En dicha sesión, se expusieron los beneficios resultantes de la transición (pre y post implementación), y se abordaron todas las interrogantes de manera transparente.

**Figura 17**

Capacitación al personal operativo



Nota. Elaboración propia, HUDBAY PERU.

**b) Realizar capacitación específica**

La capacitación debe ser práctica y adaptada a cada rol.

- **Operadores:** Nos enfocamos en la secuencia de para el abastecimiento combustible, el uso de nuevos equipos y los puntos de control de seguridad.

Realiza simulacros prácticos en el punto de abastecimiento.

- **Supervisores:** Capacítalos en cómo auditar el nuevo proceso y cómo dar soporte a su equipo.
- **Administrativos:** Entrénalos en el nuevo flujo de registro de datos o software.

**Figura 18**

Capacitación al personal en bloque de transmisión para el Abastecimiento de combustible a camiones CAT 793



Nota. Elaboración propia, HUDBAY PERU.

**Figura 19**

Capacitación al personal en bloque de transmisión para el Abastecimiento de combustible a camiones CAT 793



*Nota.* Elaboración propia, HUDBAY PERU.

### c) Entregar material de apoyo

Proporcionamos guías rápidas o infografías para que el personal las tenga a mano en el lugar de trabajo. Un sticker con los 3-4 pasos clave pegado en el surtidor puede ser muy efectivo.

#### 4.1.8 Implementación de mejoras en el proceso de abastecimiento

##### a) Puesta en Marcha

Inicia el nuevo procedimiento en la fecha acordada.

**Tabla 7***Procedimiento de abastecimiento de combustible después de la mejora*

<b>8</b>	<b>Actividad:</b> Abastecimiento de combustible en estaciones de servicio.	<b>Riesgo:</b> Medio	<b>Responsable:</b> Operador de equipo de acarreo / jefe de guardia / Operador Líder de despacho
<b>8.1</b>	Una vez asignado por el sistema de despacho al grifo, cuando llegue a la estación acérquese a una velocidad máxima de 15 km/h hasta llegar al letrero de "Pare", deténgase y toque el claxon una sola vez por 3 segundos para alertar al personal de la estación. Para las coordinaciones requeridas por la radio de comunicaciones se debe cambiar al canal de Grifo.		
<b>8.2</b>	Para avanzar y ubicarse dentro de las instalaciones esperar la indicación del Operador del grifo, quien mostrará: Paleta Verde: Con la cual le está indicando que ingrese, toque dos veces el claxon e ingrese a una velocidad de 5 km/h hasta que las llantas delanteras estén ubicadas entre las dos gibas. Paleta Rojo: Con lo cual le está indicando que espere una nueva indicación, el operador no iniciará el ingreso del equipo.		
<b>8.3</b>	Encienda las luces de emergencia y proceda a cambiar el estado actual por el de "abastecimiento de combustible".		
<b>8.4</b>	El personal de grifo procederá a acercarse a la parte frontal del camión para iniciar con el bloqueo del sistema de transmisión y/o sistema de tracción del equipo, dicho bloqueo será validado por el operador de camión al visualizar su pantalla de indicadores donde se muestra el bloqueo activado. El motor del camión debe permanecer encendido en todo momento.		
<b>8.5</b>	El operador bajará del equipo donde podrá hacer uso de los servicios higiénicos o realizar una inspección del equipo lavado de faros y cámaras.		
<b>8.6</b>	Concluido el abastecimiento de combustible el operador retornará a su cabina y estará atento a paleta que le indique que puede retirarse del grifo.		
<b>8.7</b>	Si el camión presenta una falla mecánica en el grifo comunicar al jefe de guardia, líder de despacho y M10 para su atención.		
<b>8.8</b>	Ingresar en el sistema C4M la cantidad de combustible abastecido, cambiar la demora a estado operativo y solicite la asignación correspondiente.		
<b>8.9</b>	<b>RESTRICIONES:</b> <b>Durante el abastecimiento está prohibido el Uso de Celulares. Debe utilizar EPP todo el tiempo.</b>		
Riesgo	Controles		
Caídas a distinto nivel	Mantener una distancia segura respecto al borde y abertura existente. EPP (Zapatos, Guantes, Casco, lentes).		
Caída al mismo nivel	Orden y limpieza, Inspecciones visuales del área de trabajo,		
(Tormenta eléctricas) Energía Eléctrica / descarga electrostática disruptiva de gran intensidad	Refugios para tormentas eléctricas (contenedores y unidades móviles), Aplicación del STD-SSO-021 Tormentas eléctricas.		

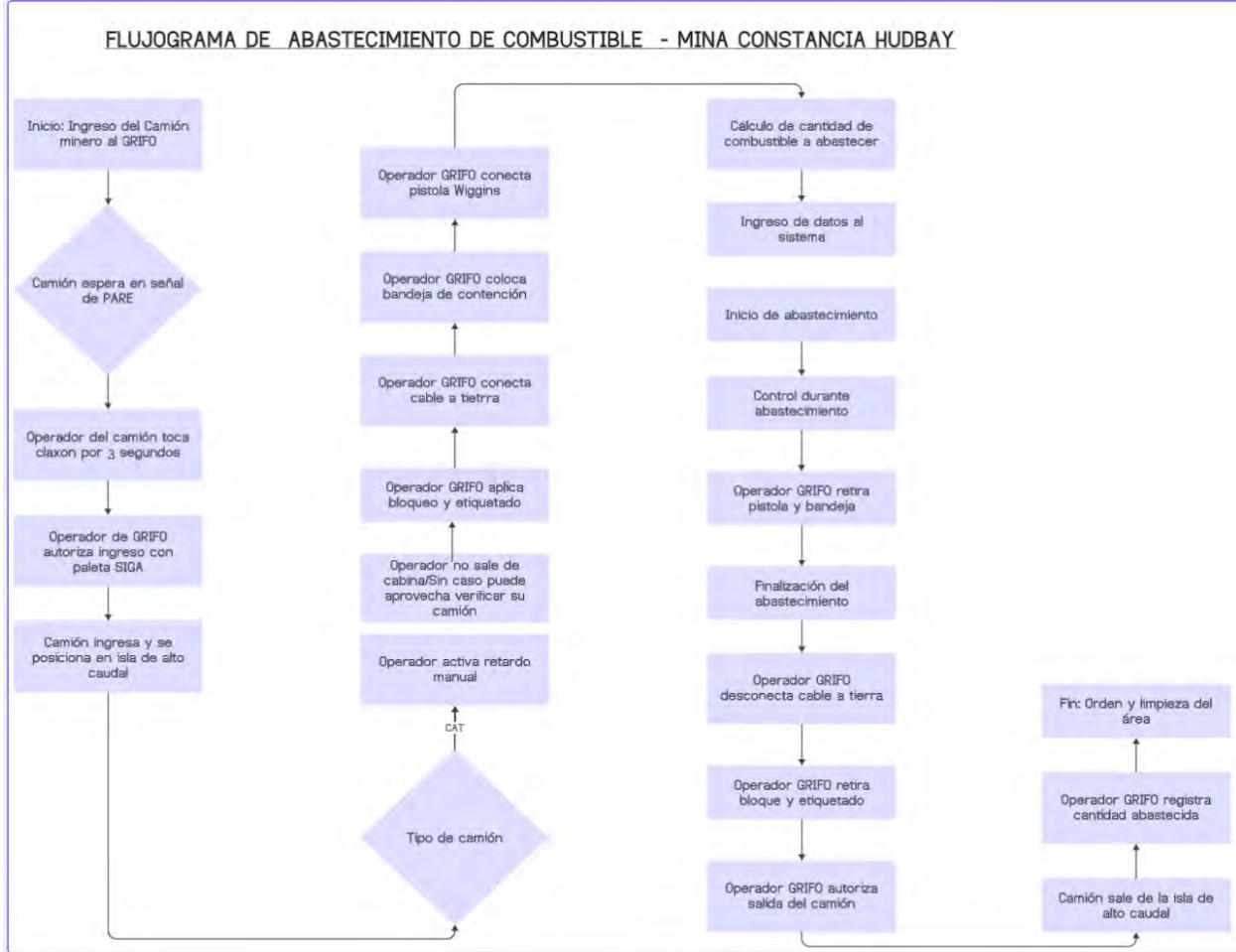
*Nota.* Elaboración propia, HUDBAY PERU.

- Flujograma de abastecimiento de combustible después de la mejora en el proceso**

En el flujograma después de la la mejora del proceso de abastecimiento de combustible, ahora no se requiere el apagado del camión minero solo retado manual y no es necesario el descenso del operador a la estación de servicio, solo el operador puede bajar solo cuando requiera revisar algún detalle en el camión. En la siguiente figura se muestra el flujograma.

**Figura 20**

*Flujograma de proceso de abastecimiento de combustible después de mejora*



*Nota.* Elaboración propia, HUDBAY PERU.

### b) Soporte en el Terreno

Durante los primeros días, asignamos supervisores o el personal más experimentado ya capacitado para que estén presentes en la zona de abastecimiento. Su función es guiar, resolver dudas y asegurar que el proceso se siga correctamente.

**c) Canal de Feedback Rápido**

Habilita un canal en radio “CANAL GRIFO” para que los empleados reporten o consulten dudas o problemas de inmediato.

**d) Monitoreo Activo**

Revisa los registros y observa el proceso en acción para detectar desviaciones o cuellos de botella antes de que se conviertan en un problema mayor.

Basados en el diagnóstico, se implementaron las siguientes mejoras:

**e) Instalación de sistema de abastecimiento de alto caudal**

Se actualizaron los sistemas de bombeo para incrementar el caudal de 100 GPM a 120 GPM.

**Figura 21**

*Abastecimiento de combustible a camiones CAT 793*



*Nota. Elaboración propia, HUDBAY PERU.*

**Figura 22**

*Caudal y filtros para el abastecimiento de combustible a camiones CAT 793*



*Nota.* Elaboración propia, HUDBAY PERU.

*f) Implementación de sistema "Fast Fill":*

Permite el abastecimiento sin necesidad de apagar el motor del camión, cumpliendo con los protocolos de seguridad mediante sensores de presencia y sistemas automatizados.

**Figura 23**

*Abastecimiento de combustible a camiones CAT 793 con pistola Wiggins*



*Nota.* Elaboración propia, HUDBAY PERU.

**Figura 24**

*Pistola Wiggins de alta caudal 120GPM*



*Nota.* Elaboración propia, HUDBAY PERU.

### g) Optimización de la programación

Se implementó un algoritmo de asignación dinámica a través del sistema Dispatch para distribuir eficientemente los abastecimientos durante el turno. Tal como muestra la figura 56 y 57.

**Tabla 8**

*Optimización de Abastecimiento de combustible a camiones CAT 793*

Combustible Actual				
Acarreo en Mina	Flota	Equipo	Capacidad del tanque(Ltrs)	Combustible(%)
Acarreo en Mina	793F	CM16	750	23
Acarreo en Mina	793F	CM11	750	38
Acarreo en Mina	793F	CM10	750	40
Acarreo en Mina	793F	CM27	750	45
Acarreo en Mina	793F	CM09	750	45
Acarreo en Mina	EH4000-B	CM22	750	50
Acarreo en Mina	EH4000-B	CM32	750	50
Acarreo en Mina	EH4000-B	CM30	4542	50
Acarreo en Mina	EH4000-B	CM29	750	50
Acarreo en Mina	793F	CM17	750	52
Acarreo en Mina	793F	CM02	750	53
Acarreo en Mina	793F-MU	CM23	750	59
Acarreo en Mina	793F	CM05	750	61
Acarreo en Mina	EH4000-B	CM25	750	62
Acarreo en Mina	793F	CM26	750	62
Acarreo en Mina	EH4000-B	CM24	750	62
Acarreo en Mina	EH4000	CM20	750	62
Acarreo en Mina	793F	CM34	750	67
Acarreo en Mina	793F	CM01	750	67
Acarreo en Mina	793F	CM12	750	68
Acarreo en Mina	793F	CM06	750	70
Acarreo en Mina	793F	CM15	750	71
Acarreo en Mina	EH4000-B	CM33	750	75
Acarreo en Mina	EH4000-B	CM31	4542	75

*Nota.* Adaptado de CONTROL MINA– HUDBAY PERU (2025).

**Figura 25**

*Nodo de acción para la Optimización de Abastecimiento*



Nota. Adaptado de CONTROL MINA– HUDBAY PERU (2025).

#### h) Capacitación del personal

Se entrenó al personal operativo en los nuevos procedimientos “abastecimiento de combustible en grifo” para garantizar la eficiencia y seguridad.

#### i) Medir Resultados

Comparamos los KPIs mencionados con los datos antiguos. De cómo se lograron los objetivos.

En la mina Constancia hasta el mes de agosto de 2022 se ha tenido trabajando con el equipo apagado y el operador fuera del camión durante el abastecimiento de combustible y a partir de septiembre del 2022 se inició el abastecimiento con equipo prendido y el operador fuera de la cabina sin bajar de ella.

Eso nos trajo una reducción del tiempo de abastecimiento de combustible en un 39% con respecto al procedimiento anterior, ganando 7.4min. A favor del tiempo ready. En la siguiente tabla se muestran todos los indicadores.

**Tabla 9**

*Análisis económico de la implementación año 2022*

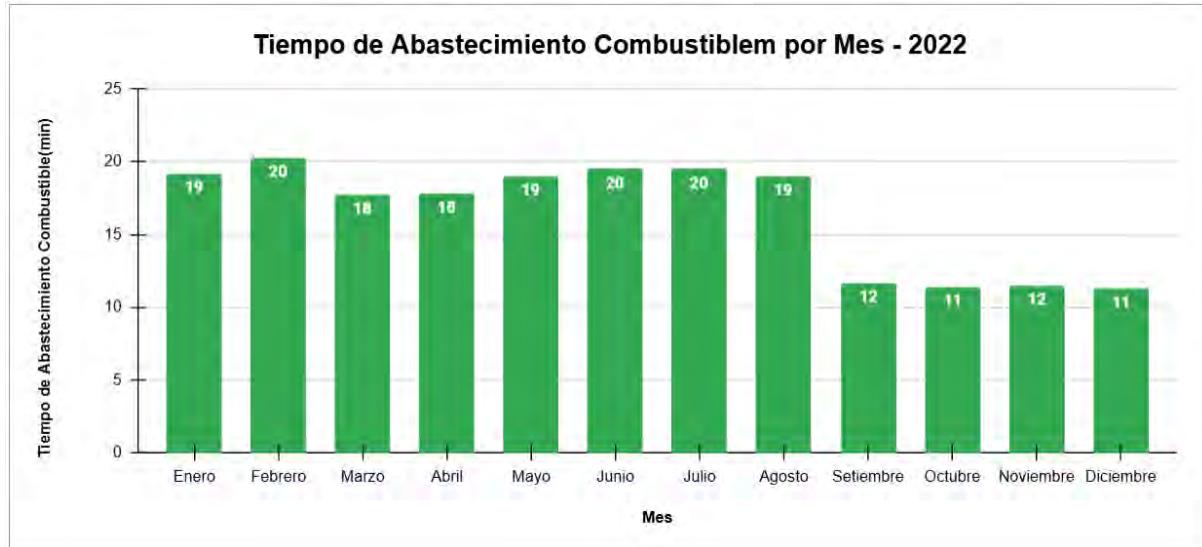
Item	Uni	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>TOTAL MOVED.</b>	<b>tn</b>	5,530,082	5,701,360	6,383,478	6,124,142	6,165,658	6,321,658	6,721,471	7,045,879	6,973,114	6,980,905	6,999,873	7,477,558
<b>Payload</b>	<b>tn</b>	237	238	238	238	238	238	238	239	238	238	238	238
<b>Producción diaria</b>	<b>tn/d</b>	184,336	190,045	212,783	204,138	205,522	210,722	224,049	234,863	232,437	232,697	233,329	249,252
<b>Productividad</b>	<b>t/hr</b>	453	485	449	439	475	458	457	475	448	422	441	443
# Viajes	#	23,315	23,987	26,830	25,715	25,918	26,516	28,215	29,462	29,259	29,314	29,358	31,359
<b>Hauling Hours Delay</b>	<b>hr</b>	1,076	981	1,230	1,114	1,178	1,426	1,307	1,311	1,155	1,350	1,365	1,052
<b>Hauling Hours StandBy</b>	<b>hr</b>	2,741	1,606	427	359	681	1,206	1,420	767	548	297	236	3,484
<b>Hauling Hours Ready</b>	<b>hr</b>	12,212	11,744	12,219	12,941	12,663	12,813	13,712	13,480	15,636	16,122	15,871	16,969
Cicle time average	<b>min</b>	31	30	32	32	30	31	31	30	32	34	32	32
# Camiones CAT	#	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
# Tiempo de abastecimiento Combustible	<b>min</b>	19	20	18	18	19	20	20	19	20	18	18	19
# Tiempo de abastecimiento Combustible Optimizada	<b>min</b>	19	20	18	18	19	20	20	19	12	11	12	11
Tiempo de abastecimiento Combustible/Mes	<b>hr</b>	198	189	177	178	190	195	195	190	196	189	176	191
Tiempo de abastecimiento Combustible/Mes	<b>hr</b>	198	189	177	178	190	195	195	190	117	118	115	117
Tiempo optimizada	<b>hr</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	79	71	61	74
# Viajes	#	0	0	0	0	0	0	0	0	149	127	113	138
Toneladas	<b>tn</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	35,624	30,257	26,984	32,802
SR	#	0	0	0	0	0	0	0	0	16,193	13,753	12,265	14,910
Ley Cu	%	0.300	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Recuperación	%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Beneficio	\$	0	0	0	0	0	0	0	0	247,749	210,426	187,660	228,126

*Nota.* Elaboración propia – HUDBAY PERU.

✓ Reducción del tiempo de abastecimiento de combustible: La reducción de tiempo de abastecimiento de combustible se dio en 39% respecto al promedio general de los anteriores meses. En la siguiente figura se muestra.

**Figura 26**

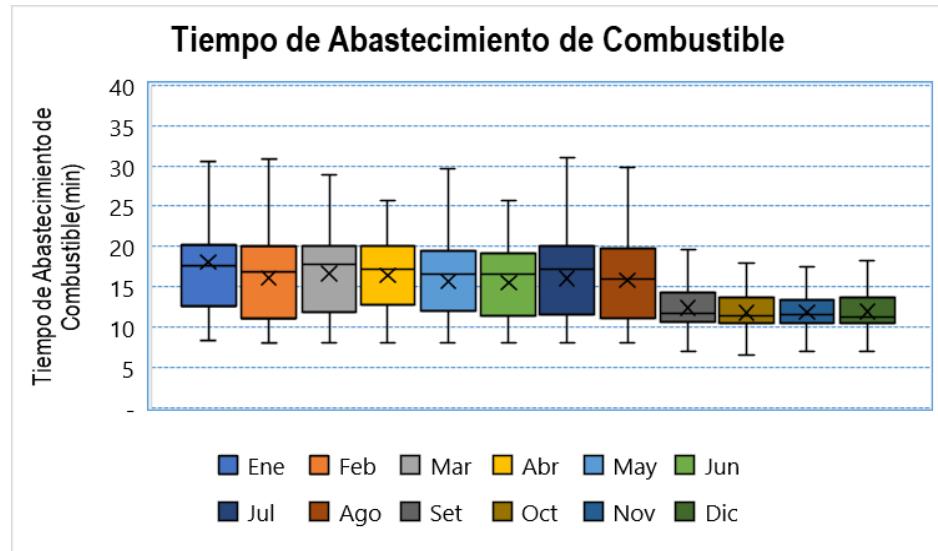
*comportamiento de tiempo de abastecimiento de Combustible 2022*



Nota. Elaboración propia – HUDBAY PERU.

**Figura 27**

*Gráfico de tiempo de abastecimiento*

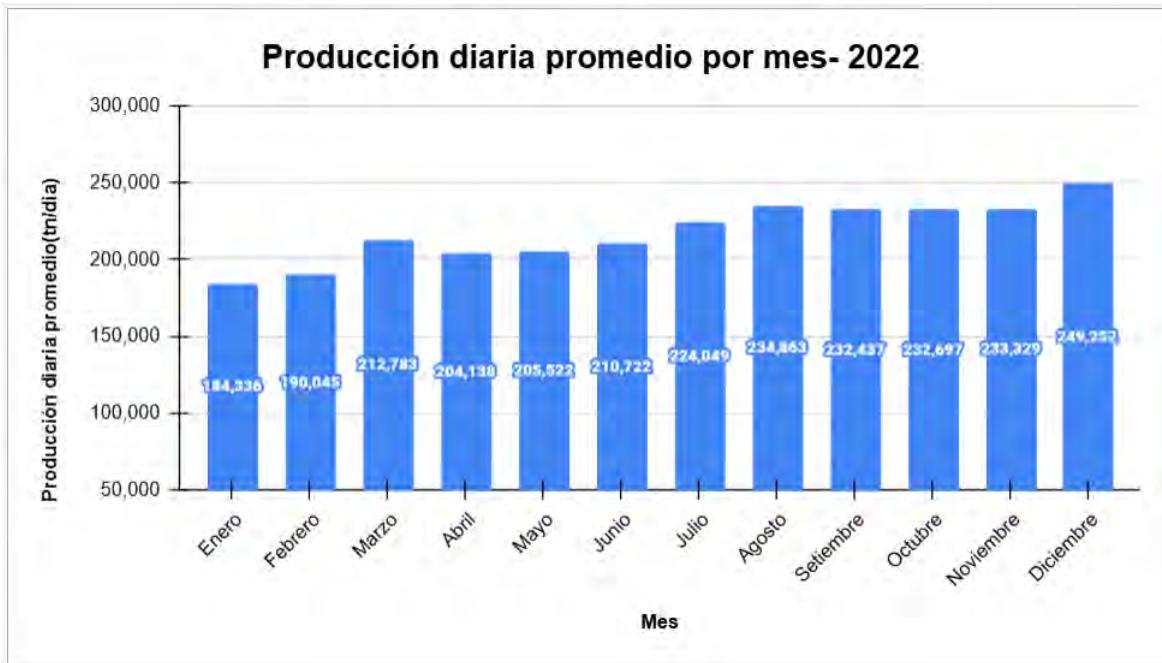


Nota. Elaboración propia – HUDBAY PERÚ

- ✓ Incremento en la producción diaria: Se registró un aumento del 12% en la producción diaria en relación con la producción de los meses precedentes a la aplicación de la mejora. En la siguiente figura se muestra.

**Figura 28**

*Gráfico de tiempo de abastecimiento*



*Nota.* Elaboración propia – HUDBAY PERÚ

- ✓ Incremento de horas operativas: Tras la implementación de la mejora, las horas operativas mensuales experimentó un incremento del 39% en comparación con las horas operativas promedio de los meses anteriores. En la siguiente figura se muestra.

