

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y CIVIL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
INGENIERÍA DE MINAS**



TESIS

**“EVALUACION AL DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA DE
CARGUIO Y ACARREO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
PRODUCTIVIDAD EN LA MINA SANTA ESTE – UNIDAD
MINERA ISCAYCRUZ 2022”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:
BACH. ARROYO SOSA, NILTON DIGNO**

**ASESOR:
DR. ING. JOHNNY HENRRY CCATAMAYO BARRIOS**

**AYACUCHO - PERÚ
2022**

**UNSCH**FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL**“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 291-2022-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal N° 673-2022-FIMGC-D**, siendo los veintisiete días del mes de diciembre del 2022, a horas 10:00 a.m.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, jurado el **Ing. Amílcar TACURI GAMBOA**, jurado **Mg. Ing. Leonil Fernando QUISPE ARONES**; jurado asesor **MSc. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada **“EVALUACION AL DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA DE CARGUIO Y ACARREO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MINA SANTA ESTE – UNIDAD MINERA ISCAYCRUZ 2022”**, sustentado por el señor **Nilton Digno ARROYO SOSA**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Minas**.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **17 (diecisiete)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.

**Dr. Efraín Elías Porras Flores**
DECANO

Firmado digitalmente por
Dr. Ing. Efraín Elías Porras
Flores
Fecha: 2022.12.28 15:01:22
-05'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente**Mg. Ing. Leonil Fernando QUISPE ARONES**
Jurado**Ccatamayo**

Firmado digitalmente
por Mg. Ing. Johnny
Henry Ccatamayo
Barrios
Fecha: 2022.12.28
08:42:08 -05'00'

Firmado
digitalmente por
Ing. Amílcar Tacuri
Gamboa
Fecha: 2022.12.27
22:17:38 -05'00'

MSc. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS
Jurado - Asesor**Ing. Amílcar TACURI GAMBOA**
Jurado

Firmado
digitalmente por
LEZAMA CUELLAR
CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso

c.c.:
Bach. Nilton Digno ARROYO SOSA
Jurados (4)
Archivo

FACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel 066 312510
Anexo 151



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe; es asesor de la tesis y por lo tanto responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de pregrado en primera instancia; en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH y Resolución Decanal N° 158-2021-FIMGC-UNSCH-D, deja constancia que:

- Apellidos y Nombres del Bach. : Arroyo Sosa, Nilton Digno
- Escuela Profesional : Ingeniería De Minas
- Título de la Tesis : Evaluación al dimensionamiento de flota de carguío y acarreo para el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz 2022.
- Evaluación de la originalidad : 19 % de similitud

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, **es procedente otorgar la constancia de originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 01 de diciembre del 2022



Firmado
digitalmente por
Dr. Johnny Henry
Ccatamayo Barrios
Fecha: 2022.12.01
11:32:53 -05'00'

Dr. Ing. Ccatamayo Barrios Johnny Henry

Numero de constancia: 15-2022-EPIM.

(x) Sin depósito

EVALUACION AL DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA DE CARGUIO Y ACARREO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MINA SANTA ESTE – UNIDAD MINERA ISCAYCRUZ 2022

por Nilton Digno Arroyo Sosa

Fecha de entrega: 29-nov-2022 07:47a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1966185415

Nombre del archivo: TESIS_ACARREO_1_1.docx (8.23M)

Total de palabras: 17798

Total de caracteres: 95148

EVALUACION AL DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA DE CARGUIO Y ACARREO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MINA SANTA ESTE - UNIDAD MINERA ISCAYCRUZ 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	es.scribd.com Fuente de Internet	7%
2	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	docplayer.es Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%

9	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.bausate.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to unap Trabajo del estudiante	<1 %
12	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	1library.co Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	www.wandeleninlimburg.be Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía Activo

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi querida madre Rita Sosa por todo su sacrificio y esfuerzo, por darme todas las facilidades que podía y creer en mi capacidad. Aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su apoyo con sus palabras de aliento.