**Figura 29***Gráfico de tiempo de abastecimiento**Nota.* Elaboración propia – HUDBAY PERÚ

## CAPÍTULO V:

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

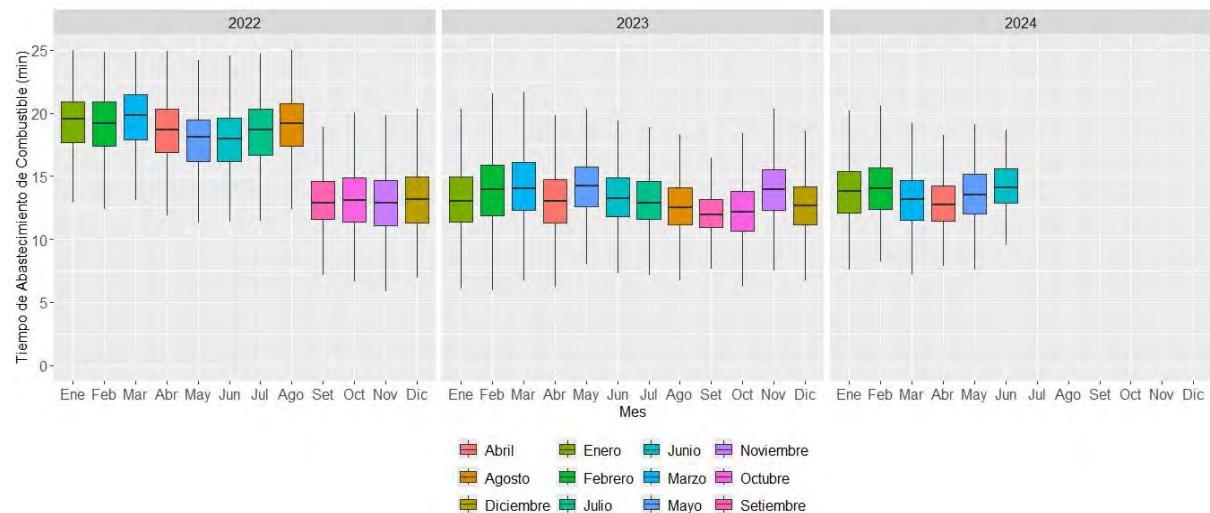
#### **5.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados**

##### **5.1.1 Resultados de la implementación**

Después de implementar las mejoras, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Figura 30**

*Comportamiento de tiempo de Abastecimiento de Combustible 2022, 2023 y 2024*



*Nota.* Adaptado de *reporte operativo* por HudbayMinerals, 2024.

**Tabla 10**

*Tiempos promedio del proceso de abastecimiento (situación mejorada)*

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo anterior (min)</b>	<b>Tiempo mejorado (min)</b>	<b>Reducción</b>
Tiempo de cola en grifo	3.35	2.10	37.3%
Tiempo de cuadre	1.25	1.10	12.0%
Tiempo de abastecimiento efectivo	10.50	8.25	21.0%
Tiempo de apagado de camión, baja el operador y encendido	3.75	0.00	100.0%
Tiempo de salida	0.15	0.15	0.0%

Actividad	Tiempo anterior (min)	Tiempo mejorado (min)	Reducción
<b>Tiempo total</b>	<b>19.00</b>	<b>11.60</b>	<b>39.0%</b>

Nota. Elaboración propia

La implementación logró una reducción del 39% en el tiempo total de abastecimiento, pasando de 19 minutos a 11.6 minutos por ciclo.

## 5.2 Pruebas de hipótesis.

### 5.2.1 Prueba de la primera hipótesis específica

H1: La identificación de los tiempos improductivos reduce la demora por abastecimiento de combustible de la flota de camiones CAT 793F en la unidad minera Constancia Hudbay.

Para validar esta hipótesis se realizó una prueba t de Student para muestras relacionadas, comparando los tiempos de abastecimiento antes y después de identificar e intervenir los tiempos improductivos.

**Tabla 11**

*Resultados de la prueba t para la primera hipótesis*

Estadístico	Valor
Media antes (min)	19.00
Media después (min)	11.60
Diferencia de medias	8.40
Desviación estándar de la diferencia	1.85
Valor t	26.93
Grados de libertad	18
Valor p	< 0.001

Nota. Elaboración propia

Con un valor  $p < 0.001$  se rechaza la hipótesis nula y se confirma que la identificación e intervención de los tiempos improductivos redujo significativamente la demora por abastecimiento de combustible.

### **5.2.2 Prueba de la segunda hipótesis específica**

H2: El proceso de gestión de cambio de abastecimiento de combustible para la flota de camiones CAT 793F permite reducir el tiempo operativo en la Unidad minera constancia Hudbay.

Se analizó el impacto de las mejoras implementadas en el tiempo operativo disponible de los equipos:

**Tabla 12**

*Impacto en el tiempo operativo*

<b>Indicador</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>	<b>Mejora</b>
Tiempo dedicado al abastecimiento (min/día)	380	232	148
Tiempo total ahorrado por flota (min/día)	-	148	-
Incremento en tiempo operativo (%)	-	39%	-

*Nota.* Elaboración propia

El análisis estadístico mediante regresión lineal confirmó una correlación significativa ( $r = 0.87$ ,  $p < 0.001$ ) entre la implementación del nuevo sistema y la reducción del tiempo operativo dedicado al abastecimiento, validando la segunda hipótesis.

### 5.2.3 Prueba de la tercera hipótesis específica

H3: Se incrementa la capacidad operativa de la flota de camiones mineros CAT 793F mediante la gestión de cambio de abastecimiento de combustible en la Unidad minera constancia Hudbay.

Para validar esta hipótesis, se analizó el incremento en la producción tras la implementación de las mejoras:

**Tabla 13**

*Incremento en la producción*

Indicador	Antes	Después	Incremento
Producción promedio (toneladas/día)	208,340	236,054	12.%
Usage (%)	85.2%	86.7%	1.50%

*Nota.* Elaboración propia

El análisis estadístico reveló que el incremento en la producción es estadísticamente significativo ( $p < 0.001$ ), validando la tercera hipótesis sobre el incremento de la capacidad operativa.

## 5.3 Presentación de resultados

### 5.3.1 Análisis comparativo de los indicadores clave de desempeño (KPI)

Los resultados obtenidos tras la implementación de las mejoras se reflejan en los siguientes indicadores clave:

**Tabla 14**

*Comparación de KPI antes y después de la implementación*

KPI	Antes	Después	Variación
Utilización (%)	82.3%	85.8%	+3.5%
Usage (%)	85.2%	86.7%	+1.5%

KPI	Antes	Después	Variación
Uso (%)	91.5%	94.1%	+2.6%
Productividad (t/h efectiva)	441.4	443.6	+11.2

Nota. Elaboración propia

### 5.3.2 Análisis económico de la implementación

Se realizó un análisis económico para evaluar el impacto financiero de las mejoras implementadas tal como se observa en la siguiente tabla 13 y figura 60:

**Tabla 15**

*Análisis económico de la implementación*

Concepto	Monto (USD)
<b>Inversión</b>	
Adquisición e instalación de sistema Fast Fill	245,000
Modificación de infraestructura	120,000
Capacitación del personal	35,000
Total, inversión	400,000
<b>Beneficios anuales</b>	
Incremento en producción (215,000 USD/mes × 12 mes)	2,580,000
Total, beneficios anuales	2,580,000
<b>Indicadores financieros</b>	
Periodo de recuperación	1.9 meses
TIR	645%

Nota. Elaboración propia

El análisis económico demuestra que la implementación es altamente rentable, con un periodo de recuperación de la inversión de aproximadamente 1.5 meses.

### **5.3.3 Sostenibilidad de las mejoras implementadas**

Para garantizar la sostenibilidad de las mejoras, se implementaron las siguientes medidas:

- **Estandarización de procedimientos:** Se documentaron los nuevos procedimientos y se integraron al sistema de gestión de la operación.
- **Seguimiento continuo:** Se establecieron indicadores específicos para monitorear el desempeño del proceso de abastecimiento.
- **Mantenimiento preventivo:** Se implementó un programa de mantenimiento preventivo para los equipos del sistema Fast Fill.
- **Mejora continua:** Se estableció un comité de mejora continua para identificar y ejecutar oportunidades adicionales de optimización.

## **5.4 Discusión de resultados**

### **5.4.1 Antecedentes internacionales**

**En la tesis de Roberto Ignacio Gonzales Gazmuri (Universidad de Chile 2016)"** El autor concluye que una reducción de entre el 60% y el 70% en la demora promedio del abastecimiento de combustible, atribuible a un algoritmo de asignación dinámica. Nuestro estudio, en cambio, no se enfoca en un algoritmo específico, sino en la mejora completa del proceso de abastecimiento, lo que se traduce en una reducción del 39% en la demora general.

### **5.4.2 Antecedentes nacionales**

**En la tesis de Marvin de Antony Champi Guzmán de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Perú",**

Concluye que logró reducir en un 84.56% el tiempo de abastecimiento pasando de 33.8 a 5.22 minutos por volquete. Sin embargo, dicha reducción se refiere específicamente al tiempo

efectivo de abastecimiento de combustible, no a la totalidad del proceso. En contraste, nuestros resultados muestran una optimización del 39% en el tiempo de todo el proceso de abastecimiento de combustible, lo que refleja una mejora integral.

## CONCLUSIONES

- 1) La identificación de los tiempos improductivos en el proceso de abastecimiento permitió enfocar las mejoras en los aspectos críticos, como la eliminación del procedimiento de apagado/encendido (3.75 minutos) y la reducción del tiempo de abastecimiento efectivo mediante el aumento del caudal. Esta ineficiencia fue identificada como la principal causa de la extensión innecesaria del ciclo de abastecimiento, afectando, uso y usage de los camiones.
- 2) Se logró reducir de manera significativa el tiempo de abastecimiento de combustible mediante la aplicación de proceso de gestión de cambio. La estandarización del nuevo procedimiento y la capacitación del personal permitieron disminuir el tiempo de 19 minutos por camión a 11.6 minutos reduciendo en 7.4 minutos por camión el tiempo de abastecimiento de combustible, lo cual representa una optimización del 39%. Esto demuestra que la gestión del cambio es una herramienta eficaz para implementar mejoras operativas, asegurando la correcta adopción de nuevos métodos de trabajo por parte de los operadores.
- 3) Se determinó el incremento de la producción de la flota de camiones como consecuencia directa de la optimización del proceso de abastecimiento. La reducción de los tiempos improductivos se tradujo en un aumento de las horas operativas de la flota, permitiendo un incremento de producción de 204k a 236k toneladas diarias. Este resultado cuantifica el impacto positivo de una mejora.

- 4) La optimización del tiempo de abastecimiento de combustible mediante la implementación del sistema Fast Fill y la mejora en la programación logró reducir el tiempo total de abastecimiento de 19 minutos a 11.6 minutos, representando una disminución del 39%. Esta reducción valida la hipótesis general de que la optimización del tiempo de abastecimiento incrementa la producción de la flota de camiones CAT 793F en la Unidad Minera Constancia.

## RECOMENDACIONES

- 1) Expandir la implementación: Evaluar la factibilidad de implementar el sistema Fast Fill en otras flotas de equipos de la operación para el caso de la flota Hitachi, para maximizar los beneficios a nivel global.
- 2) Optimizar la programación: Desarrollar algoritmos de programación más sofisticados que consideren factores como el nivel de combustible, la ubicación de los equipos y las proyecciones de consumo para minimizar aún más los tiempos de espera.
- 3) Evaluar tecnologías complementarias: Investigar tecnologías complementarias como sistemas de telemetría avanzada “Cascadia” para el monitoreo en tiempo real del consumo de combustible, lo que permitiría una programación más precisa.
- 4) Capacitación continua: Establecer un programa de capacitación continua para operadores y personal de mantenimiento para asegurar la máxima eficiencia en el uso del nuevo sistema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, R. (2006). Optimización del Sistema de carguío y acarreo en Comarsa. Trujillo, Perú: Congreso Nacional de minería.
- Antamina. (2015). Planeamiento de minado en Compañía Minera Antamina. Lima, Perú.
- Arranas, A. (2014). Proceso de extracción de minerales. Obtenido de <https://www.slideserve.com/elijah-england/procesos-de-extracci-n-de-minerales>
- Camiper. (2017). Términos básicos mineros. Lima: Cámara minero del Perú.
- Canturin, R., & Siucho, R. (2004). Aplicación de Métodos de Productividad en las Operaciones de Equipos de Movimiento de Tierras. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Cerro Verde. (2018). Resumen Trimestral - marzo. Arequipa, Perú.
- Del Corral, J. (2016). Diseño y Construcción de Caminos Mineros. Lima, Perú: Perú Construye.
- Freeport McMoran. (2014). Equipos para contrarrestar la fatiga.
- Gómez, S. (2013). Dimensionamiento Óptimo De Flotas de Equipos para Proyectos de Movimiento de Tierras. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. 2°edición Mc Graw. México: Mc Graw.
- López, F. (1997). Morfología derivada de la minería a cielo abierto en la Sierra de
- Cartagena. Madrid: Universidad Complutense.
- Neumatic. (2018). Cuidado de los Neumáticos mineros. Santiago de Chile.
- Chiriboga, G. y Rivera, M. “Equipo caminero para movimientos de tierra características y cálculo del rendimiento de la máquina”. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, 2013.

## ANEXOS

### Anexo 1: Difusión de Procedimiento de abastecimiento de combustibles a las guardias.

*Guardia 3*

LISTA DE ASISTENCIA (REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO, SIMULACROS DE EMERGENCIA Y OTROS)						Formato Documento ID: FOR-RH-01 Versión: 02 Fecha: 25/08/2019
Razón Social	HUDBAY PERU S.A.C.		RUC	30311165161		
Domicilio	Av. Jorge Chávez Nro. 235 Dpto. 701, Miraflores - Lima			Nº Trabajadores		
Actividad Económica	Extracción de Minerales de Cobre y Molibdeno					
Tema	Difusión de PETs CAMIONES CAT 73 - Abastecimiento Combustible		Fecha	9/7/2022		
Capacitador / Responsable	Oscar David Jocelyn Cotrina		Lugar	CG1		
Hora Inicio	6:30	Hora Fin 6:45 am	Nº Horas			
Tipo Marcar (X)	Inducción	Capacitación	Entrenamiento	Simulacro de Emergencia	Otros	
Nº	Nº DNI	NOMBRE Y APELLIDO	CARGO	ÁREA	EMPRESA	FIRMA
1	41686431	AIQUIPA ALVIS ROMULO HENRY	OPERADOR DE MINA III - CAMION DE ACARREO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
2	80427117	ALAMO HECHE GIACOMO GERARD	OPERADOR DE MINA III - CAMION DE ACARREO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
3	25459022	ARANGUITA BRISOLESE GABRIEL	OPERADOR DE MINA II - PERFORADORA	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
4	04071923	ALVINO HURTADO ABNER RUBEN	OPERADOR DE MINA III - CAMION DE ACARREO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
5	46395683	ASTACIE CHAÑE ISIDRO	OPERADOR DE MINA V - EQUIPO AUXILIAR	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
6	43070730	AYALA MEDINA JOSE NATIVIDAD	OPERADOR DE MINA III - CAMION DE ACARREO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
7	44835616	AYME AYME NICOLAS	OPERADOR DE MINA IV - CAMION DE ACARREO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
8	42724755	AYME BELLIDO GRIMALDO	OPERADOR DE MINA III - CAMION DE ACARREO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
9	19328327	BRIONES LEIVA LARRY JAVIER	OPERADOR DE MINA I - MONITOR	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
10	43164689	CHAMBILLA LIMA GILMER	OPERADOR DE MINA II - EQUIPO PESADO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
11	01275455	CHECALLA CHECALLA BENIGNO GUZMAN	OPERADOR DE MINA II - EQUIPO PESADO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
12	29533186	CHISE CCAHUA BERNARDINO	OPERADOR DE MINA II - EQUIPO PESADO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
13	40622898	CHOQUE TAYPE MARTIR	OPERADOR DE MINA III - CAMION DE ACARREO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
14	29627225	CHOQUEHUANCA MAMANI GREGORIO	OPERADOR DE MINA II - MONITOR	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
15	10750577	CHUMBES HUAYLLANI DANIEL	OPERADOR DE MINA III - CAMION DE ACARREO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
16	26708678	CORTEZ CULQUI GUILLERMO	OPERADOR LIDER DE OPERACIONES	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
17	44038947	CRUZ FLORES YOEL	OPERADOR DE MINA III - CAMION DE ACARREO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
18	46454458	CUEVA ROA HENRY	OPERADOR DE MINA III - EQUIPO PESADO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
19	43582204	CUYO KANA JAIME	OPERADOR DE MINA III - CAMION DE ACARREO	OP. MINA	HUBDAY	<i>[Signature]</i>
20	40915033	Denos Cruz Rodrigo	Op. Camion Minero	Op. Mina	HUBDAY	<i>[Signature]</i>

Capacitador\*  
 Nombre : HUDBAY PERU S.A.C.  
 Empresa : Hidrocarburos De Yacimientos  
 Fecha : Jefe de Operaciones Mineras

Responsable  
 Nombre : HUDBAY PERU S.A.C.  
 Cargo : Hidrocarburos De Yacimientos  
 Fecha : Jefe de Operaciones Mineras

\*Completar en caso de Inducción, Capacitación, Entrenamiento y Simulacros de Emergencia.

*Oscar David*  
 HUDBAY PERU S.A.C.  
 Jocelyn Cotrina Ildefonso  
 Supervisora de Operaciones Mina

*Oscar F. David*  
 Supervisor de Operaciones Mina

## Anexo 2: Formato de Solicitud de cambio de grifo

SOLICITUD Y EVALUACIÓN DE CAMBIO						Formato Documento ID Versión Fecha	FOR-GG-01 14/01/2020
<b>I. IDENTIFICACION DEL CAMBIO</b>							
ÁREA QUE SOLICITA EL CAMBIO:	Operaciones Mina		NOMBRE DEL SUPERVISOR RESPONSABLE DEL CAMBIO:		Jocelyn Cotrina Bidefondo	FECHA DE SOLICITUD:	13/08/2022
GERENCIA RESPONSABLE DEL CAMBIO:	Operaciones Mina		NOMBRE DEL GERENTE RESPONSABLE DEL CAMBIO:		Augusto Montijo Beteta		
MONTO ESTIMADO (USD):	TIPO DE CAMBIO:	Temporal ( )	Permanente (X)	CATEGORIA DE SOC:	Equipos ( )	Proceso (X)	Otros ( )
DESCRIPCION DEL CAMBIO:	ORIGEN:	<i>De Chancay</i>	<i>Máquina XI</i>	<i>Exclusivo</i>	Instalaciones ( )	Materiales/ <i>Industriales</i> ( )	
ABASTECIMIENTO DE CONSUMICIÓN PARA CAMIONES ZISOF Y Hitachi EH200D CON BOMBA DE TRANSFERENCIA Y ALTA TURBO EN OPERADOR BAJO DEL CAMION.							
JUSTIFICACION DEL CAMBIO: Optimización de tiempo de abastecimiento y eliminación de riesgo de caída del operador al mismo y distinto nivel.							
APROBADO POR: <i>Augusto Montijo Beteta</i>		FECHE DE APROBACION: <i>13/08/2022</i>		FIRMA:			
II. ANALISIS DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES DEL CAMBIO		RIESGOS / OPORTUNIDADES / IMPACTOS		CONTROLES		EJECUCION DE CONTROLES	
Peligro / Aspecto Ambiental / Riesgo Sanitario / Caso Aspiración (SI / Lista de Verificación)	Riesgos / Oportunidades / Impactos	2022	Descripción	Responsable	Ejecución del control		
Energía y manipulación de productos químicos inflamables	Quemadura, incendio	Eliminación / Sustitución	Puesta a tierra, uso de ropa...	Pedro Zárate	13/08/2022		
Equipo energizado	Afectamiento del personal, incendio	Eliminación / Sustitución	Bloqueo de transmisión, señalización con semáforos	Pedro Zárate	13/08/2022		
Líos de hidrocarburos	Excráme de hidrocarburos, caída a mismo nivel.	Eliminación / Sustitución	Bandejas de contención, baúl MSDS, rulo	Pedro Zárate	13/08/2022		
IV. APROBACION: Involucrados en el Cambio (La firma de los involucrados da conformidad el cambio, ya deben de haber levantado las acciones del plan si hay acciones pendientes que se relaten durante la ejecución se verifican IN SITU, pero YA se puede iniciar los trabajos)							
Nombre cargo:	Proyecto / Área	Nombre cargo:	Proyecto / Área	Nombre cargo:	Proyecto / Área	Nombre cargo:	Proyecto / Área
INICIO DEL CAMBIO		FIRMA DEL SUPERVISOR RESPONSABLE DEL CAMBIO		CIERRE DEL CAMBIO		FIRMA DEL SUPERVISOR RESPONSABLE DEL CAMBIO	
Completar las Listas de Verificación							
Lista de verificación 1 - Seguridad y Salud Ocupacional		Si/No/Na	Lista de verificación 4 - Security		Si/No/Na		
Este cambio puede generar daños a la salud por exposición ocupacional a riesgos higiénicos (biológicos, químicos, físicos y psicosociales) y disergonómicos?	Si	Este cambio afecta el cumplimiento de los Principios Voluntarios y Derechos Humanos?	No				
Se requiere actualizar la matriz de análisis de riesgo SSOMAC?	Si	Este cambio afecta algún control de acceso a la unidad constancia?	No				
Se requiere realizar algún monitoreo de salud ocupacional, agentes ambientales y disergonómicos?	No	Se requiere gestionar la protección física adicional?	No				
Se requiere actualizar o crear algún tipo de documento: Planes/ Programas, Procedimientos, Instructivos y Formatos?	Si	Se requiere ampliar o instalar el cerco perimetérico?	No				
Se requiere actualizar el programa de capacitación (certificaciones, entrenamientos)?	No	Se requiere adquirir más equipos de monitoreo de seguridad física (alcoholímetros, cámaras)?	No				
Este cambio genera exposición de productos químicos (sólida y/o líquida)?	No	Se requiere actualizar o elaborar algún documento de respuesta a emergencias (planes, protocolos, programas, etc.)	No				
Este cambio genera exposición a algún tipo de energía (eléctrica, cinética, potencial, química, mecánica, radiación etc.)?	Si	Observaciones:					
Este cambio genera exposición a espacios confinados?	No	Lista de verificación 5 - Operacional (Operaciones Mina o Procesos Planta según aplique)			Si/No/Na		
Se genera exposición de trabajos de izajes o cargas suspendidas?	No	Este cambio afecta el planeamiento de producción a corto, mediano o largo plazo, después de un seguimiento y evaluación de resultados en una prueba?	No				
Se genera exposición a trabajos en altura?	No	Se requiere un programa de mantenimiento de equipos y/o infraestructura?	No				
Se genera exposición a excavaciones y zanjas?	No	Se requiere establecer nuevos parámetros?	No				
Se genera exposición a trabajos en caliente?	No	Se requiere realizar pruebas antes de su puesta en marcha?	No				
Se genera exposición a la operación de equipo pesado/liviano/móvil?	Si	Se requiere habilitar un nuevo punto de energía?	No				
Se genera exposición a partes móviles (tijeras, molino, etc)?	No	Se requiere incrementar significativamente el tonelaje a mover y/o el perfil de acarreo?	No				
Se genera exposición a trabajos con tuberías de HDPE?	No	Se requiere disponer de equipos pesados (camiones, pálets, tractores, motoniveladores, cisternas, etc)?	No				
Se genera nuevas áreas restringidas?	No	Este cambio afecta el sistema de control de los equipos pesados y vehículos?	No				
Se genera peligros identificados que pueden afectar a más de un área / fuera de la unidad operativa	No	Se requiere controlar la producción diaria de toneladas, grado de mineral y/o el desarrollo?	No				
Observaciones:	Se requiere actualizar el programa de perforación y/o voladura?					No	
Lista de verificación 2 - Medio Ambiente		Si/No/Na	Lista de verificación 6 - Requisitos Legales / Permisos			Si/No/Na	
Este cambio genera emisiones atmosféricas (gases y material particulado)?	No	Este cambio afecta a los requerimientos de stocks?	No				
Este cambio genera ruido ambiental?	No	Se requiere la habilitación de accesos y/o estructuras (stocks, bodegas, etc)?	No				
Este cambio generan efuentes líquidos industriales y/o domésticos?	No	Lista de verificación 7 - Administración y Logística			Si/No/Na		
Este cambio genera emisión de sedimentos?	No	Este cambio afecta a algún permiso actual?	No				
Este cambio genera consumo de recursos (agua, combustible, energía)?	No	Se requiere algún permiso adicional o extensión vigente?	No				
Este cambio genera la disminución de la recarga del agua subterránea?	No	El cambio afecta a algún requisito legal?	No				
Este cambio afecta la biodiversidad (Desbroce, desplazamiento de fauna, etc.)?	No	El resultado del cambio requiere ser controlado / certificado por cualquier organismo externo? (Antes del uso o control frecuente)	No				
Este cambio genera la disposición del suelo orgánico?	No	Se requiere revisar los requisitos legales y otros para garantizar el cumplimiento?	No				
Se requiere instalar equipos de supresores, aspersores, campañas y/o extractores para el control de las emisiones del material particulado o gases?	No	Se deberán revisar y actualizar las reglas de la organización (si es necesario) o introducir nuevas reglas?	No				
Se requiere verificar y/o controlar el patrimonio cultural?	No	Observaciones:					
Se requiere actualizar el Plan de Cierre vigente?	No	Lista de verificación 7 - Administración y Logística			Si/No/Na		
Se requiere actualizar el Plan de Manejo de Relaves?	No	Este cambio afecta a los requerimientos de stocks?	No				
Se requiere actualizar el Plan de Manejo de Aguas?	No	Se requiere la actualización de los materiales catalogados y cargo directo?	No				
Se requiere actualizar el Plan de Manejo de Residuos vigente (nuevo residuo / nuevo punto de acopio / nuevo equipo de respuesta a emergencia)?	No	Se requiere realizar la solped (solicitud de pedido) de la compra de un equipo mayor?	No				
Se requiere actualizar el monitoreo ambiental?	No	Se requiere un transporte especial del bien adquirido?	No				
Lista de verificación 3 - Relaciones Comunitarias		Si/No/Na	Observaciones:				
Se requiere gestionar el reasentamiento o acceso a tierras?	No	Se requiere habilitar un almacén especial.			No		
Se requiere actualizar y gestionar la inversión social?	No	Observaciones:					
Se requiere actualizar la matriz de partes interesadas?	No						
Este cambio afecta al plan de comunicación con las comunidades?	No						
Este cambio afecta las expectativas del gobierno local, regional, nacional?	No						
Se requiere asesorar y verificar la empleabilidad local de acuerdo al PRS-RC-007 Empleo Local?	No						
Se requiere asesorar y verificar la adquisición de servicios locales de acuerdo a PRS-RC-011 Incorporación de la Flota Local u otros lineamientos internos?	No						
Observaciones:							