A mi novia Karina e hija Arya, por ser mi fuente inagotable de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un mejor futuro.

AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento a Dios, por ser guía y protector del sendero de la vida. Agradezco también a la Empresa Minera Los Quenuales S.A. por apoyarme en pulir todos mis conocimientos adquiridos durante mi etapa de preparación universitaria.

Agradezco mi Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil y docentes, por compartir todo sus conocimientos y sabios consejos, a todos ellos gracias.

RESUMEN

La investigación, presentada a la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, que lleva por título “EVALUACION AL DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA DE CARGUIO Y ACARREO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MINA SANTA ESTE – UNIDAD MINERA ISCAYCRUZ 2022” tuvo como propósito conocer cómo es el dimensionamiento de flota de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz, la metodología de estudio desarrollada fue: una investigación aplicada. Porque, busca establecer estrategias que resuelvan la problemática de la productividad en la mina santa este – unidad minera Iscaycruz. A través del del dimensionamiento de flota para carguío y acarreo de dicha unidad minera tiene un nivel descriptivo - explicativo, ya que se busca establecer los efectos del dimensionamiento de la flota de carguío y acarreo en la productividad en la mina santa este – unidad minera Iscaycruz, para explicar los resultados obtenidos, el objetivo es encontrar las relaciones causa – efecto de ciertos hechos con el objeto de conocerlos a profundidad. Llegando a la conclusión que: el factor acoplamiento real se encuentra por debajo de la unidad tanto en la temporada seca y temporada húmeda por tal razón se requiere una correcta de asignación de equipos de transporte, en la investigación se ha determinado que la correcta asignación de equipos de transporte para la excavadora CAT374F en la mina operación de la mina Santa Este considerando la temporada seca y con voladura es con 15 volquetes para el depósito Tinyag y 19 volquetes para la chancadora, mientras que en temporada seca y sin voladura un factor de acoplamiento óptimo es de 14 volquetes para depósito Tinyag y 18 volquetes para la chancadora. En temporada húmeda y con voladura se requerirá 8 volquetes para depósito Impit y 17 volquetes para depósito Tinyag. Mientras que para temporada húmeda y sin voladura se requerirá 8 volquetes para depósito Impit y 16 volquetes para depósito Tinyag y 19 volquetes para la chancadora.

ABSTRAC

The research, presented to the National University of San Cristobal de Huamanga, entitled "EVALUATION OF THE DIMENSIONING OF THE LOADING AND TRANSPORTING FLEET FOR THE IMPROVEMENT OF PRODUCTIVITY AT THE SANTA ESTE MINE - ISCAYCRUZ MINING UNIT 2022" had the purpose of knowing how is the dimensioning of the loading and transportation fleet for the improvement of productivity at the Santa Este mine - Iscaycruz Mining Unit, the study methodology developed was: an applied research. Because it seeks to establish strategies to solve the productivity problem at the Santa Este mine - Iscaycruz mining unit. Through the sizing of the fleet for loading and hauling of this mining unit has a descriptive - explanatory level, since it seeks to establish the effects of the sizing of the loading and hauling fleet on productivity at the santa este mine - Iscaycruz mining unit, to explain the results obtained, the objective is to find the cause - effect relationships of certain facts in order to know them in depth. Reaching the conclusion that: the actual coupling factor is below unity both in the dry and wet seasons, for this reason a correct allocation of transport equipment is required, In the research it has been determined that the correct allocation of transport equipment for the CAT374F excavator in the Santa Este mine operation considering the dry season and with blasting is 15 dump trucks for the Tinyag deposit and 19 dump trucks for the crusher, while in the dry season and without blasting an optimal coupling factor is 14 dump trucks for the Tinyag deposit and 18 dump trucks for the crusher. In the wet season and with blasting, 8 dump trucks will be required for the Impit tank and 17 dump trucks for the Tinyag tank. During the wet season without blasting, 8 dump trucks will be required for the Impit deposit, 16 dump trucks for the Tinyag deposit and 19 dump trucks for the crusher.