### Anexo 3: Procedimiento para el abastecimiento de combustible

	<b>ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE EN ISLA DE ALTO CAUDAL</b>	Elabora	Alan Aragón	06/09/2022
		Revisa	Kevin Mayta Wilder Sánchez	06/09/2022
	OSS.PRX-GOP.CON-PE-04	Aprueba	Gladys Mujica	06/09/2022
	Versión 09	Página 2 de 1		

#### 1. PERSONAL INVOLUCRADO

- Operador EESS
- Operador de camión minero
- Supervisor de Operaciones
- Asistente de Operaciones

#### 2. QUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Casco de seguridad.
- Barbiquejo
- Lentes de seguridad ANSI Z87.1/Z87+
- Respirador media cara de silicona (cartucho vapores orgánicos).
- Orejeras o tapones auditivos
- Guantes de neopreno o nitrilo
- Chaleco naranja con cintas reflectivas.
- Traje descartable “Tyvek”
- Zapatos de seguridad.
- Protector solar
- Mascarillas KN 95
- Botas para lluvia (cuando aplique)
- Traje o poncho impermeable para lluvia (cuando aplique)

#### 3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

- Cable a tierra.
- Trapos industriales y paños absorbentes.
- Extintor PQS 12 Kg.
- Bandeja de contención
- Manguera y pistola de alto caudal con válvula de cierre.
- Linterna para casco
- Kit anti derrame.
- Surtidor alto caudal, Zona Norte

- Candado y pinza de bloqueo
- Tarjeta de Bloqueo
- Paletas PARE/SIGA (día)
- Bastones luminosos ROJO/VERDE (noche)
- Escalera portátil
- Radio Handy

#### **4. PROCEDIMIENTO**

Antes de realizar todas las actividades, el Operador de Combustible o Asistente de Operaciones de EESS contará con 1 EPP correspondiente y específico; será obligatorio la utilización de mascarilla KN95 cuando NO esté abasteciendo un camión minero, pero durante el abastecimiento al equipo deberá utilizar el respirador de media cara con filtros para vapores orgánicos. Además, mantendrá la distancia mínima de 2 metros con el operador del camión minero.

El operador de EESS elaborará el llenado de IPERC continuo y el PETAR de Aislamiento, bloqueo y etiquetado y éstos deberán ser firmados por el Supervisor de Operaciones. Además, inspeccionará el área de trabajo y verificará visualmente el buen estado de los elementos de abastecimiento (pistola, manguera, cable a tierra, línea de tuberías y bombas de abastecimiento).

##### **A) INGRESO Y PARQUEO DE CAMIÓN EN LA ISLA DE ALTO CAUDAL:**

1.1 Antes de ingresar a la EESS, el operador del camión minero esperará en la señal de “Pare”, tocará el claxon una sola vez por 3 segundos para alertar al Operador de EESS/Asistente de Operaciones.

1.2 El operador de la EESS o Asistente de Operaciones se ubicará en un lugar seguro y visible (en la parte delantera de la línea de tuberías de la isla Norte de la EESS), verificará visualmente que la isla de alto caudal se encuentre libre y autorizará el ingreso del camión mediante el uso de paletas Pare/Siga (Turno día) o varilla luminosa (turno noche)

- Opción 01 Paleta Verde (Siga) o Varilla luminosa Verde: con lo cual se indica que el camión puede avanzar e ingresar a la isla de alto caudal.
- Opción 02 Paleta Roja (Pare) o Varilla luminosa Roja: con lo cual se indica que el camión debe esperar o paralizar su ingreso.

Al ingresar el camión, posicionará las llantas delanteras entre las gibas de la plataforma de despacho.

##### **1.3 Aislamiento, bloqueo y etiquetado**

###### **1.3.1 CAMIONES CAT:**

- ✓ El operador del camión minero colocará el selector de cambios a la posición de parqueo, accionará el retardo manual en su totalidad (no se apagará el motor).
- ✓ El operador del camión minero saldrá de la cabina hacia la plataforma de lado derecho del camión, ubicándose en un lugar visible para que el operador de EESS/Asistente de Operaciones lo observe y le indicará que puede acercarse al camión a la parte frontal.
- ✓ El operador de la EESS/Asistente de Operaciones al visualizar al operador del camión fuera de su cabina, se acercará a la parte frontal del camión para des energizar el sistema de transmisión del equipo y aplicará el Bloqueo y Etiquetado utilizando la pinza, candado y tarjeta personal y le comunicará al operador del camión y esperará la

 <p><b>OSS</b> Outsourcing, Procesos &amp; Operaciones</p>	<b>ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE EN ISLA DE ALTO CAUDAL</b> <b>confirmación del operador del camión minero. (Ver Anexo 01)</b>	Elabora	Alan Aragón	06/09/2022
		Revisa	Kevin Mayta	06/09/2022
			Wilder Sánchez	06/09/2022
		Aprobaba	Gladys Mujica	06/09/2022
OSS.PRX-GOP.CON-PE-04		Página 2 de 1		
Versión 09				

- ✓ El operador del camión minero regresará a la cabina del camión para verificar que se haya realizado el correcto bloqueo de la transmisión en el panel de instrumentos y confirmará al operador de la
- ✓ EESS/Asistente de Operaciones vía radial del bloqueo se realizó correctamente; así mismo, dará su nombre, porcentaje de combustible del tanque y el horómetro del camión y volverá a salir de la cabina del camión. No se realizará el abastecimiento si el operador del camión se encuentra dentro de la cabina del equipo.

**NOTA:** para asegurar la completa des energización del sistema de transmisión del camión, se verificará que la luz ubicada a lado de la llave de energía se encuentre completamente encendida. De lo contrario, se comunicará al operador del camión para que vuelva a verificar en el panel de instrumentos el bloqueo del sistema de Transmisión, de ser afirmativo, sí se podrá proceder con el abastecimiento de combustible, pero se reportará al Supervisor de Operaciones/ SSMA para gestionar la corrección de dicha luz.

- ✓ Si el operador del camión minero necesitara bajar del equipo para hacer uso de los servicios higiénicos o inspeccionar el equipo, procederá a apagar el camión y comunicará al Operador de combustible. Se continuará el abastecimiento de combustible con normalidad, manteniendo el ABE del Sistema de Transmisión del camión minero.

### 1.3.2 CAMIONES HITACHI :

- ✓ El operador del camión minero apagará su equipo por completo (motor y sistema eléctrico), activará el freno de parqueo y esperará en un lugar seguro durante el apagado del mismo (en la parte delantera de la línea de tuberías de la isla Norte de la EESS) y se acercará a la parte frontal del camión cuando el motor se haya apagado.
- ✓ El operador de la EESS/Asistente de Operaciones des energizará el camión minero con la llave de energía de éste y aplicará el Bloqueo y Etiquetado utilizando su candado, pinza y tarjeta personal.

## B) ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE DEL CAMIÓN MINERO:

- 1.4 El operador de la EESS/Asistente de Operaciones limpiará el exceso de tierra del aro del neumático posterior y conectará el cable de puesta a tierra, verificará el encendido de la luz color verde de la caja de puesta tierra, de lo contrario no se podrá realizar el abastecimiento.
- 1.5 Colocará la bandeja de contención debajo del receptáculo del camión.
- 1.6 El operador de la EESS/Asistente de Operaciones retirará la tapa del receptáculo del tanque de combustible del equipo con mucho cuidado y limpiará el receptáculo usando un trapo industrial en caso exista barro o tierra gruesa. Si algún dispositivo del sistema del tanque de combustible presenta deficiencias, el operador de la EESS/Asistente de Operaciones reportará al operador de camión minero y al supervisor de operación.

- 1.7 El **operador de la EESS/Asistente de Operaciones** conectará la pistola Wiggins en el receptáculo del camión minero, asegurándose que este bien fija, luego abrirá la válvula esférica caudal que se encuentra antes de la pistola de alto caudal y subirá el seguro de la pistola Wiggins.
- 1.8 **Cálculo de la cantidad de combustible a abastecer:**
  - **Camiones CAT:** Se utilizará unas tablas que indican las cantidades de combustible al 95% del tanque, el operador del camión le indicará el porcentaje de combustible que tiene el camión de manera radial y de acuerdo a eso, el operador de grifo se guiará de la tabla.
  - **Camiones Hitachi:** Revisar el indicador de combustible del tanque hasta que llegue aproximadamente a la mitad durante todo el abastecimiento para evitar sobrellenados y derrames; así mismo, de ser necesario utilizará la escalera de la EESS para dicha actividad. Previamente se debe haber realizado el Formato de Pre-uso de escaleras.
- 1.9 El **operador de la EESS/Asistente de Operaciones** ingresará los datos al sistema:
  - El sistema le solicitará el ingreso de la llave electrónica de vehículo.
  - El sistema mostrará INGRESE CLAVE.
  - El operador de vehículo/equipo cliente ingresará la “clave de usuario” de 4 dígitos seguido de la tecla ENTER.
  - El sistema mostrará el mensaje “INGRESE NUMERO DE BOMBA”.
  - El operador de vehículo/equipo cliente ingresará número de bomba seguido de la tecla ENTER.
- 1.10 El **operador de la EESS/Asistente de Operaciones** presionará el botón verde de activación del motor de la bomba para iniciar el abastecimiento.
- 1.11 Durante el abastecimiento de combustible, el **operador de la EESS/Asistente de Operaciones** controlará el abastecimiento de la siguiente manera:
  - Camiones CAT: Estará pendiente del contómetro hasta que llegue a la cantidad determinada.
  - Camiones Hitachi: Estará pendiente del indicador de combustible del tanque, hasta que llegue aproximadamente a la mitad de este indicador.

**C) TÉRMINO DE ABASTECIMIENTO Y SALIDA DE CAMIÓN MINERO DE LA ISLA DE ALTO CAUDAL**

- 1.12 Una vez finalizado el abastecimiento el **operador de la EESS/Asistente de Operaciones** apagará el motor de la bomba de abastecimiento que utilizó pulsando el botón rojo.
- 1.13 Posteriormente, bajará el seguro de la pistola de alto caudal y cerrará la válvula esférica que se encuentra antes de la pistola y retirará la pistola wiggins del receptáculo del tanque de combustible del equipo, secándola con un trapo industrial para evitar goteos de combustible al piso, de ser necesario, la cubrirá con trapo industrial durante su traslado y puesta en la isla de alto caudal
- 1.14 El **operador de la EESS/Asistente de Operaciones** retirará la bandeja de contención y la

colocará en su lugar y desconectará el cable a tierra.

- 1.15 El operador de la EESS/Asistente de Operaciones hará contacto visual con el operador del camión minero e indicará que se retirará la pinza, candado y tarjeta de bloqueo. Procederá a energizar el camión minero y comunicará vía radial al Operador de camión, quien verificará en su panel de instrumentos.
  - Camiones CAT: Energizar mediante la llave de energía del sistema de Transmisión
  - Camiones HITACHI: Energizar mediante la llave de energía general
  
- 1.16 El operador de la EESS/Asistente de Operaciones dictará por radio la cantidad abastecida al operador de camión.
- 1.17 El operador de la EESS/Asistente de Operaciones se ubicará en un lugar seguro y visible (en la parte delantera de la línea de tuberías de la isla Norte de la EESS), verificará que la isla de abastecimiento se encuentre completamente despejada de personas u objetos/vehículos antes de autorizar la salida del camión minero.
 

**NOTA:** Si fuera necesario que el personal de mantenimiento se acerque la isla de alto caudal para revisar el camión minero se le brindará la autorización, así mismo, el operador de la EESS/Asistente de Operaciones estará en contacto visual con el operador del camión con la paleta PARE de vigía.
- 1.18 El operador de la EESS/Asistente de Operaciones autorizará y guiará la salida del camión con la paleta de Pare/ Siga (Turno día) y la varilla luminosa verde/rojo (Turno noche). El operador del camión tocará dos veces el claxon y procederá a retirarse de la isla de alto caudal.
- 1.19 El operador de la EESS/Asistente de Operaciones registrará en su planilla la cantidad de combustible abastecida al camión minero. (no será necesaria la firma del operador del camión)
  
- 1.20 El operador de la EESS/Asistente de Operaciones procede a resetear el contómetro, realiza orden y limpieza en el área de trabajo haciendo la correcta disposición de RRSS. Todos los residuos peligrosos se deberán separar en el contenedor rojo de “Residuos peligrosos” y los residuos biocontaminados al contenedor de “Residuos Biocontaminados”. Aplicar el INS-MA-017 Instructivo de disposición de residuos Agente biológico (COVID-19)- Hudbay y el : PLA-MA-01 plan de manejo de residuos sólidos- Hudbay.

**NOTA:** El operador de la EESS/Asistente de Operaciones debe permanecer durante todo el abastecimiento en su lugar correspondiente. Por otro lado, se brinda la siguiente excepción:

Al momento del almuerzo, el operador de la EESS/Asistente de Operaciones del turno no se encontrará en alto caudal, por lo cual un operador de combustible CRC que se encuentre en campo, asumirá la responsabilidad de los abastecimientos de alto caudal previa coordinación con el Supervisor de Operaciones; así mismo, sí se podrá realizar la transferencia a la CRC. Si durante la transferencia de combustible de EESS a CRC, se acercara un camión para el abastecimiento en alto caudal, se paralizará la transferencia y el operador de CRC baja de la tina aplicando sus 3 puntos de apoyo, retira su candado de bloqueo para luego utilizarlo en el abastecimiento del camión. El operador de CRC deberá haber revisado y firmado el Iperc continuo de alto caudal.

## 2. CONSIDERACIONES DE SALUD OCUPACIONAL

Para evitar la incidencia de enfermedades ocupacional al momento de la actividad se deberá seguir las siguientes indicaciones:

- El uso de bloqueador solar con factor de protección solar mínimo de 50 FPS se debe aplicar al menos 30 minutos antes de exponerte al sol y reaplicar cada dos horas o menos si has transpirado mucho durante la jornada de trabajo.
- Es obligatorio el uso de pantalones largos y camisas con manga largas reflectivas y anteojos con filtro UV en todas las áreas de trabajo de la EESS.
- Es obligatorio el uso de orejeras a todo el personal que se encuentre expuesto a contaminantes físicos con niveles de ruido superiores a 85 decibeles (dB).
- Es obligatorio el uso de los guantes de nitrilo ante la manipulación del DIESEL B5 S 50.
- Para la manipulación de carga se deberá manejar un peso máximo 25 kilos en el caso de los varones y 15 kilos en el caso de las mujeres; si la manipulación es mayor del peso autorizado se deberá realizar entre dos o más personas.
- Es obligatorio el uso de mascarilla KN95 cuando no se esté abasteciendo el camión minero y se utilizará el respirador de media cara con filtros para vapores orgánicos durante el abastecimiento de combustible.

## 3. RESTRICCIONES

- En caso de presentarse ALERTA NARANJA no se realizará el trabajo y el personal estará preparado para no dejar condiciones inseguras en caso del cambio a ALERTA ROJA donde deberá refugiarse inmediatamente.
- No se podrá realizar el abastecimiento de combustible si el personal no cuenta con la tarjeta de acreditación del curso vigente ABE.
- De haber fuga o goteo de combustible paralizar el proceso de abastecimiento de combustible en su totalidad.
- En caso que el operador del camión minero no cumpla las indicaciones de seguridad se detendrá el abastecimiento.
- Durante los despachos está prohibido el uso de equipo celular.
- Prohibido cometer acciones inapropiadas entre colaboradores.
- No se realizará el abastecimiento de los camiones CAT si el Operador de camión no confirma que en su panel de instrumentos se ha bloqueado el sistema de transmisión.
- No se realizará el abastecimiento de los camiones CAT si el operador del camión se encuentra dentro de la cabina del equipo.
- El operador del camión minero no podrá ingresar ni salir de la isla de alto caudal de la EESS, si el operador de EESS no le ha brindado la autorización mediante las paletas de pare/siga y varilla luminosa verde/roja.

- El asistente de operaciones podrá realizar el abastecimiento a camiones mineros en casos de contingencias con previa autorización del Supervisor de Operaciones; así mismo, el personal deberá estar capacitado en el presente PETS y con la difusión de la Matriz de Iperc Linea base.
- El operador de EESS tiene prohibido apoyarse en los neumáticos del camión.

#### **Anexo 4: Documentos relacionados**

- OSS.PRX-GOP.CON-PE-06 Limpieza en caso de derrame.
- INS-MA-017 Instructivo de disposición de residuos Agente biológico (COVID-19)- Hudbay
- PLA-MA-01 Plan de manejo de residuos sólidos- Hudbay.

#### **4. REVISIÓN Y MEJORAMIENTO CONTINUO**

VERSIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA DE APROBACIÓN
01	Elaboración del documento.	02-02-2018
02	Se añadió el ítem 4.1	10-01-2019
03	Se modificó todo el ítem 4. Procedimiento y 7. Documentos Relacionados	25-11-2019
04	Se modificó el ítem 4.8 (Determinación de la cantidad a abastecer camiones CAT)	21/12/2019
05	Se agregó nota al final del ítem 4.	21/02/2020
06	Se modificó el ítem 4 y 5	21/04/2020
07	Se modificaron los ítems 4.8, 4.28 y 7	16/03/2021
08	Se modificaron los ítems (1) (2) (3) (4) (4.1) (4.3) (4.5) (4.6) (4.10) (4.15) (4.21) (5) y (6)	08/11/2021
09	Se modificaron los ítems (4.1) (4.2) (4.3) (4.4) (4.6) (4.7) (4.9) (4.10) (4.11) (4.12) (4.14)(4.15) (4.16) (4.17) (4.18) (4.19) (4.20) (6) (9) sombreado amarillo y celeste	06/09/2022

## Anexo 5: Cronograma de operadores de grifo

La investigación se desarrolla en la Unidad Minera Constancia, propiedad de Hudbay.

Perú, ubicada en los distritos de Chamaca, Livitaca y Velille de la provincia de Chumbivilcas, en el departamento de Cusco. Sus coordenadas geográficas están entre N 8 393 167 a 8 400 860 y E 197 036 a 203 806 (UTM WGS 84 Zona 19S), a una altitud entre 4,000 y 4,400 m.s.n.m. El proyecto se encuentra a 634 km al sureste de Lima y 112 km al sur de Cusco (en línea recta).

### ***Descripción General***

## **Ubicación de la Propiedad**

La mina Constancia se encuentra ubicada en los Andes surorientales del Perú, en los distritos de Chamaca, Livitaca y Velille, provincia de Chumbivilcas, departamento del Cusco.

La propiedad se encuentra aproximadamente a 600 km al sureste de Lima a elevaciones de 4.000 a 4.500 msnm. La siguiente figura muestra la ubicación general de la mina Constancia. El acceso por carretera a la propiedad es desde Arequipa (7 horas por carretera) o Cusco (6 horas por carretera). Las coordenadas geográficas en el centro de la propiedad son 71°47' de longitud oeste y 14°27' de latitud sur.

**Figura 31.** Ubicación de la unidad minera Constancia

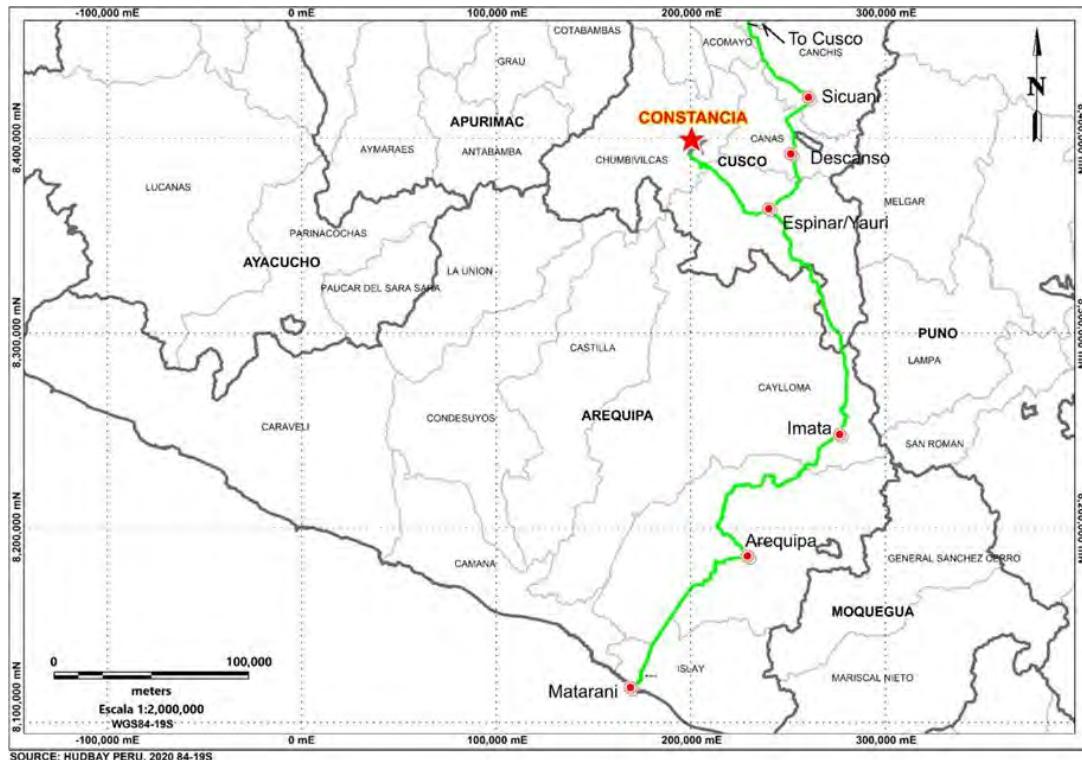


Nota. Adaptado de *ubicación geográfica* [Mapa], por HudbayMinerals, 2011, HUDBAY (<https://hudbayminerals.com/peru/default.aspx>).

### Accesibilidad.

La mina Constancia se encuentra ubicada en los distritos de Chamaca y Velille, provincia de Chumbivilcas, región Cusco, a una distancia aproximada de 634 km al sureste de Lima, capital del Perú, con una altitud que oscila entre los 4.000 y 4.500 metros. Se puede acceder a la mina desde Lima por vía aérea, ya sea vía Arequipa o Cusco, y luego en vehículo por caminos pavimentados y de ripio. La siguiente figura a continuación muestra la ruta principal desde Arequipa y Cusco hasta la mina.

**Figura 32. Rutas hacia la unidad minera Constancia**



Nota. Adaptado de *accesos a mina* [Mapa], por HudbayMinerals, 2011, HUDBAY (<https://hudbayminerals.com/peru/default.aspx>).

Las rutas con distancias aproximadas y tiempos de manejo se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 16. Distancias y tiempos de conducción**

De	Pierna	Distancia (km)	Tiempo (horas)
Arequipa	Canahuasi	80	1.25
	Imata	63	0.75
	Yauri/Espinar	103	2.50
	Desvío Uchucarcco	68	2.00
	Sitio del proyecto	20	0.50
	Total	334	7.00

<b>Cuzco</b>	Sicuani (carretera asfaltada)	140	2.00
	El Descanso	40	1.00
	Yauri/Espinar	45	0.75
	Desvío Uchucarcco	68	2.00
	Sitio del proyecto	20	0.50
	<b>Total</b>	<b>313</b>	<b>6.25</b>

*Nota.* Adaptado de *accesos a mina* [Mapa], por HudbayMinerals, 2011, HUDBAY (<https://hudbayminerals.com/peru/default.aspx>).

### **Clima.**

El clima en la zona de Constancia se caracteriza por ser húmedo y con temperaturas frescas durante ciertas épocas del año, presentando estaciones claramente marcadas, tanto lluviosas como secas. La mayoría de las precipitaciones se concentran entre octubre y abril, coincidiendo con los meses de verano. Factores como la altitud y la configuración del terreno también afectan las condiciones climáticas. A pesar de las variaciones meteorológicas, la operación minera no se interrumpe debido al clima, ya que se implementan medidas específicas para mitigar los posibles retos que surgen durante la temporada de lluvias.

La siguiente es una lista de datos climatológicos importantes:

#### **Precipitación anual:**

- Precipitación media anual: 1.000 mm
- Precipitación máxima anual: 1.353 mm
- Precipitación mínima anual: 590 mm
- Precipitación media en la temporada de lluvias (octubre a abril): 932 mm
- Precipitación promedio de la estación seca (mayo a septiembre): 72 mm

#### **Temperatura del aire:**

- Máxima media diaria: entre 13 y 16 °C
- Mínima media diaria: entre (-11 y 0°C)
- Evaporación Anual Promedio:
- Evaporación anual potencial: 961 mm
- Evaporación anual del suelo existente: 480 mm
- Evaporación de relaves secos: 455 mm
- Evaporación de la superficie húmeda de relaves: 865 mm

Se identificaron 342 especies diferentes de flora y 7 tipos de vegetación dentro del área de la unidad minera (matorral herboso, vegetación rupestre, pradera muy húmeda, ciénaga, juncales, matorral y vegetación de altura). En total, hay 13 especies que se encuentran dentro de la categoría de preocupación para la conservación en la legislación peruana y 17 especies endémicas del Perú (4,97%).

### **Recurso Local.**

La principal actividad económica de la zona es la agricultura y ganadería de subsistencia. Los alimentos y suministros básicos se pueden obtener en Yauri/Espinar (62.000 personas). Cusco (población 367.000 personas) y Arequipa (población 864.000 personas) son los principales centros más cercanos, a 6 y 7 horas en auto de la mina, respectivamente.

Varios arroyos de flujo permanente que suministran buenos flujos están presentes en el área. Las fuentes de agua más importantes incluyen los ríos Apurímac o Chilloroya.

Cerca de la comunidad de Chilloroya, la población local se dedica a la minería informal de oro superficial. La empresa y los miembros de la comunidad han expresado su preocupación ante las autoridades peruanas sobre las condiciones ambientales y laborales relacionadas con las actividades mineras informales. Por ejemplo, los niveles de mercurio que se encuentran en

los sedimentos cerca de un área rudimentaria de procesamiento de oro superan los estándares internacionales para la protección de la vida acuática.

### **Historia de Producción.**

El inicio de 2015 trajo un cambio sustancial para el equipo de Perú con la transición de un proyecto de construcción a operaciones. Constancia logró la producción comercial en el segundo trimestre de 2015 y, posteriormente, aumentó a la producción total en la segunda mitad del año. En el transcurso de 2015, las operaciones de la mina Constancia produjeron 105 897 toneladas de concentrado de cobre y 47 263 onzas de metales preciosos en concentrado.

La expansión del puerto en Matarani se completó a fines de junio de 2016, lo que mejoró el acceso al muelle designado de Hudbay y redujo los costos portuarios.

Desde 2015, las operaciones mineras de Constancia y la optimización de costos continuaron según lo planeado. El desempeño de la producción durante los últimos 5 años se resume en la siguiente tabla a continuación. La reducción en la producción de cobre, oro y plata desde 2016 está relacionada con la transición planificada de la mineralización supergénica de alta ley en las primeras fases de producción a la mineralización hipógena más profunda de menor ley que representa una porción cada vez mayor de la alimentación del molino. Esta tendencia se revertirá y la producción de metal aumentará durante los próximos 5 años debido a la incorporación de la mineralización de alta ley del depósito de Pampacancha. El aumento en la producción de molibdeno está relacionado con una mejora significativa tanto en el rendimiento como en las recuperaciones de la concentradora de molibdeno.

**Tabla 17.** Historial de producción mina Constancia

Metal	Unidad	2016	2017	2018	2019	2020
cobre	t	133,432	121,781	122,178	113,825	73,150

*Nota.* Adaptado de *reporte de producción* por HudbayMinerals, 2011, HUDBAY (<https://hudbayminerals.com/peru/default.aspx>).

### **Geología.**

#### **Geología del Distrito.**

Las rocas más antiguas que se encuentran en esta zona pertenecen a una secuencia blanca de areniscas de grano medio, que pueden ser rojas, violetas o grises, y que incluyen intercalaciones de lutitas rojizas. Estas pertenecen a la Formación Chilloroya, también conocida como Formación Murco, del Cretácico Inferior. Asimismo, la Formación Arcurquina se dispone de manera discordante sobre la Formación Chilloroya y se relaciona con la Formación Ferrobamba del Cretácico Superior. Estas capas rocosas se extienden de norte a sur, a aproximadamente 15 kilómetros de longitud y 5 kilómetros de ancho, y están compuestas por calizas, calcarenitas y lentes de conglomerados.

Estas formaciones sedimentarias han sido afectadas por la intrusión de rocas plutónicas que forman parte del Batolito Andahuaylas-Yauri, datado en la época del Oligoceno. La composición del batolito varía desde diorítica hasta granodiorítica, con minerales principales como plagioclasa, ortoclasa, cuarzo, hornblenda, biotita, apatita, circón y esfena. Es común encontrar pequeñas vetas y lentes de skarn de magnetita masiva relacionadas con la presencia de estos batolitos.

Además, varias acciones monzoníticas, diques o lacolitos atraviesan y cortan transversalmente todas las litologías mencionadas. En las áreas donde estas rocas se encuentran con calizas intrusivas, es habitual la presencia de skarns mineralizados, algunos conteniendo mineralización de cobre, oro y plata, como sucede en la mina Katanga. Algunas de estas intrusiones presentan características típicas de los depósitos de pórfido de cobre, similares a los que se encuentran en Constancia.

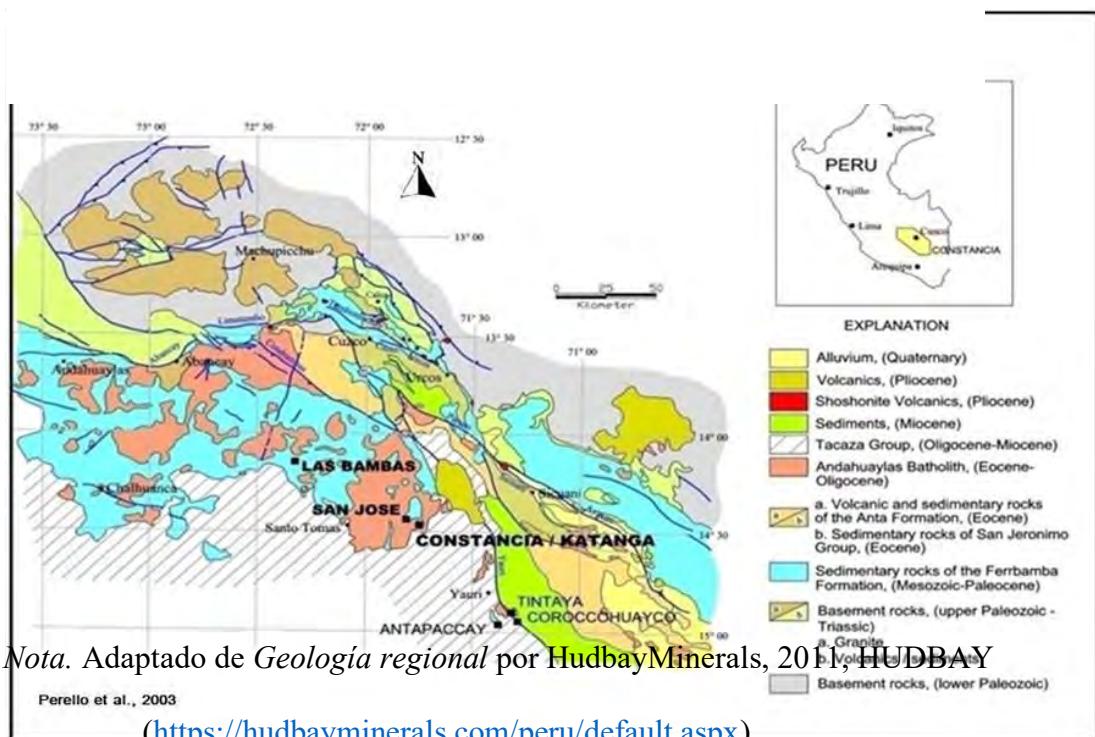
### **Geología de la Propiedad Constancia.**

El depósito de pórfido de cobre denominado Constancia se encuentra situado en el límite oriental del Batolito Andahuaylas-Yauri, aproximadamente a 3 kilómetros al sureste de la antigua mina Katanga..

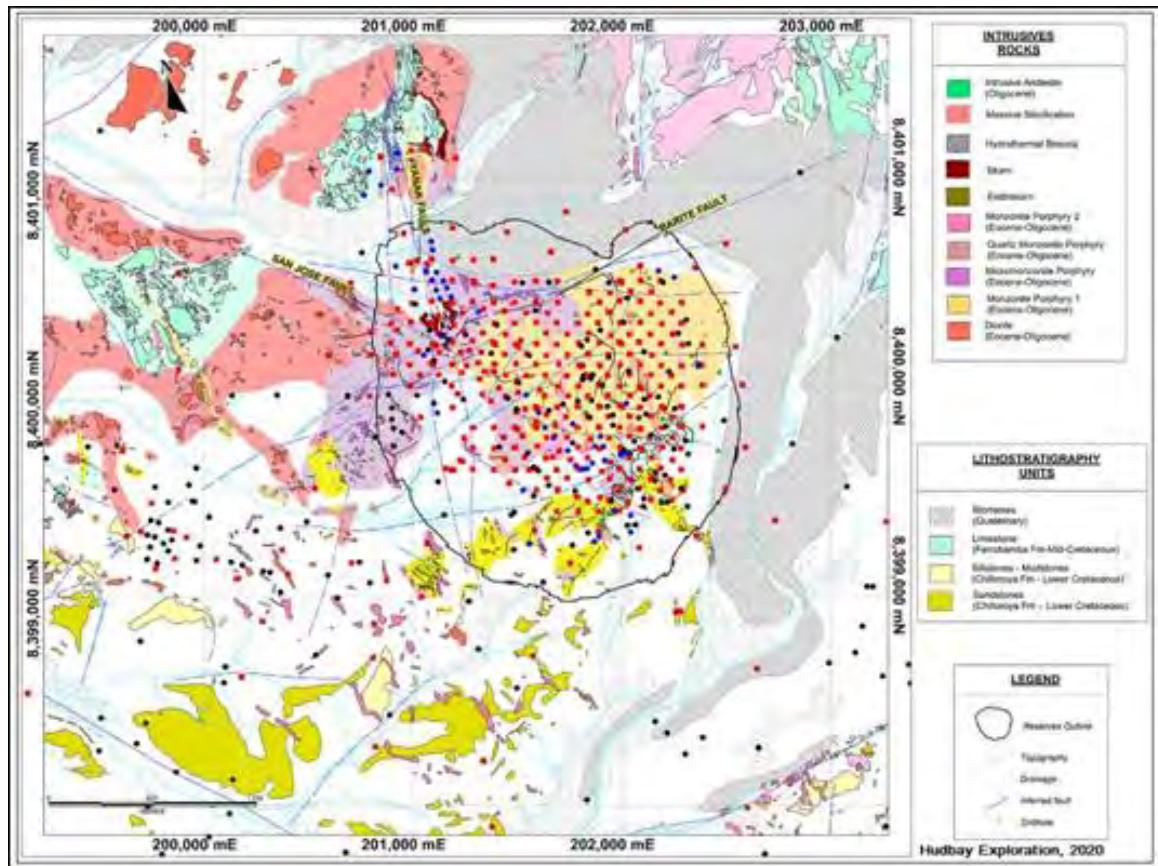
### **Estratigrafía**

La unidad estratigráfica más antigua identificada en el área del prospecto corresponde a sedimentos clásticos que forman parte de la Formación Chilloroya. Esta unidad está constituida por una secuencia de areniscas de grano medio que varían en color, pudiendo ser blancas, rojas, violetas o grises, acompañadas de intercalaciones de lutitas rojizas. Por encima de esta capa basal, se encuentran calizas masivas micríticas de color gris, con pequeñas intercalaciones de lutitas. Estas calizas afloran de forma dispersa en torno al prospecto y cerca de los contactos con rocas monzoníticas, donde a veces se presentan como techos colgantes.

**Figura 33.** Geología simplificada del área de Andahuaylas – Yauri



**Figura 34.** Mapa geológico del yacimiento Constancia.



*Nota.* Adaptado de *Geología del yacimiento* por HudbayMinerals, 2011, HUDBAY (<https://hudbayminerals.com/peru/default.aspx>).

La unidad estudiada corresponde a la Formación Arcurquina, conocida localmente como Formación Ferrobamba. En las zonas donde esta formación contacta con rocas intrusivas, estas últimas sufren alteraciones que las transforman en mármol o skarn, compuestos por minerales como piroxeno, diópsido, granato, magnetita y epidota, que pueden o no contener sulfuros. Estas calizas y skarns presentan una inclinación suave hacia el sureste, alejándose de la monzonita principal que se encuentra al sur de la zona mineralizada de Constancia. El espesor total del paquete sedimentario no ha sido aún definido.

Identificar el límite inferior de esta unidad caliza es crucial en Constancia, ya que este contacto parece coincidir con un horizonte de skarn favorable, similar a lo que se observa en la antigua mina Tintaya y otras áreas de la región. Este contacto podría estar presente en profundidad hacia el sur y este del área actualmente perforada, salvo que haya sido invadido por monzonita.

Los sedimentos clásticos subyacentes, asociados a la Formación Murco y posiblemente a las capas superiores de la Formación Hualhuani (también llamada localmente Formación Soraya), consisten en areniscas y limolitas con capas ocasionales de calizas y cuarcitas, y albergan mineralización de cobre en diversos sistemas dentro del cinturón mineral. Por ejemplo, en el yacimiento quechua de Mitsui, cercano a Tintaya, y en el depósito de pórfido de cobre de Antillas, cerca de Antabamba al norte de Constancia, estas rocas actúan como principales anfitriones de la mineralización cuprífera. Un patrón similar se observa en Haquira, a 10 km al sur de Las Bambas, donde la mayor parte del recurso de óxido de cobre está contenida en los sedimentos de Murco.

En la zona de Constancia, estos sedimentos clásticos sobre todo los de la Formación Murco o Chilloroya, que alojan la mineralización de óxido de cobre en Haquira han sido identificados en el sector sur de la propiedad, cerca del pueblo de Chilloroya. Allí, exploraciones superficiales recientes han detectado indicios de mineralización de cobre, oro y molibdeno asociados a pórfidos vinculados a sedimentos y rocas alteradas. Una característica común de estos sedimentos es su color rojizo, resultado de la oxidación de la pirita diseminada que contienen.

Finalmente, en los márgenes norte y este del depósito de Constancia se extienden morrenas glaciares que cubren grandes áreas. Hacia el este, estas morrenas ocultan posibles

extensiones que podrían albergar mineralizaciones importantes de cobre, distribuidas a lo largo de amplias estructuras orientadas en dirección este-oeste.

### **Intrusiones**

La mayor parte de la superficie del prospecto está dominada por varias fases de monzonita y pórfido de monzonita, que también representan los principales tipos de roca identificados en las perforaciones realizadas hasta el momento. Se han identificado al menos cuatro fases principales de intrusión, siendo la segunda fase más antigua la que se encuentra vinculada con el evento mineralizador principal. Estas fases se enumeran de mayor a menor antigüedad de la siguiente manera:

**Diorita:** Aunque no forma parte del evento intrusivo vinculado a la mineralización, el Batolito Andahuaylas-Yauri constituye la base intrusiva o 'Sótano Intrusivo' del depósito Constancia.

**Monzonita Pórfido 1 (MP1):** Esta unidad se presenta en forma de un extenso stock rocoso en el cerro Constancia, extendiéndose hacia el oeste hasta la zona de San José. Es en esta unidad donde se concentra la mayor parte de la mineralización asociada al pórfido. Su característica principal es la abundancia de fenocristales de plagioclasa acompañados de hornblenda en forma de cristales alargados.

**Micro Pórfido Monzonita (MMP):** Esta formación se caracteriza por una textura de grano fino que incluye cristales de plagioclasa, biotita y magnetita distribuidos en una matriz de tonalidad gris clara. Este cuerpo rocoso aparece como un stock en la zona sur, aunque su mayor extensión está dirigida hacia el oeste del depósito, a detrás de la región de San José.

**Pórfido de Cuarzo Monzonita (QMP):** Esta unidad se manifiesta principalmente en forma de diques anchos que se extienden desde el norte hacia el sur y el norte-noroeste, con

bordes marcados y fríos, y una textura de grano fino. Presenta una abundancia de plagioclasa junto con cristales tabulares bien desarrollados de hornblenda que se observan como fenocristales incrustados en una matriz de tono verdoso. Estos diques, de orientación mayormente vertical, pueden alcanzar hasta 60 metros de ancho y no presentan mineralización asociada.

**Monzonita Pórfido 2 (MP2):** Este pórfido de monzonita aparece en forma de diques que se extienden entre las áreas de Constancia y San José. Se distingue por la presencia de numerosos fenocristales de plagioclasa con formas subredondeadas, inmersos en una matriz de color blanquecino que contiene cantidades limitadas de magnetita y biotita. Estos diques, que pueden alcanzar un ancho de hasta 150 metros, siguen una orientación norte-sur y presentan una inclinación marcada hacia el este.

**Andesita (AAN):** Este tipo de roca se caracteriza por una textura afanítica y un color gris oscuro, presentando fenocristales de plagioclasa y hornblenda. Se manifiesta principalmente en forma de cuerpos angostos con estructura de dique, y algunos de ellos se localizan cerca de las zonas de contacto con pórfidos de cuarzo monzonita.

### **Geología estructural**

La actividad estructural en Constancia, similar a lo que ocurre en la mayoría de los complejos de pórfido de cobre, ha tenido un papel fundamental en la preparación y localización de las alteraciones hidrotermales y de la mineralización de cobre, molibdeno, plata y oro, junto con la formación de skarn.

barita. Estas vetas han sido explotadas de manera artesanal a lo largo de toda la propiedad. Este sistema es claramente observable en los mapas magnéticos terrestres y regula características clave, como cambios topográficos y zonas con actividad tectónica, particularmente en la zona de San José.

Otro sistema estructural de relevancia se extiende en dirección norte-sur. Este sistema, aparentemente más reciente que el de barita, controla parte del depósito San José y la mayoría de las brechas silicificadas, algunas de ellas mineralizadas, en la zona. Comparte la misma orientación que los diques postminerales y posiblemente se generó como fracturas de tensión relacionadas con el sistema de barita.

Los sistemas principales de fracturas, tanto interminerales como postminerales, se encuentran al noreste del área del depósito. Destaca especialmente la "falla de barita", compuesta por múltiples fallas paralelas que contienen vetas con sulfuros de metales básicos y

Finalmente, el sistema estructural más joven está formado por un conjunto de fallas orientadas de norte-noroeste a sur-sureste, destacando la falla de Yanak. Estas fallas originan amplias áreas de roca fracturada y molida, algunas de las cuales exhiben elevados gradientes hidráulicos.

### **Geología de la propiedad Pampacancha.**

#### **Estratigrafía**

La unidad estratigráfica predominante en la zona de Pampacancha está constituida por un cuerpo masivo de caliza micrítica gris, perteneciente a la Formación Ferrobamba del Cretácico Superior.

#### **Intrusiones**

La secuencia sedimentaria mencionada previamente está atravesada por pórfido diorítico, que corresponde a la fase responsable de la formación del skarn de magnetita donde se encuentra la mineralización económica de cobre, oro y molibdeno. También hay otras rocas intrusivas presentes, que pueden atribuirse a los batolitos dioríticos del basamento del Oligoceno, los cuales no están mineralizados. Esta diorita es a su vez cortada por el pórfido diorítico mineralizante antes mencionado. Entre las fases intrusivas más recientes se encuentran intrusiones de monzonita intraminera, que generan pequeños aumentos locales en la concentración de cobre y oro, y que además interceptan localmente la mineralización de cobre y oro del skarn.

**Diorita (DIO):** Esta unidad se distingue por una textura fanerítica y está compuesta principalmente por una gran cantidad de fenocristales de plagioclasa, junto con hornblenda y biotita. Tanto la diorita como la caliza forman las rocas que alojan el depósito mineralizado.

**Pórfido de diorita (PDI):** Esta roca presenta una textura porfídica y contiene fenocristales de hornblenda junto con sulfuros diseminados como pirita, calcopirita y molibdenita, además de vetillas de cuarzo, todo ello inmerso en una matriz afanítica de tonalidad verde clara.

**Monzonita Pórfido 2(MP2):** En Pampacancha, esta roca aparece como un stock de lopolitos ubicado en el centro oeste de los depósitos que atraviesan toda la masa rocosa; se distingue por la presencia de feldespato potásico, fenocristales de plagioclasa, hornblenda, fenocristales de biotita y magnetita, todo ello dentro de una matriz afanítica de tonalidad gris medio.

### **Geología Estructural.**

La geología estructural de Pampacancha es un factor dominante para el emplazamiento de la mineralización de Porphyryskarn Cu-Mo y Au Veins. La ocurrencia de pórfido está asociada a un sistema de zona de falla y cizalla NE-SW que contiene tres lineamientos estructurales mineralizados componentes NE-SW, NW-SE y NNE-SSW.

### **Modificación Constancia.**

#### **Alteración Potásica**

El conjunto de alteraciones potásicas se caracteriza principalmente por feldespato potásico secundario y cantidades variables de biotita hidrotermal, la cual reemplaza minerales ferromagnesianos y la matriz original de la roca. Es común encontrar vetas de cuarzo, especialmente venillas identificadas como tipo “A” y “B”. La intensidad de esta alteración varía desde débil hasta fuerte. La magnetita hidrotermal se presenta tanto como diseminaciones como asociadas a vetillas tipo “A” en las zonas más profundas. También son frecuentes las venillas de anhidrita. Dentro de la zona afectada por la alteración potásica, la mineralización compuesta por calcopirita, bornita, molibdenita y pirita aparece en las venillas “A” y “B”, y también se encuentra reemplazando minerales ferromagnesianos o llenando fracturas.

La mineralización de cobre de alta ley, correspondiente a un estilo hipógeno, está alojada en un denso sistema de stockwork formado por las vetas tipo “A”, desarrolladas durante fases tempranas del pórfido. La proporción pirita/calcopirita suele ser baja, alrededor de 1:1 o 2:1. La molibdenita generalmente aumenta en concentración con la profundidad, asociándose con las venillas tipo “B”. La bornita aparece de manera esporádica, principalmente en niveles más profundos y ocasionalmente se encuentra vinculada a valores elevados de oro.

### **Alteración Propilítica**

La alteración propilítica representa una transición hacia la alteración potásica y se extiende a más de un kilómetro desde los contactos intrusivos del pórfido. El conjunto mineralógico característico de esta alteración incluye epidota, clorita, calcita, pirita y rodocrosita. Además, se observa la presencia subordinada de calcopirita, la cual rellena fracturas o reemplaza minerales máficos. Dentro del halo de alteraciones propilíticas, que puede extenderse hasta 3 kilómetros desde el sistema de pórfido de cobre, se distribuyen vetas y venillas de esfalerita y galena, que forman un halo alrededor de la mineralización de cobre y molibdeno.

### **Alteración Fílica**

La alteración física se manifiesta como un manto penetrante que envuelve y, en algunos casos, sobrepone la alteración potásica. Este tipo de alteraciones está asociado con la casi completa destrucción de las texturas de las rocas originales. El conjunto mineralógico que caracteriza esta alteración incluye sericita, cuarzo y pirita, con cantidades limitadas de calcopirita, además de la presencia ocasional de vetas y venillas denominadas "D".

### **Modificación Pampacancha**

#### **Alteración Skarn**

Grados de skarn de magnetita-calcopirita-pirita proximales progradados a skarn de granate y piroxenos menos mineralizados distales que están sobreimpresos localmente por skarn retrógrado con epidota.

#### **Alteración Potásica**

El pórfido diorita y la diorita muestran un conjunto de alteración potásica caracterizado principalmente por vetas de cuarzo con bordes de stockwork de feldespato potásico y biotita

secundaria hidrotermal que reemplaza a los minerales ferromagnesianos anteriores; la intensidad de las alteraciones es variable, de débil a fuerte, y el mejor desarrollo de alteración potásica se presenta en diorita profunda muy cercana al yacimiento.

### **Mineralización Constancia**

El depósito de Constancia es un sistema de pórfidos Cu-Mo-Ag que incluye mineralización tipo skarn que contiene cobre. Este tipo de mineralización es común en la faja metalogenética Yauri-Andahuaylas donde se han descrito, pero no explotado varios prospectos de pórfido Cu-Mo-Au.

Dentro del área del Proyecto Constancia se encuentran cinco asociaciones minerales distintas, a saber:

5. Mineralización hipógena de estilo pórfido que incluye un stockwork de vetas de cuarzo diseminado y mineralización de calcopirita-molibdenita controlada por fracturas en el intrusivo;
6. Mineralización de calcopirita hipógena, bornita rara, galena y esfalerita en skarns; digenita-covellita-calcocita supergénica (cobre nativo raro) alojada principalmente en rocas intrusivas que se encuentran debajo de la capa de lixiviación;
7. Transicional (mixto) que incluye sulfuros de cobre secundarios/calcopirita en la monzonita (superposición de 1 y 3, arriba); y
8. En esta zona aparece óxido de cobre generalmente cuprita y tenorita la cual está asociado a malachitechrysocolla y raramente azurita.

La mineralización en el depósito comprende principalmente la mineralización hipógena (Tipo 1), la cual constituye la mayor parte del cuerpo mineral. Por otro lado, la mineralización

tipo skarn (Tipo 2) tiene un volumen menor, pero generalmente presenta leyes más elevadas y suele encontrarse en la superficie o muy cerca de ella. En el contacto entre las rocas intrusivas y las calizas se forma un skarn compuesto por magnetita y granate, mientras que la asociación de piroxeno y diópsido (junto con granate y epidota) es más común en las areniscas calcáreas y en la Formación Chilloroya.

El enriquecimiento supergénico (Tipo 3) se localiza justo debajo y algunas veces como remanentes dentro de la cubierta lixiviada. Las leyes de cobre más altas en el pórfido de Constancia están generalmente ligadas a esta zona y al skarn. La zona de transición o mezcla (Tipo 4) corresponde a un área donde coexisten la mineralización supergénica e hipógena.

Además, dentro del área del proyecto se identifican dos zonas principales de mineralización tipo pórfido, conocidas como Constancia y San José. En Constancia, la mineralización se encuentra a mayor profundidad que en San José, donde ésta aflora en superficie. El área mineralizada se extiende aproximadamente 1.200 metros en dirección norte-sur y 800 metros en dirección este-oeste, ambas ubicadas actualmente dentro del Tajo Constancia. A lo largo de la falla de Yanak ubicada en la parte noroeste del tajo Constancia, en una perforación de exploración reciente, se han identificado cuerpos masivos a semi-masivos de magnetita skarn con mineralización de calcopirita de alta ley de Cu en el pie de la falla, la mineralización es relacionados con diques de pórfido mineralizados que también han mineralizado la roca huésped diorítica y generado estos cuerpos de skarn de alto grado.

### **Mineralización Pampacancha**

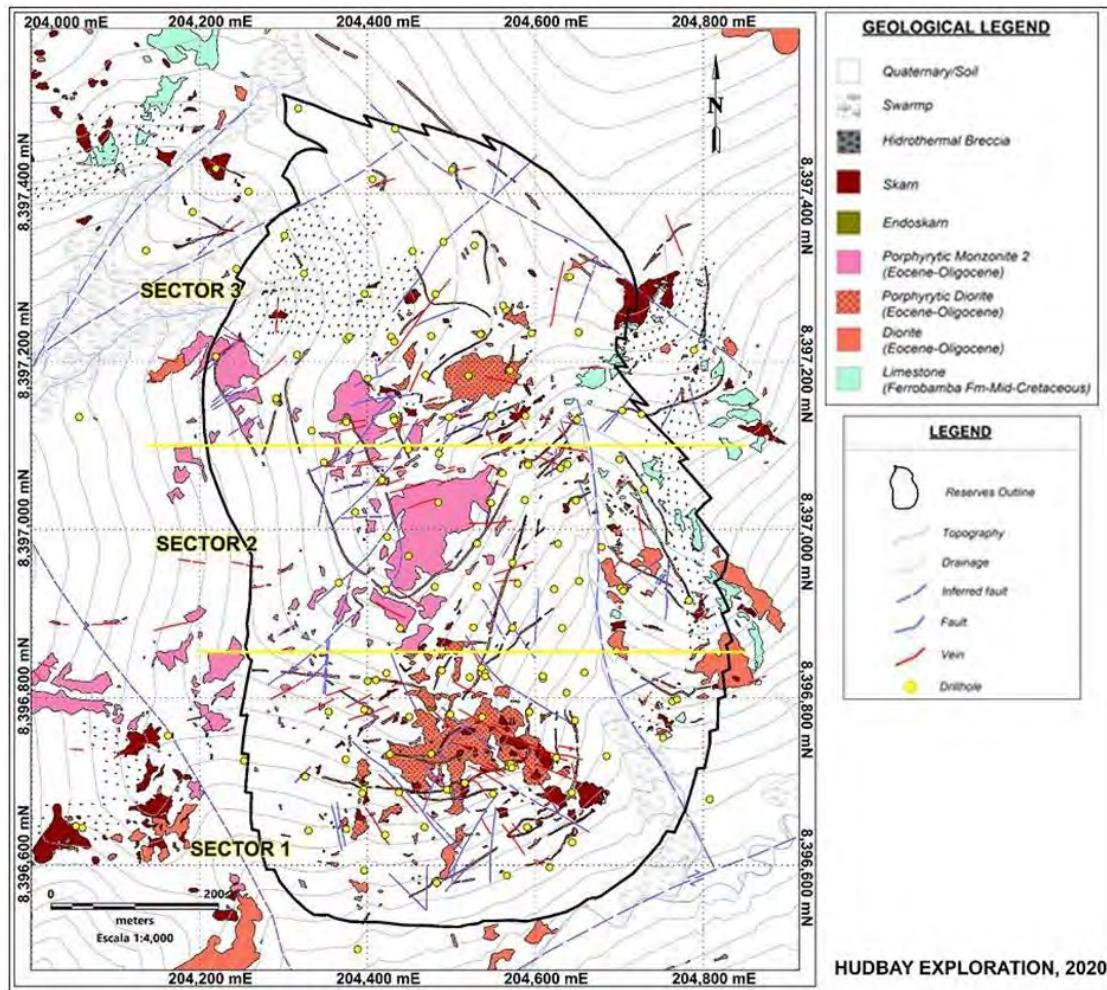
El cuerpo mineralizado de Pampacancha se ha dividido en tres sectores, según la litología y la mineralización.

El Sector 1 se caracteriza por el skarn de magnetita predominante sobre el skarn de cal-silicato. La mineralización en el sector se extiende desde la superficie hasta unos 200 m (profundidad real) con lentes ocasionales más profundos. El skarn está invadido por pórfido diorítico alterado potásico y diorita de grano fino a medio (que también presenta alteración potásica).

El Sector 2 está ubicado inmediatamente al norte del Sector 1 y se caracteriza por la presencia de una piedra caliza entre paréntesis entre dos capas principales de skarn, que se extienden verticalmente desde 70 ma unos 250 m. El segmento menos profundo del skarn muestra alternancias con capas delgadas de piedra caliza, todas interrumpidas por el emplazamiento de diques de pórfido de diorita y endoskarn.

El Sector 3 se extiende inmediatamente al NW del Sector 2 y tiene las mismas características que el Sector 2, con un cuerpo de piedra caliza intercalado entre dos capas de skarn, que se pellizcan hacia el norte, este y oeste.

**Figura 35. Geología del tajo Pampacancha.**



*Nota.* Adaptado de *Geología del yacimiento* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY (<https://hudbayminerals.com/peru/default.aspx>).

La mineralización epitermal del estilo Au + Cu de cuarzo-sulfuro de baja sulfuración explica las anomalías comunes de Au enriquecido supergénico, junto con otras características como la alteración hidrotermal y las vetas típicas de los entornos cercanos al pórfido.

### Exploración

La exploración de cobre y oro en el área de Constancia se remonta a principios de la década de 1990. El prospecto San José (ahora parte de la mina Constancia) fue explorado por

Mitsui durante la década de 1980 con un enfoque en la delineación de mineral de alta ley susceptible de ser procesado en la instalación de Katanga. La exploración consistió en mapeo detallado, muestreo de suelo (1949 muestras), muestreo de roca por esquirla (1138 muestras), levantamientos magnéticos e IP del suelo con varias campañas de perforación, principalmente ubicadas en los lados oeste y sur del prospecto.

Mitsui completó 24 sondajes (4.190,5 m) y Minera Katanga completó 24 sondajes poco profundos y poco espaciados en San José (1.239,8 m). A través de un programa de prospección llevado a cabo en 1995, se cartografió un área de 1,4 km x 0,7 km (Constancia principal) con mineralización de estilo pórfito y se determinó que estaba abierta en varias direcciones.

Rio Tinto llevó a cabo exploraciones en el área de Constancia entre 2003 y 2004, incluido el mapeo geológico, muestreo de fragmentos de rocas y suelos, y geofísica de superficie (magnética; 20,3 líneas-km e IP 12 líneas-km). Rio Tinto completó 24 pozos de perforación diamantina por un total de 7.484,15 m. Las actividades de exploración de Norsemont entre 2007 y 2011 en el distrito incluyeron el mapeo de 11,444 hectáreas en el Proyecto Constancia en varias escalas, incluyendo 1:1,000, 1:2,000 y 1:5,000. De esto, 8,905 hectáreas fueron asignadas a las concesiones mineras de Hudbay, que representan el 39 % de los derechos mineros de Hudbay en el área. Además, durante este período se recolectaron 2.595 muestras de rocas y 41 muestras de sedimentos de arroyos. Los levantamientos terrestres magnéticos e IP cubren todas las áreas de las concesiones de Hudbay (magnético; 281 líneas-km e IP 319,6 líneas-km). Entre 2005 y 2010, Norsemont perforó 153 556 m para relleno, expropiación, metalúrgico, geotécnico, hidrogeológico y de exploración, perforados mediante extracción de núcleo y circulación inversa.

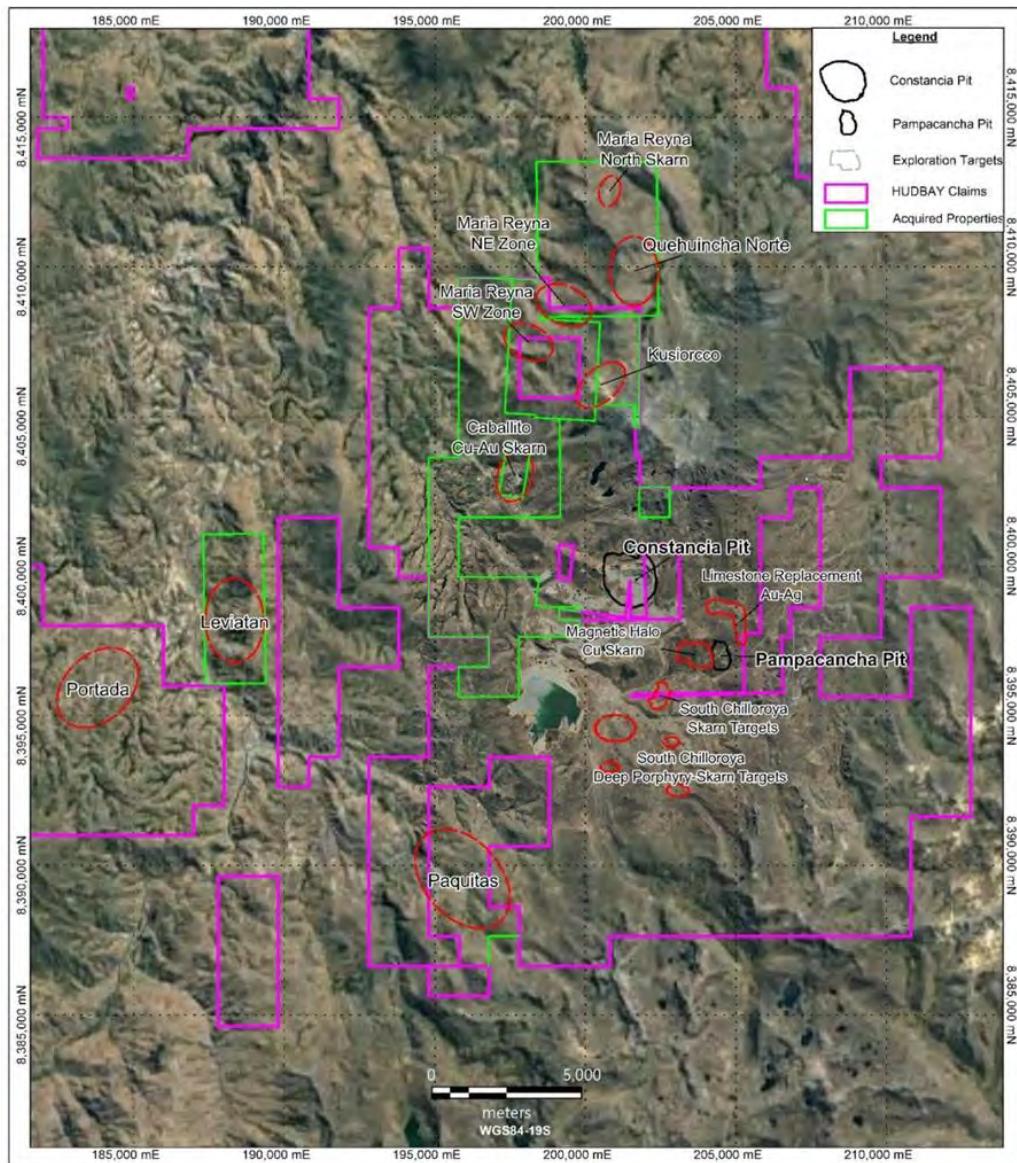
Luego de la adquisición del Proyecto Constancia en marzo de 2011, las actividades de exploración de Hudbay se concentraron en delinear el “nuevo” depósito de Pampacancha y comprender el potencial de exploración del distrito. Desde la adquisición, Hudbay ha completado más de 45 000 m de perforación para definición de recursos, condenación, perforación metalúrgica, geotécnica, hidrogeológica y de exploración. Estos pozos fueron perforados por núcleo y circulación inversa. De 2012 a 2014, Hudbay también continuó la exploración a través del mapeo de 10,703 hectáreas a escala 1:5,000 y la recolección de 756 muestras de rocas y 124 muestras de sedimentos de arroyos.

Del 2019 al 2020 se desarrollaron actividades exploratorias adicionales al noroeste de Constancia, entre el límite noroeste del tajo y el área conocida como Yanajaja, esto luego de una revisión e interpretación de los resultados obtenidos en las exploraciones iniciales, mapeo detallado a escala 1: 2.000 en 185 Ha y se perforaron 8.112,30 metros en 24 pozos.

El autor opina que las metodologías de muestreo y la frecuencia de perforación son suficientes y que son representativas de la geología y los depósitos descritos.

Además de los prospectos Constancia y Pampacancha, se han identificado otros objetivos periféricos mediante prospección, mapeo, toma de muestras y geofísica, incluyendo IP convencional y Titán 24 (38,4 km que cubren 8 líneas, que se completó en 2011). La siguiente Figura muestra una vista general de los objetivos actuales del distrito de Constancia.

**Figura 36.** Potencial de exploración en las cercanías de la mina Constancia.



Nota. Adaptado de *prospectos geológicos* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY

(<https://hudbayminerals.com/peru/default.aspx>).

En enero de 2018, Hudbay anunció la celebración de los siguientes acuerdos para adquirir propiedades mineras en el sur de Perú cerca de su mina Constancia (Figura 9-1): (i) un

acuerdo de opción con un consorcio privado peruano para obtener una participación del 100 % en la las propiedades mineras Caballito (antes Katanga) y María Reyna; y (ii) un acuerdo para adquirir de Panoro Minerals Ltd. el 100% de las propiedades mineras de Kusiorcco.

### **Caballito**

La propiedad Caballito, ubicada aproximadamente a tres kilómetros al noroeste de Constancia, es un bloque de concesión de 120 hectáreas (297 acres) y es el sitio de la antigua mina Katanga, que fue operada por Mitsui Mining & Smelting Co., Ltd. y Minera Katanga. en diferentes momentos entre finales de la década de 1970 y principios de la de 1990. El depósito de Caballito consiste en cuerpos de skarn angostos desarrollados en el contacto entre pórfidos de caliza y monzonita con mineralización de cobre, plata y oro en sulfuros hipógenos. Los datos confiables disponibles sobre esta área se limitan a mapas aeromagnéticos y radiométricos.

### **Maria Reyna**

La propiedad María Reyna, ubicada a diez kilómetros de Constancia, es un bloque de concesión de 5.850 hectáreas (14.456 acres). En 2010, la perforación diamantina realizada por un titular de opción anterior de la propiedad María Reyna, interceptó skarn de cobre, brechas y mineralización de pórfido. También se realizaron estudios geofísicos y mapeo geológico en la propiedad y Hudbay cree que el área sigue siendo muy prospectiva para descubrimientos adicionales.

En la siguiente Tabla se incluye un resumen de los resultados históricos de perforación de María Reyna; sin embargo, una persona calificada no ha verificado de forma independiente estos datos históricos o el programa de garantía y control de calidad que se aplicó durante la ejecución de este programa de perforación para Hudbay y , como tal, Hudbay advierte que los inversores no deben confiar en esta información.

### **Quehuincha Norte**

El objetivo Quehuincha Norte está ubicado a 11 kilómetros al norte de la mina Constancia ya 3 kilómetros del área de Kusiorcco, dentro de este bloque de concesiones, fue identificado por el equipo de exploración de Hudbay. Esta área coincide con la zona de anomalía aeromagnética y radiométrica identificada en 2014.

Se completó el mapeo geológico detallado a escala 1:2,000, se recolectaron 471 muestras de rocas para análisis geoquímicos, se mapeó área de skarn progrado marrón-verde granate en contacto de diorita porfídica con caliza de la Formación Ferrobamba con una extensión de 2 km, la mineralización es óxidos de cobre, calcopirita en vetillas y estructuras de cuarzo-sulfuros, esta zona tiene trabajadores mineros activos a lo largo del área de skarn, se mapeó un área de 500 x 500 metros de pórfido de diorita con intenso trabajo de stock con vetillas de cuarzo y cuarzomagnetita.

Los datos geofísicos incluyen 56 kilómetros de levantamiento magnético terrestre y 26,8 kilómetros de levantamiento IP en 13 líneas, las secciones de cargabilidad muestran anomalías IP en el oeste a lo largo del afloramiento de skarn.

Se han obtenido todos los permisos y el proyecto está listo para perforar.

### **Kusiorcco**

La propiedad Kusiorcco se encuentra a siete kilómetros de Constancia y está cerca de las propiedades Caballito y María Reyna. Consta de 10 concesiones que suman 3.962 ha y alberga un gran intrusivo de pórfido dacídico mineralizado que muestra la presencia de alteración de cuarzo-sericita, stockwork de cuarzo y un casquete lixiviado. Los datos geofísicos incluyen 24 kilómetros de estudio magnético terrestre y 3 líneas IP que muestran una

polarización inducida coincidente de 1 km por 2 km y anomalías de resistividad que superponen una zona de alteración de 300 m por 500 m.

El trabajo de permisos y relaciones comunitarias está en curso para apoyar el trabajo de exploración en las propiedades Caballito, María Reyna y Kusiorcco.

**Tabla 18. Resultados de drill holes correspondientes a la propiedad María Reyna**

Vale Drill Intersections at 0.2% CuEq <sup>1</sup> Cut-off							
Hole ID	From (m)	To (m)	Ag (ppm)	Cu (%)	Mo (ppm)	CuEq %	Interval (m)
DH-001	206	256	1.5	0.20	113	0.27	50
DH-002	0	136	4.1	0.52	78	0.61	136
DH-003	226	256	1.7	0.24	122	0.31	30
	460	480	0.3	0.19	62	0.22	20
DH-004	10	240	3.0	0.26	124	0.35	230
	336	486	1.5	0.18	147	0.27	150
	502	522	0.8	0.19	87	0.24	20
DH-005	10	76	4.8	0.63	122	0.74	66
DH-006	0	114	4.0	0.32	112	0.41	114
DH-007	0	106	2.5	0.39	267	0.55	106
	176	216	1.7	0.25	280	0.41	40
	232	310	1.0	0.17	272	0.31	78
DH-008	256	394	1.4	0.28	130	0.36	138
	432	519.85	1.7	0.23	209	0.36	87.85
DH-009	18	90	1.7	0.28	335	0.47	72
	110	172	0.7	0.14	184	0.24	62
	196	256	0.9	0.18	106	0.24	60
DH-010	262	314	1.7	0.30	204	0.42	52
	344	406	2.1	0.34	641	0.68	62
DH-011	18	178	2.9	0.50	998	1.03	160
	374	406	1.1	0.14	175	0.24	32

Note: The intersections represent core length and are not representative of the width of the possible mineralised zone.  
Note: For additional information, including drill hole locations and the data verification and quality assurance / quality control carried out by the prior owner, please refer to Management's Discussion and Analysis for Indico Resources Ltd. ("Indico") for the year ended May 31, 2014, as filed by Indico on SEDAR on September 29, 2014.

<sup>1</sup>Intervals were calculated with maximum of 10m of 0.1% CuEq internal dilution, 0.2% CuEq edge grade, minimum length of 15m. For CuEq calculations the following variables were used: \$3.00/lb Cu, \$15.00/lb Mo, \$21.00/oz Ag; no allowances for metallurgical recoveries were made.

Nota. Adaptado de *prospectos geológicos* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY (<https://hudbayminerals.com/peru/default.aspx>).

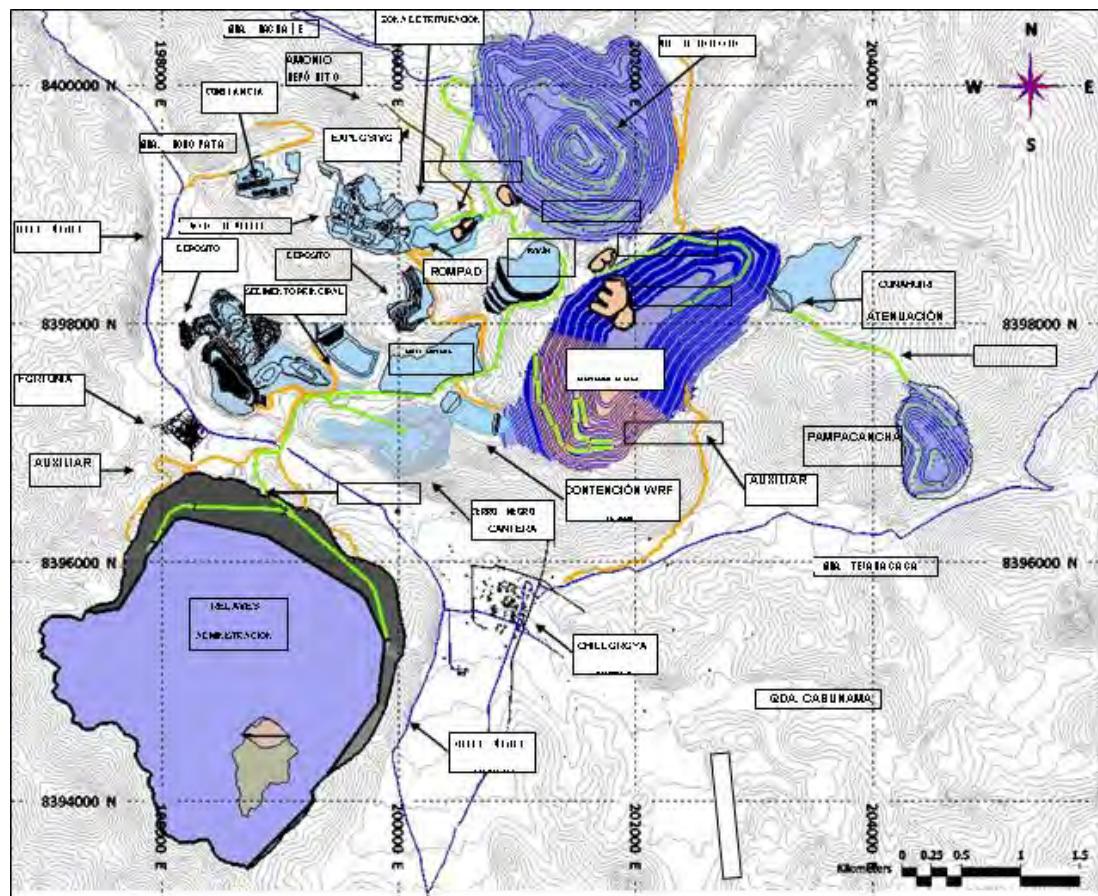
## Locaciones Unidad Minera.

### Descripción Fases de la Mina.

Constancia es una mina de extracción a cielo abierto que utiliza camiones y palas tradicionales para sus operaciones. El tamaño proyectado para el tajo final de Constancia será de aproximadamente 1,6 kilómetros en dirección este-oeste, 1,7 kilómetros en dirección norte-sur, y tendrá una profundidad máxima cercana a los 705 metros. Por su parte, el tajo final de Pampacancha está diseñado para medir alrededor de 0,6 kilómetros de este a oeste, 1 kilómetro de norte a sur, y alcanzar una profundidad máxima cercana a los 300 metros. Ambos depósitos compartirán una instalación principal de desmonte (WRF) ubicada al sur y este del tajo Constancia.

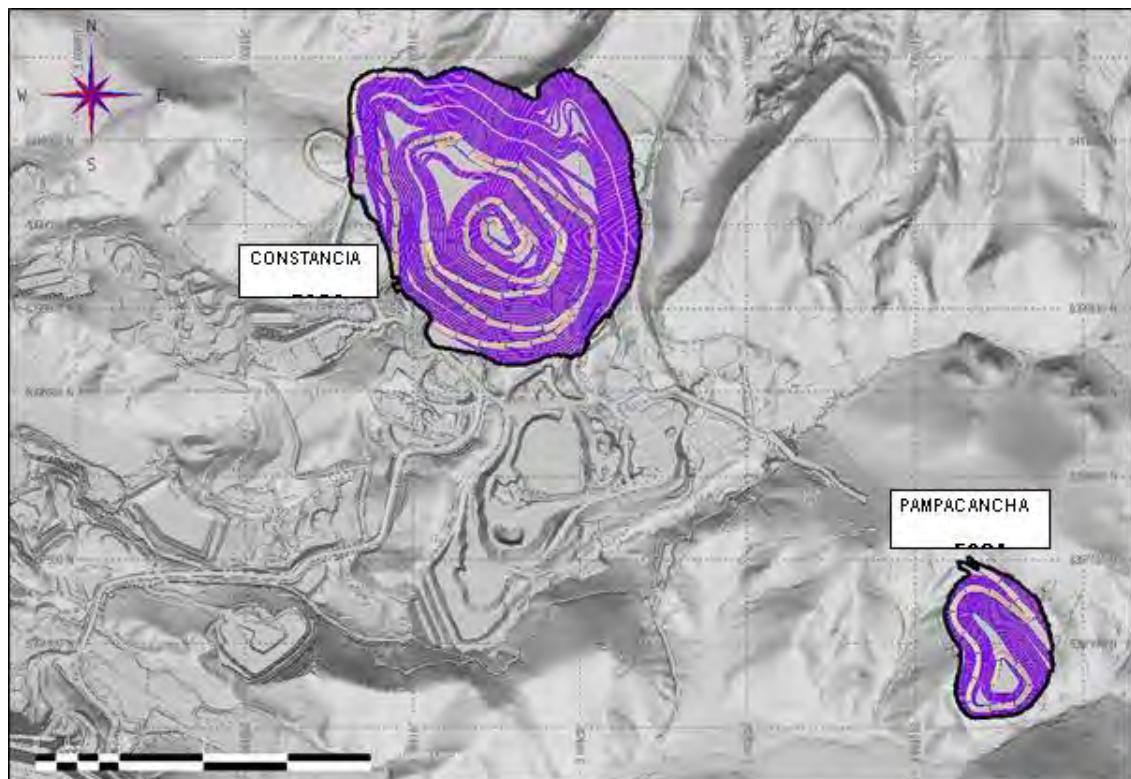
La planta de procesamiento se encuentra a aproximadamente un kilómetro al oeste del tajo Constancia. La roca estéril No Ácida (NAG) se deposita en el área al sur del tajo Constancia, mientras que la instalación para el manejo de relaves (TMF) está situada a unos 3,5 kilómetros hacia el suroeste del tajo. En la figura adjunta se puede observar el diseño general de las

instalaciones en el sitio de operaciones de Constancia. **Figura 37.** *Diseño de sitio y componentes de la mina constancia.*



*Nota.* Adaptado de *prospectos geológicos* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY (<https://hudbayminerals.com/peru/default.aspx>).

**Figura 38.** Desarrollo de pit final tajos Constancia y Pampacancha.

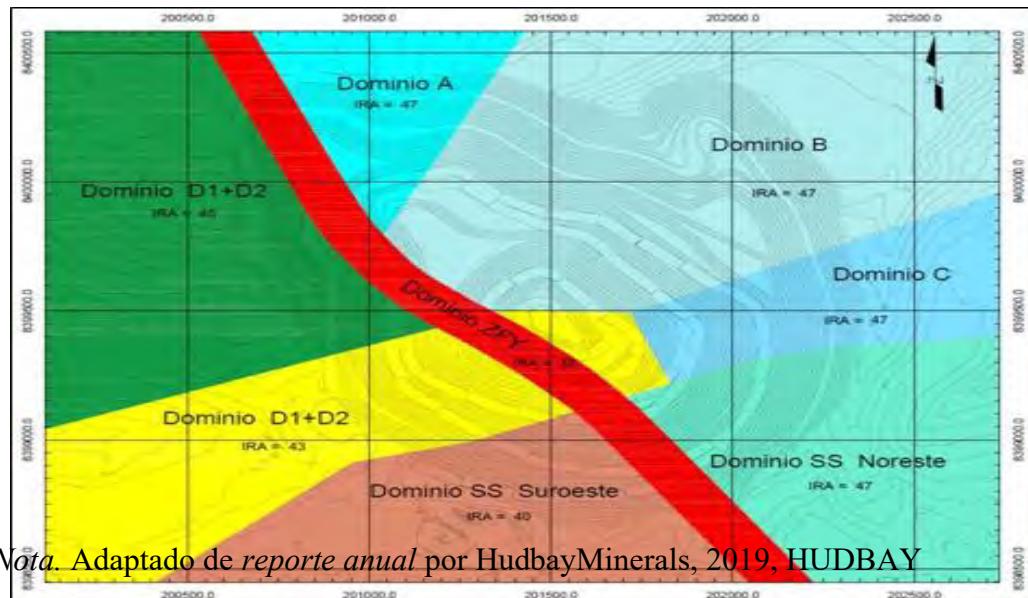


Nota. Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY  
([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

#### Dominio Estructural.

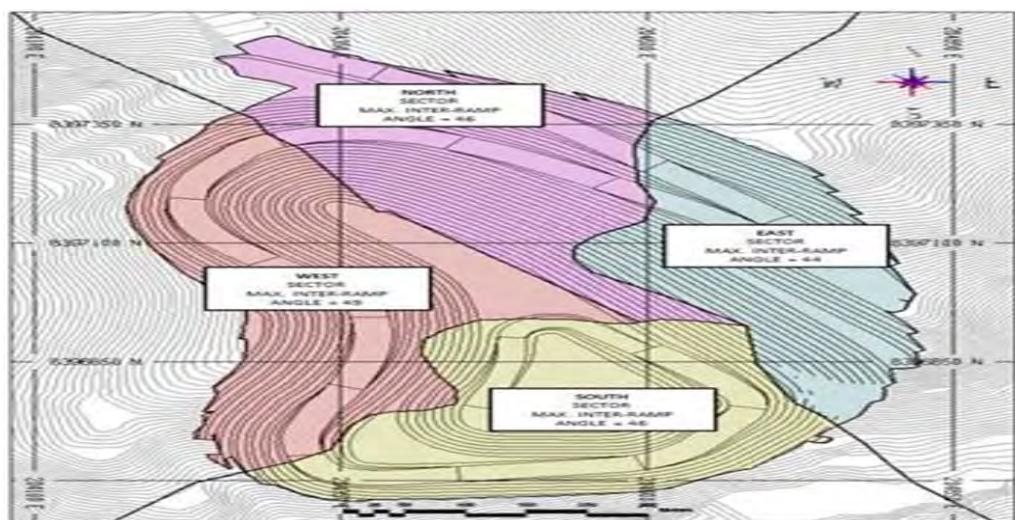
Los ángulos de pendiente del tajo utilizados para la optimización del tajo para Constancia y Pampacancha se basan en estudios de ingeniería realizados en niveles de ingeniería de prefactibilidad o factibilidad. El diseño del talud del tajo fue actualizado por Golder en diciembre de 2019 para Constancia y diseñado por TWP/Itasca en agosto de 2013 para Pampacancha. Las siguientes figuras y tablas presentan los parámetros de diseño para Constancia.

**Figura 39.** Dominio estructural del tajo Constancia.



([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

**Figura 40.** Sectores para definición de talud del tajo Pampacancha.



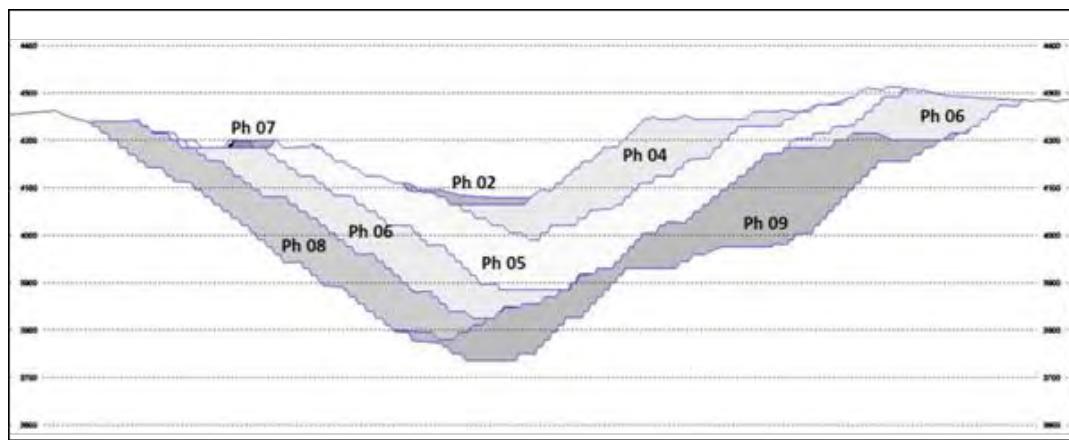
*Nota. Adaptado de reporte anual por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY*

([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

## Fases De La Mina Y Ultimate Pit

La secuencia de extracción está definida por nueve fases mineras en Constancia y dos fases mineras en Pampacancha. Paralelamente, se planean siete retrocesos para fines de exposición de minerales y secuenciación óptima en Constancia con un retroceso para fines de construcción y desechos. La estrategia de desarrollo de fase consiste en extraer las leyes de metal más altas junto con proporciones mínimas de desbroce durante los años iniciales para maximizar los beneficios económicos al tiempo que permite transiciones suaves en el desmonte a lo largo de la vida útil de la mina para garantizar una exposición suficiente del mineral. La ley de corte NSR para reportar Reservas Minerales ha sido definida en un corte de 6.14 \$/t tanto para Constancia como para Pampacancha. El material marginal se trata como desecho. La secuencia de extracción por fase se ilustra para Constancia en la Figura y para Pampacancha en la siguiente figura.

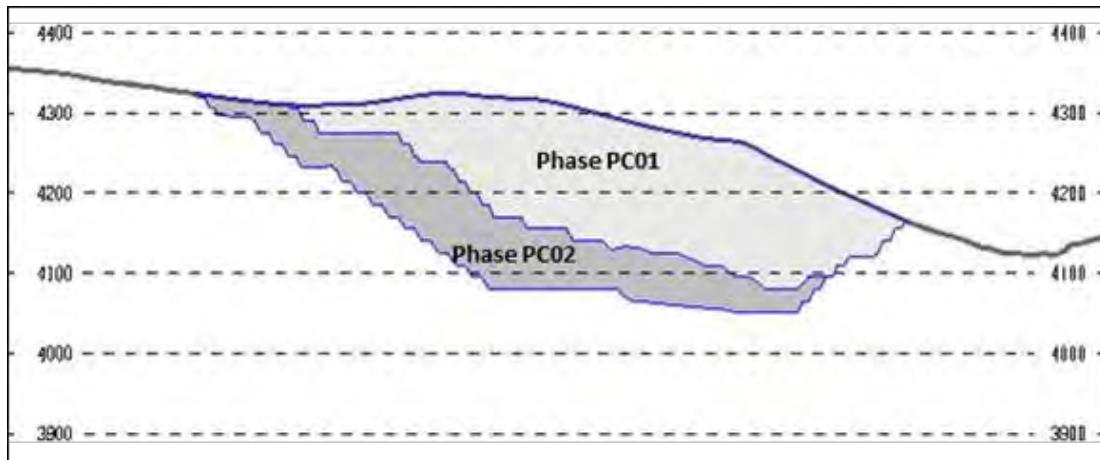
**Figura 41. Diseño de fases de minado tajo Constancia, vista SN**



*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY

([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

**Figura 42.** Diseño de fases de minado tajo Pampacancha, vista SN



*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY  
[\(https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm\).](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)

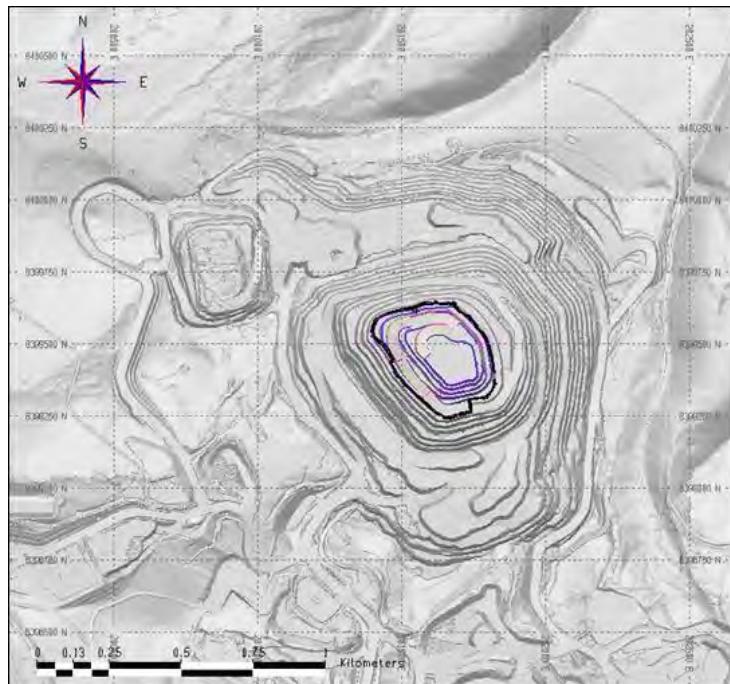
### **Constancia – Mina Fase 1**

La Fase 1 de la mina se completó en 2018 y no se analiza en este Informe técnico, ya que no afecta la secuencia futura de extracción.

### **Constancia - Mina Fase 2**

La Fase 2, explotada desde 2015, evaluada por la metodología Lerchs-Grossman definido por un precio de \$0.60/lb Cu (20% del caso de sensibilidad al precio del metal base). Este tajo está ubicado a unos 2.000 metros al este de la trituradora primaria y tiene una elevación de 4.440 a 4.035 msnm. Las fases tenían aproximadamente 1.100 metros de ancho este-oeste y 1.170 metros norte-sur. Esta fase en realidad se está completando. Los restos de la Fase 2 producirán alrededor de 1,1 millones de toneladas de mineral con una relación de extracción de 0,38:1. La Figura presenta la Fase 2.

**Figura 43. Fase 02 del Tajo Constancia.**



*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY  
[\(https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm\).](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)

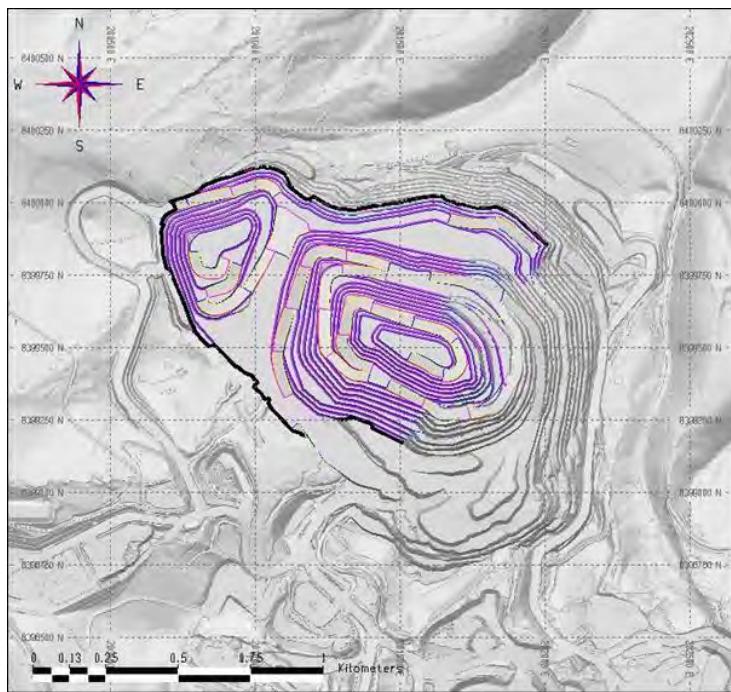
### **Constancia - Mina Fase 3**

La Fase 3 de la mina se completó en 2017 y no se analiza en este estudio ya que no afecta la secuencia futura de extracción.

### **Constancia - Mina Fase 4**

La Fase 4, explotada desde 2018, evaluada por la metodología Lerchs-Grossman definido por un precio de \$1.20/lb Cu (40% del caso de sensibilidad al precio del metal base). Este pozo tiene una elevación de 4410 a 3990 msnm. La fase tiene aproximadamente 1.400 metros de ancho este-oeste y 1.250 metros norte-sur. La fase 4 producirá aproximadamente 53,8 millones de toneladas de mineral con una relación de extracción de 0,52:1 (toneladas de desecho por tonelada de mineral total). En la Figura se muestra una ilustración del tajo de la Fase 4.

**Figura 44. Fase 04 del tajo Constancia**

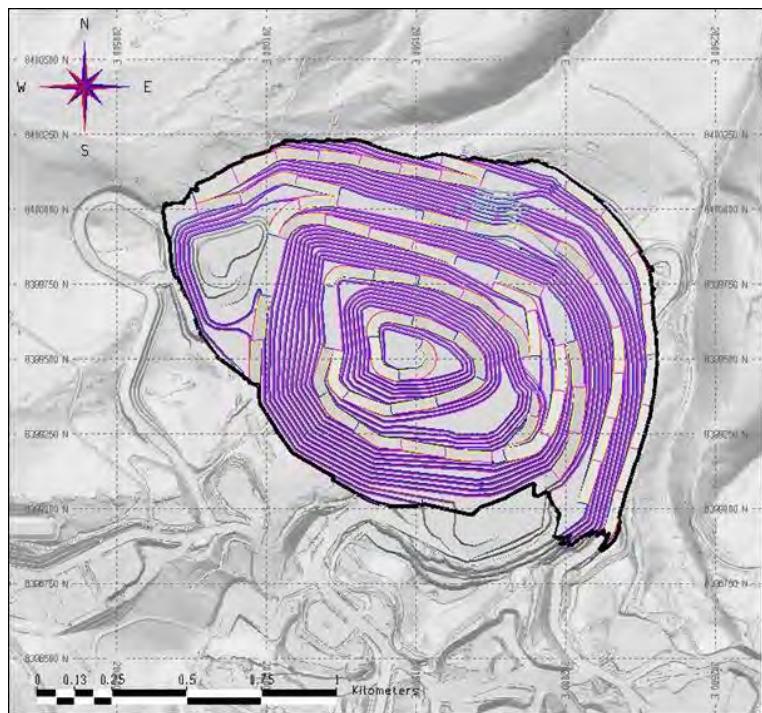


*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY ([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

### **Constancia - Mina Fase 5**

La minería en la Fase 5 comienza en 2020, evaluada por la metodología Lerchs-Grossman definido por un precio de \$1,38/lb Cu (46% del caso de sensibilidad al precio del metal base). Este tajo tendrá una elevación de 4,440 a 3,885 msnm. La fase tiene aproximadamente 1.600 metros de ancho este-oeste y 1.300 metros norte-sur. La Fase 5 producirá alrededor de 140,3 millones de toneladas de mineral con una relación de extracción de 0,68:1 (toneladas de desecho por tonelada de mineral total). En la Figura se muestra una ilustración del pozo de la Fase 5.

**Figura 45. Fase 05 del tajo Constancia**



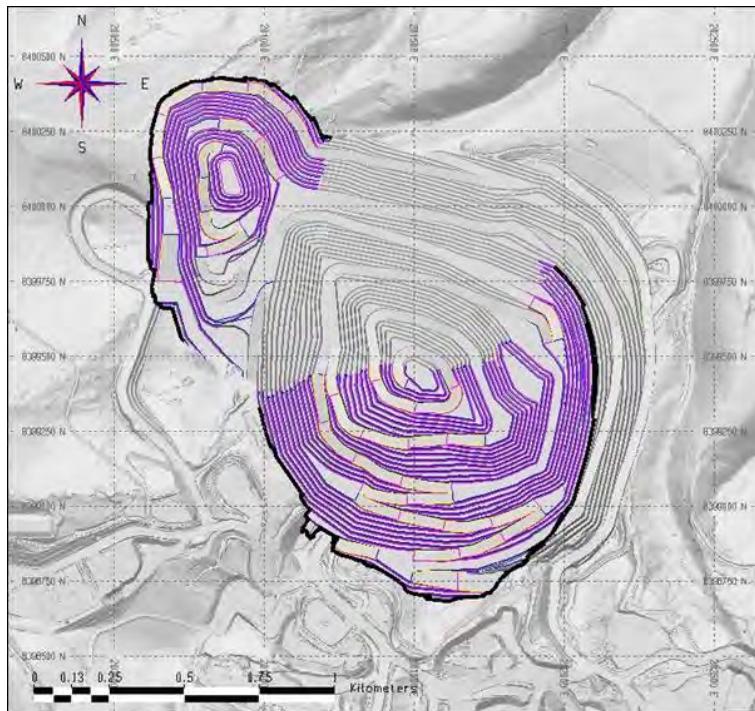
*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY

([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

### **Constancia - Mina Fase 6**

La minería en la Fase 6 comenzará en 2025 evaluada por la metodología Lerchs-Grossman definido por un precio de \$1,68/lb Cu (56% del caso de sensibilidad al precio del metal base). Este tajo tendrá una elevación de 4,320 a 3,825 msnm. La fase tiene aproximadamente 1.650 metros de ancho de este a oeste y 1.700 metros de norte a sur. La fase 6 producirá alrededor de 59,2 millones de toneladas de mineral con una relación de extracción de 1,66:1 (toneladas de desecho por tonelada de mineral total). En la Figura se muestra una ilustración del pozo de la Fase 6.

**Figura 46. Fase 06 del tajo Constancia**



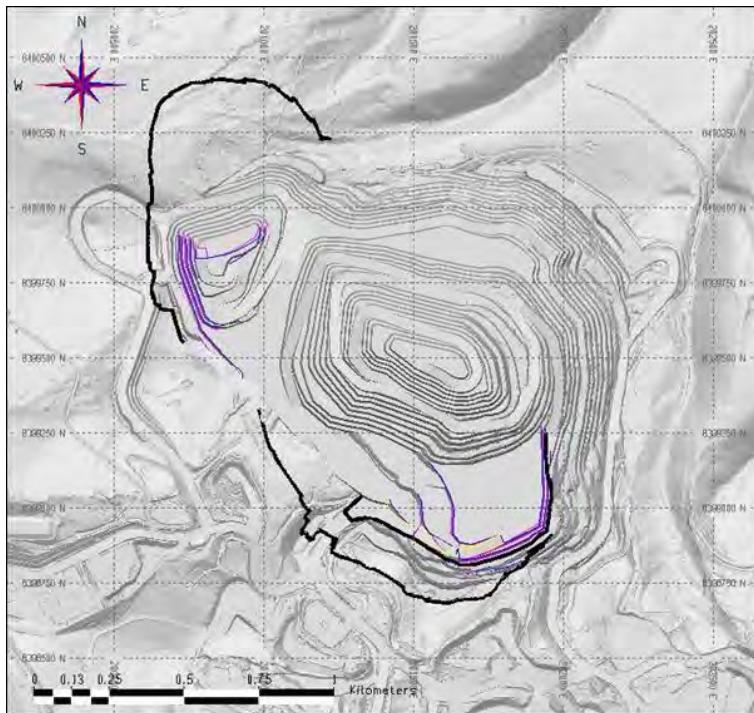
*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY

([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

### **Constancia - Mina Fase 7**

La fase 7 finalizará la extracción en 2021. El material de desecho de esta fase se utilizará principalmente para la instalación de gestión de relaves (TMF). La fase tiene aproximadamente 800 metros de ancho de este a oeste y 400 metros de norte a sur. Los restos de la Fase 7 producirán aproximadamente 0,8 millones de toneladas de residuos. En la Figura se muestra una ilustración del pozo de la Fase 7. La entrada al tajo se encuentra a 4.230 msnm.

**Figura 47. Fase 07 del tajo Constancia**

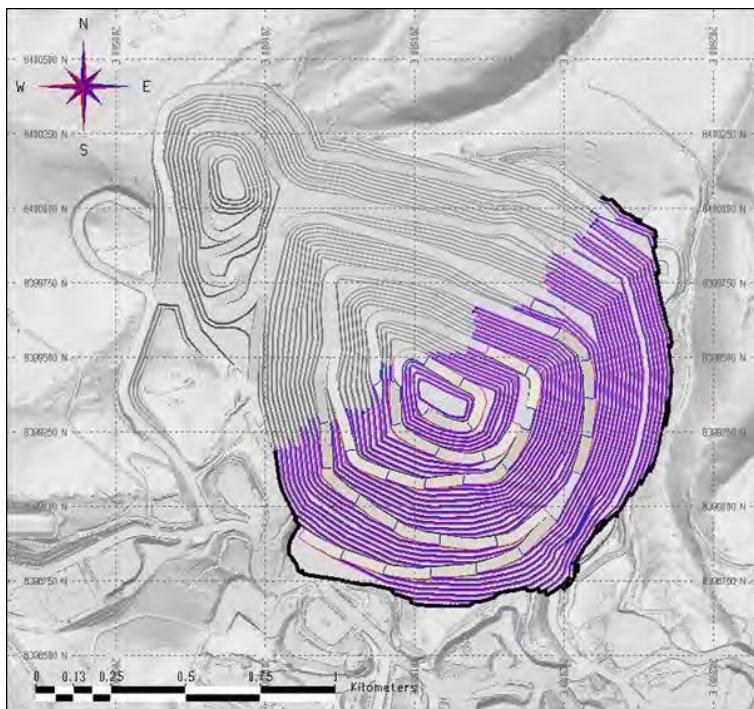


*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY ([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

### **Constancia - Mina Fase 8**

La minería en la Fase 8 comenzará en 2027 y corresponderá aproximadamente al tajo Lerchs-Grossman definido por un precio de \$1,92/lb Cu (64% del caso de sensibilidad al precio del metal base). Este tajo tendrá un rango de elevación de 4,410 a 3780 msnm. La fase tiene aproximadamente 1.300 metros de ancho este-oeste y 1.300 metros norte-sur. La fase 8 generará alrededor de 50,7 millones de toneladas de mineral con una relación de extracción de 2,24:1 (toneladas de desecho por tonelada de mineral total). En la Figura se presenta una ilustración del tajo de la Fase 8.

**Figura 48.** Fase 08 del tajo Constancia



*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY

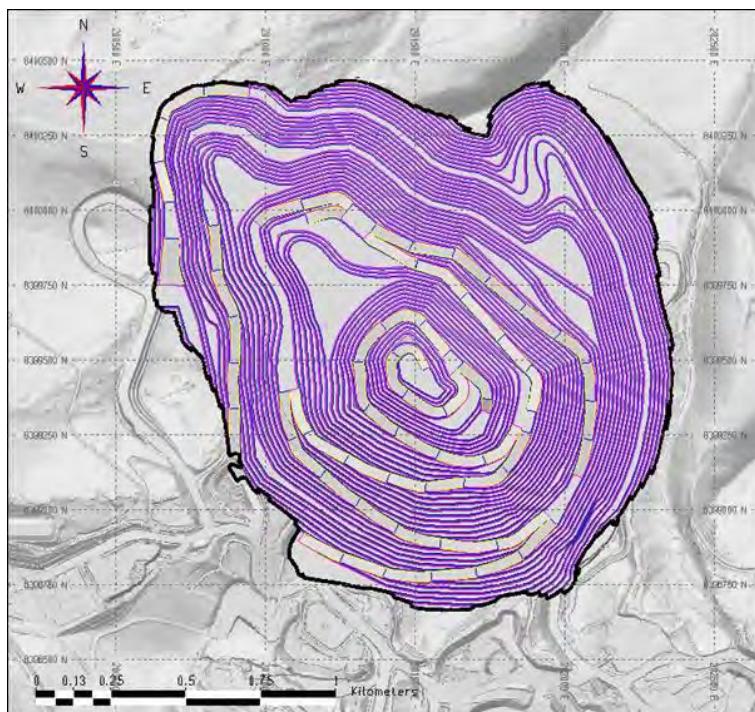
([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

Constancia - Mina Fase 9

Minando el retroceso final, la Fase 9 comenzará en 2028 y corresponderá aproximadamente es evaluado por la metodología de Lerchs-Grossman definido por un precio de \$ 2.19 / lb Cu (73% del caso de sensibilidad del precio del metal base). La cota de este tajo oscilará entre los 4.440 y los 3.735 msnm. La fase tiene aproximadamente 1.500 metros de ancho este-oeste y 1.400 metros norte-sur. La Fase 9 producirá alrededor de 180,6 millones de toneladas de mineral con una relación de extracción de 0,84:1 (toneladas de desecho por tonelada de mineral total). En la Figura se muestra una ilustración del tajo de la Fase 9.

### Pozo De Constancia Fase 9

**Figura 49.** Fase 09 del tajo Constancia.

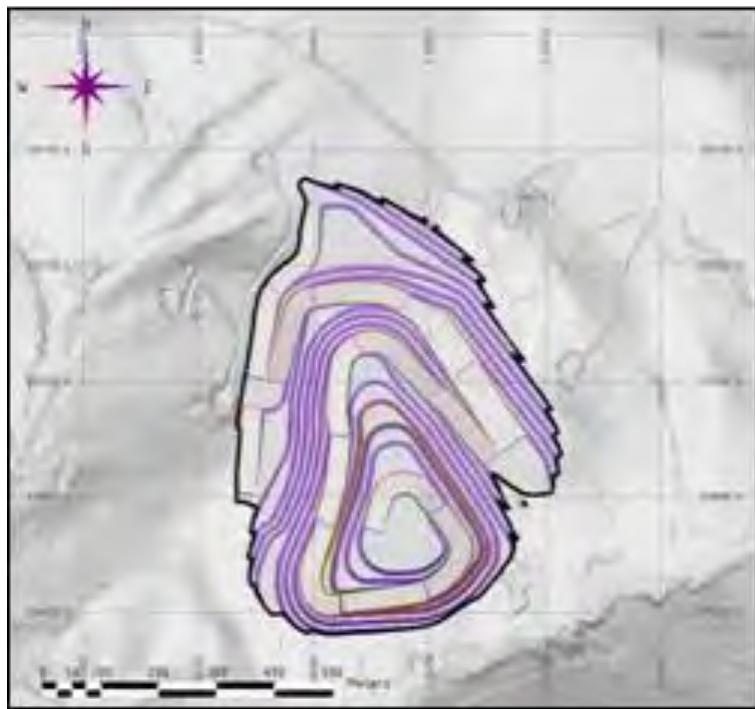


*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY  
[\(https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm\).](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)

### Pampacancha - Mina Fase 1

La minería en la Fase 1 comenzó en 2021 y fue evaluado con la metodología de Lerchs-Grossman definido por un precio de \$0.24/lb Cu (24% del caso de sensibilidad del precio del metal base). Este tajo se encuentra a unos 5.700 metros al este de la trituradora primaria, y la elevación oscila entre los 4.320 y los 4.080 msnm. La fase tiene aproximadamente 570 metros de ancho este-oeste y 800 metros norte-sur. La fase PC01 producirá alrededor de 23,4 millones de toneladas de mineral con una relación de extracción de 1,71:1 (toneladas de desecho por tonelada de mineral total). En la Figura se muestra una ilustración del pozo de la Fase 1.

**Figura 50.** Fase 01 del Tajo Pampacancha



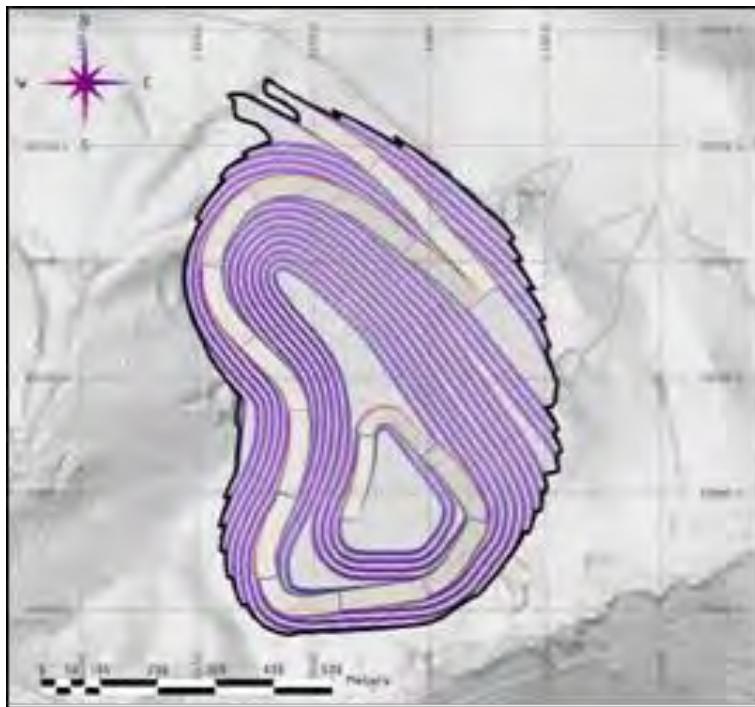
*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY

([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

### Pampacancha - Mina Fase 2

La extracción del empuje final durante la Fase 2 comenzará en 2023 y corresponderá aproximadamente al tajo Lerchs- Grossman definido por un precio de \$ 2.55 / lb Cu (85% del caso de sensibilidad del precio del metal base). Esta fase tendrá un rango de elevación de 4,350 a 4,050 msnm. La fase tiene aproximadamente 650 metros de ancho este-oeste y 1000 metros norte-sur. La Fase 2 producirá alrededor de 16,5 millones de toneladas de mineral con una relación de extracción de 2,44:1 (toneladas de desecho por tonelada de mineral total). En la Figura se muestra una ilustración del tajo de la Fase 2.

**Figura 51.** Fase 02 del tajo Pampacancha



*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY

([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

Las reservas totales de mineral incluidas en los dos tajos finales se estiman en 532,5 millones de toneladas y 569,4 millones de toneladas de material de desecho. Aproximadamente 6,8 millones de toneladas de mineral de media y baja ley se transportaron a las pilas de almacenamiento temporales a fines de 2020. Este material se enviará a las pilas de almacenamiento y se recuperará de ellas durante la vida útil de la mina. Al final de la vida útil de la mina, el mineral de estas pilas de acopio será recuperado y procesado.

### **Plan de Mina.**

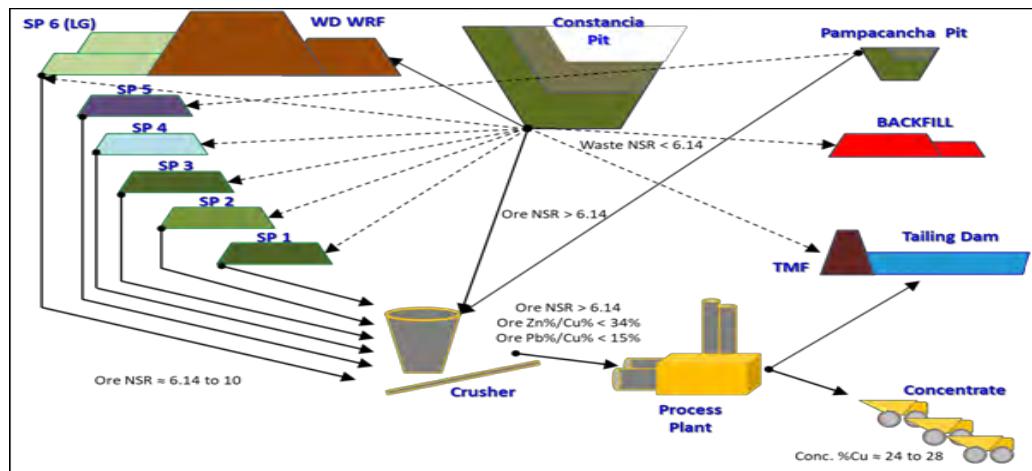
El plan de producción de la mina contempla remover 569.4 millones de toneladas de material de desmonte y extraer 532.5 millones de toneladas de mineral, provenientes tanto de los tajos como del almacenamiento en acopio. Esto resulta en una relación promedio de

desbroce (desecho/mineral) de 1.1. La tasa anual de extracción requerida es de 77.0 millones de toneladas por año durante los primeros 13 años, alcanzando un máximo de 81 millones de toneladas por año, para sostener una tasa nominal de alimentación al proceso de mineral de 31.3 millones de toneladas por año. Este valor se basa en un rendimiento variable según el tipo de mineral, con un rango de 90 a 94 mil toneladas por día y un 94% de disponibilidad operativa.

La programación de producción muestra una tendencia descendente en la ley de cobre promedio, comenzando con un 0.44% de Cu entre los años 2022 y 2024, período durante el cual Pampacancha alcanza su pico de producción. Posteriormente, la ley se reducirá al 0,34% de Cu de 2025 a 2029, priorizando la extracción de mineral de mayor ley en el tajo Constancia, para terminar con un 0,25% de Cu al final de la vida útil de la mina. La ley promedio a lo largo de toda la vida de la mina (LOM) es de 0.311% para cobre, 0.009% para molibdeno y 0.065 gramos por tonelada para oro.

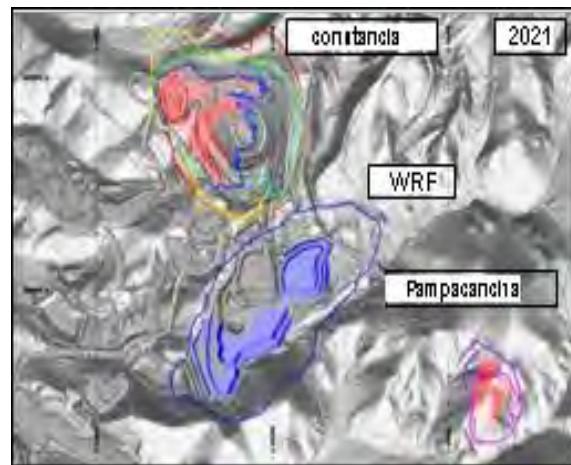
Además, el diagrama de flujo que representa la distribución de las operaciones en Constancia está ilustrado en una figura, mientras que una tabla muestra las distancias en kilómetros entre las diferentes fases de la mina y las instalaciones principales. Los cronogramas detallados para la vida útil del proyecto también están disponibles como se puede observar en la figura.

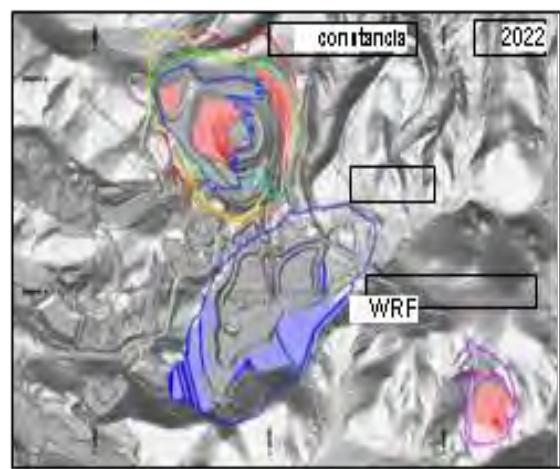
**Figura 52. Flujo orígenes y destinos**



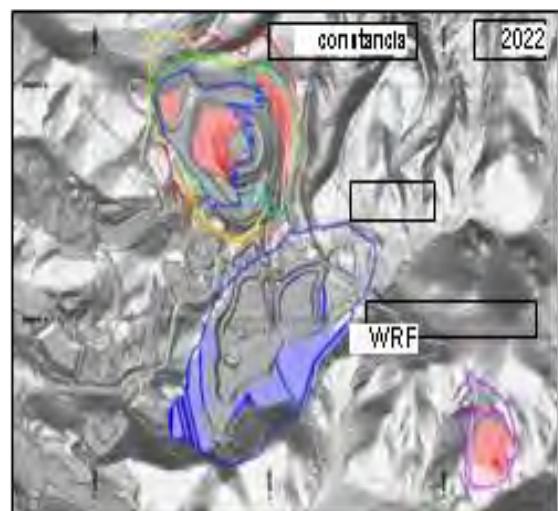
Nota. Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY  
[\(https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm\).](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)

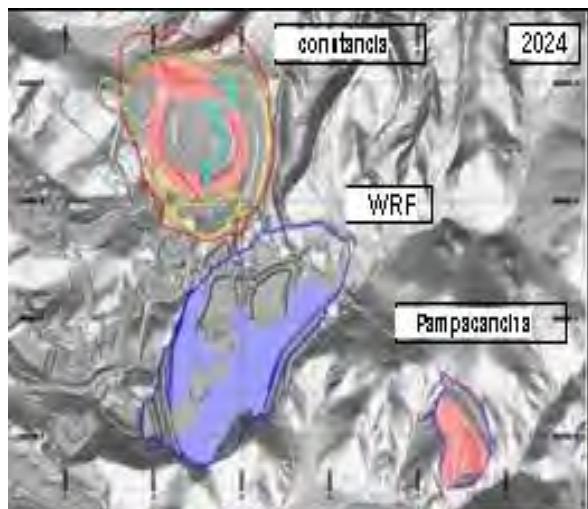
**Figura 53. Plan de minado años 2021 y 2022**





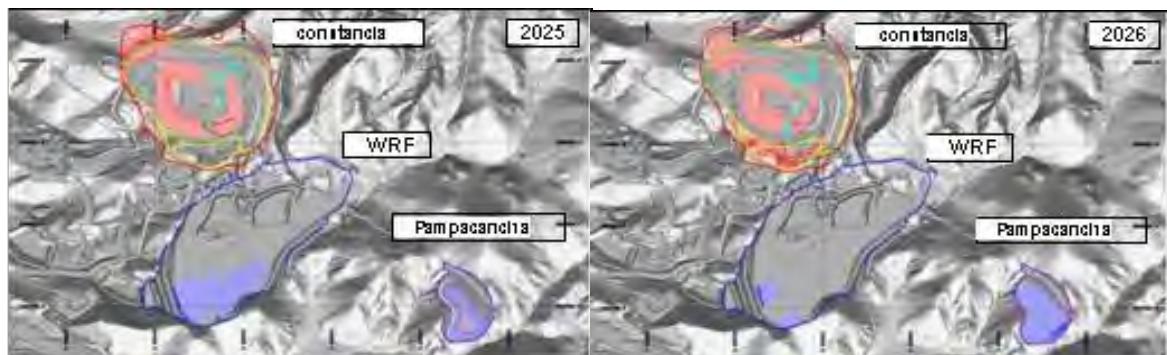
**Figura 54.** Plan de minado años 2023 y 2024





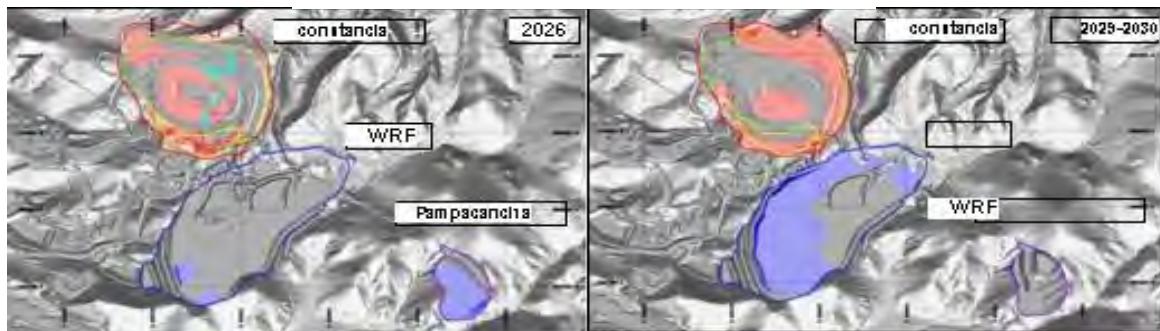
**Figura 55.** Plan de minado años

2025 y 2026



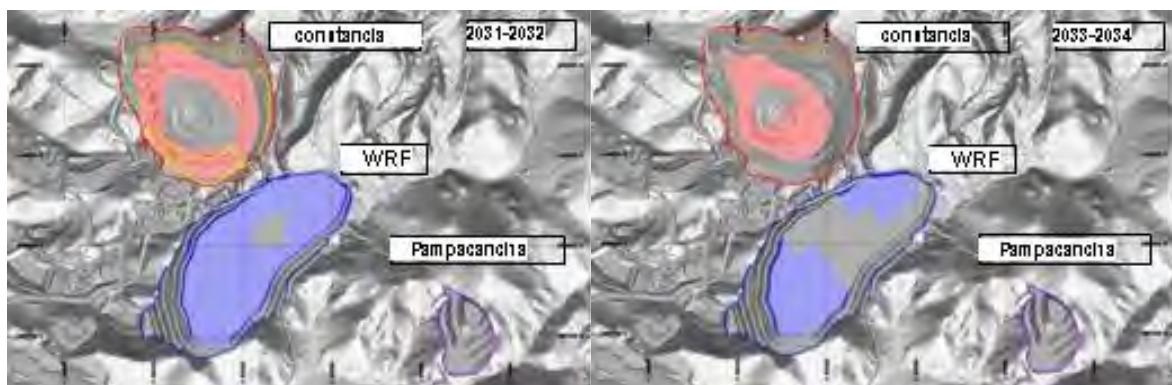
**Figura 56.** Plan de minado años

2027 a 2030



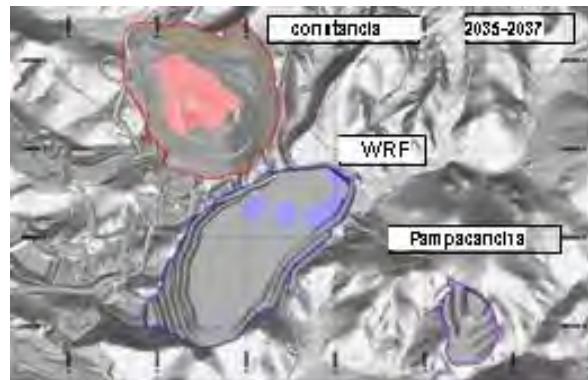
**Figura 57.** Plan de minado años 2030 a

2035

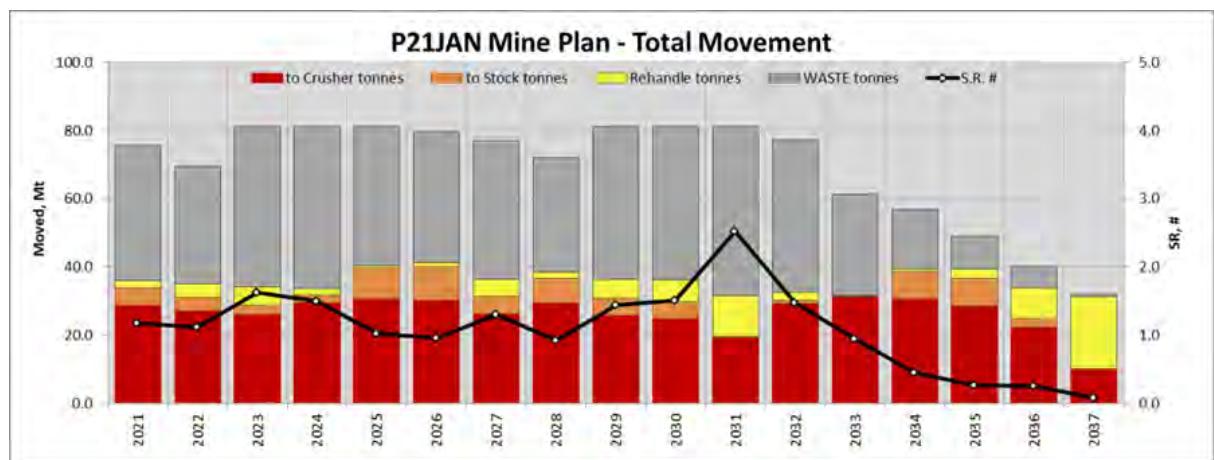


**Plan De Mina De Periodos 2035 Y 2037**

**Figura 58.** Plan de minado al 2038



**Figura 59.** Movimiento de materiales por destino

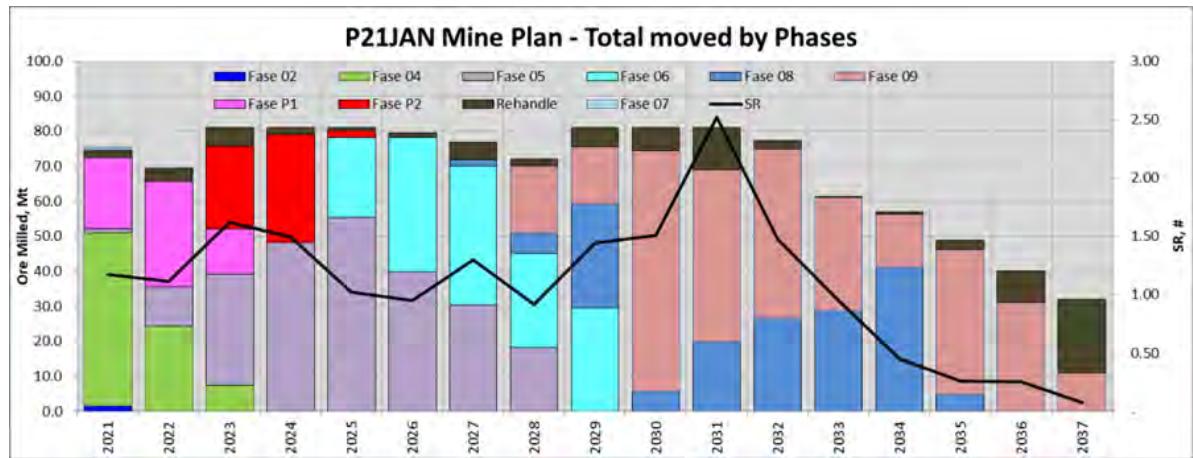


Nota. Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY

([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

## Movimiento Total Por Fase

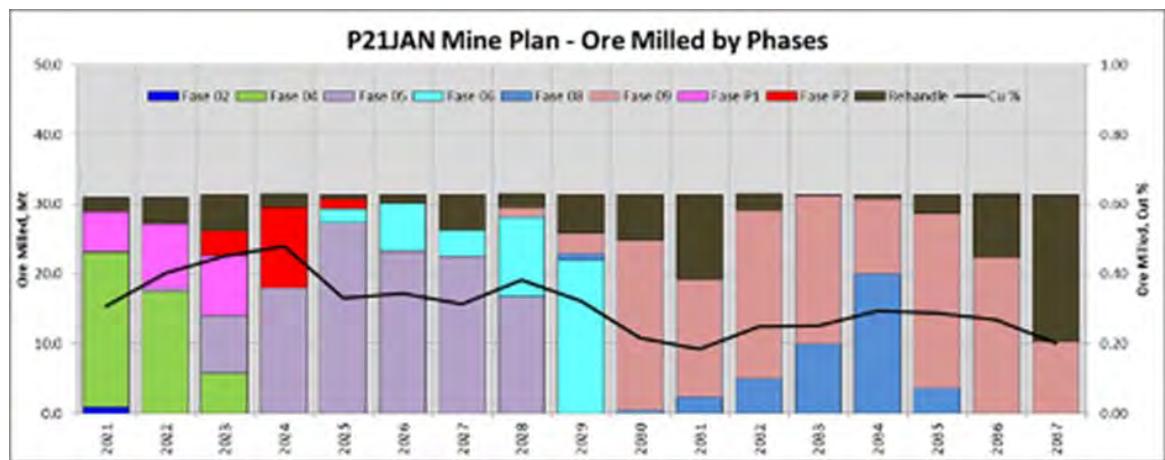
**Figura 60.** Movimiento de materiales por fase de minado



Nota. Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY

([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

**Figura 61.** Material movido ore por fases



Nota. Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY

([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

**Figura 62. Producción de concentrado de cobre**



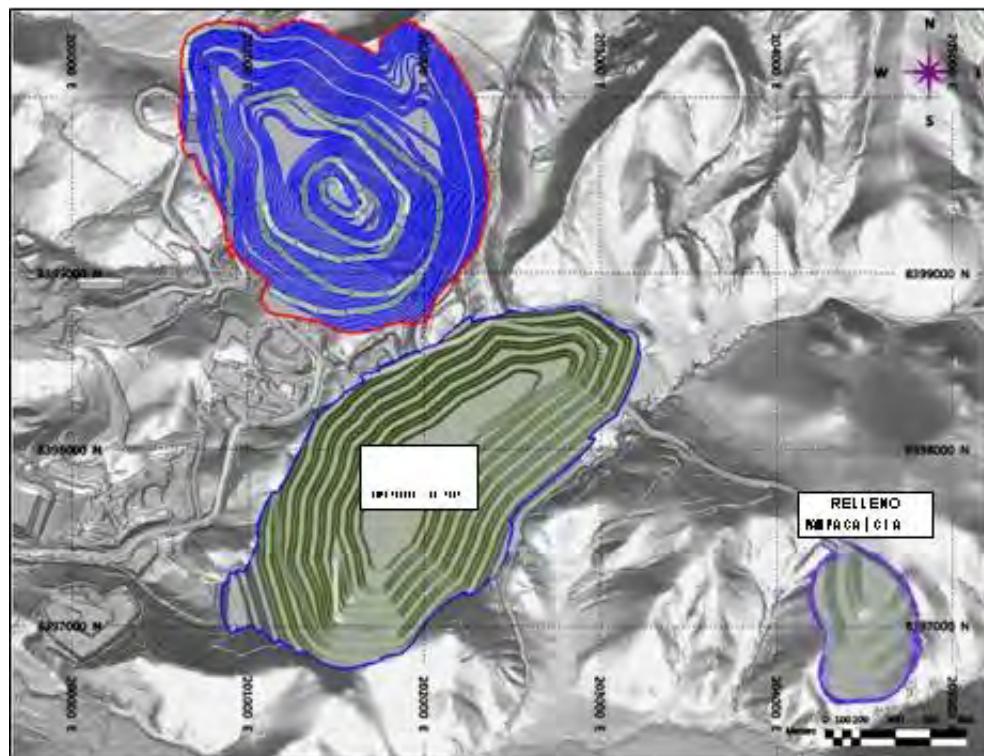
Nota. Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY ([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

## Instalaciones Mineras

### Instalación De Descarte De Rocas (WRF)

La geometría de diseño final para esta instalación incorpora el mismo perfil de pendiente que el WRF original: bancos de 20 m de altura con 1,4 H: 1 V (36°) de pendientes de banco y bancos de 32 m de ancho. La pendiente general de la pila de almacenamiento será de aproximadamente 3,0H:1V (18°). La capacidad remanente actual de la WRF se estima en 413 Mt. El balance de material de desecho se muestra en la Figura.

**Figura 63.** Disposición de material inadecuado



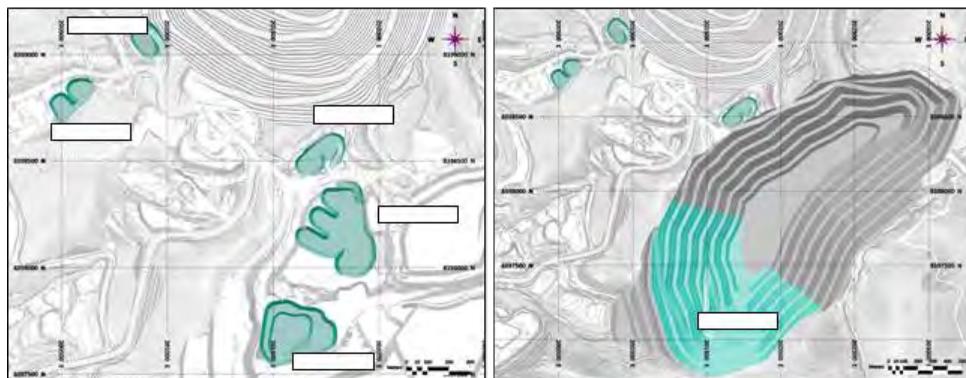
*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY  
[\(https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm\).](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)

Se planea que la mina Constancia tenga cuatro reservas operativas, que segregarán el material ROM por tipo de mineral y rango de leyes. La altura de elevación de estos acopios oscila entre 12 y 20 metros. Las capacidades máximas previstas de acopio son:

- Reserva 01, 600 Kt
- Reserva 02, 500 Kt
- Reserva 03, 600 Kt
- Stockpile 04, 5.000 Kt (stock ubicado dentro de WRF, levante 4240 y utilizado hasta 2025)

- Acopio 05: 2.000 Kt (un dedo del acopio 04 destinado a mineral de Pampacancha)
- Stockpile 06: 70.000 Kt (stock de baja ley ubicado al sur de WRF)

**Figura 64.** Ubicación de stockpile de mineral



Nota. Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY ([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).

### Instalación De Manejo De Relaves (TMF)

El área de la instalación de gestión de relaves (TMF, por sus siglas en inglés) es donde se colocan los relaves del molino detrás de los contrafuertes de contención de roca estéril. El material de los contrafuertes provendrá a lo largo de la vida de la mina, de explotaciones mineras y canteras. El área de TMF está ubicada al suroeste del área de las instalaciones mineras. El diseño del TMF incluye rampas de acceso a los niveles inferior y superior para la flota minera regular (camiones de 240 toneladas) y una flota más pequeña denominada HCW, que se utiliza desde octubre de 2015 para enviar material NAG desde el tajo Constancia al área TMF.

Al final del embalse, las elevaciones finales de la cresta de la presa serán:

- Presa de relaves igual a 4.190 msnm

- Presa de Silla igual a 4.190 msnm, donde la altura de la presa de silla será de 12 m, con 4 m de francobordo mínimo.
- La densidad seca promedio de los relaves depositados para esta expansión se consideró de 1,45 gr/cm<sup>3</sup> y será evaluada en el siguiente nivel de estudio.

Hudbay está administrando la planificación, construcción y operación de la Instalación de administración de relaves (TMF) y la Instalación de roca estéril (WRF) con el apoyo de diseño e ingeniería de Knight Piésold, también ingeniero de registro (EOR) de esas estructuras.

El plan de apilamiento de TMF se ilustra en la Tabla y el diseño final de TMF se presenta en la Figura.

**Figura 65. Dique de relaves “TMF” configuración final**



*Nota.* Adaptado de *reporte anual* por HudbayMinerals, 2019, HUDBAY ([https://www.sedar.com/homepage\\_en.htm](https://www.sedar.com/homepage_en.htm)).