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRAC	v
INDICE	vi
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Formulación de problema	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problema específico	3
1.3. Justificación del problema.....	3
1.4. Hipótesis de la investigación.....	4
1.4.1. Hipótesis general	4
1.4.2. Hipótesis específicas.....	4
1.5. Objetivos de la investigación.....	4
1.5.1. Objetivo general	4
1.5.2. Objetivo específico	5
1.6. Alcance.....	5
1.7. Matriz de consistencia.....	6
CAPITULO II	7
MARCO TEORICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.2. Generalidades de la mina	12
2.3. Marco teórico.....	22
2.3.1. Indicador clave de desempeño (KPI)	22
2.3.2. Gestión del tiempo desde la perspectiva empresarial	23
2.3.3. Sistema de gestión del tiempo de trabajo	25
2.3.4. Movimiento de tierras	40
2.3.5. Sistema de carguío y acarreo	41
CAPITULO III	43
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.1. Método y alcance de la investigación	43
3.2. Tipo de investigación	43
3.3. Nivel de la investigación.....	43

3.4.	Método de investigación	44
3.5.	Diseño de la investigación	45
3.6.	Población y muestra.....	45
3.6.1.	Población.....	45
3.6.2.	Muestra	45
3.6.3.	Muestreo	46
3.7.	Variables de la investigación.....	46
3.7.1.	Variable independiente	46
3.7.2.	Variable dependiente	46
3.8.	Operacionalización de variables	47
3.9.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
3.9.1.	Técnicas de recolección de datos.....	48
3.9.2.	Instrumentos para procesamiento de datos.....	48
3.9.3.	Tratamiento estadístico.....	48
3.10.	Equipos utilizados de recolección y procesamiento de datos	49
3.10.1.	Equipos utilizados en la recolección de datos	49
3.11.	Programas utilizados para el procesamiento de datos	50
3.12.	Desarrollo de la investigación	50
3.12.1.	Características del material minado.....	50
3.12.2.	Operación de carguío.....	50
3.12.3.	Operación de transporte de material	50
CAPITULO IV		51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		51
4.1.	Caracterices del material minado.....	51
4.2.	Operación de carguío.....	51
4.2.1.	Distribución de equipos de carguío.....	51
4.2.2.	Distribución del tiempo cronológico de las excavadoras.	52
4.2.3.	Indicadores de gestión de la operación de carguío:	53
4.2.4.	Rendimiento efectivo de carguío según temporada	55
4.2.5.	Distribución del tiempo operativo y análisis de tiempo de demoras operativas	57
4.3.	Operación de transporte de material	61
4.4.	Distribución del tiempo cronológico en el proceso de transporte de material.	61
4.5.	Indicadores de gestión del transporte de material según temporada.....	62
4.6.	Rendimiento efectivo de y transporte de material según temporada	64
4.7.	Distribución del tiempo operativo y análisis del tiempo en demoras operativas del transporte de material.....	65
4.8.	Dimensionamiento de flota de carguío y transporte de material según requerimiento	66
4.8.1.	Dimensionamiento de carguío	66
4.8.2.	Dimensionamiento de transporte	67

4.9.	Factor de acoplamiento.....	68
4.10.	Oportunidad de mejora en la productividad.....	71
4.11.	Simulación con software arena.....	74
4.12.	Prueba de hipótesis.....	74
	CONCLUSIONES.....	78
	RECOMENDACIONES.....	80
	BIBLIOGRAFIA.....	81
	ANEXOS.....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Acceso a la Unidad Minera Iscaycruz.....	14
Tabla 2. Matriz de operacionalización	47
Tabla 3. Características del material de mineral y desmonte según temporada.....	51
Tabla 4. Distribución de tiempo cronológico según temporada de las excavadoras.....	52
Tabla 4. indicadores de gestión en los equipos de carguío según temporada	54
Tabla 5. Distribución de tiempo cronológico según temporada del transporte de material.....	61
Tabla 6. Indicadores de gestión del transporte de material.....	63
Tabla 7. rendimiento de transporte según temporada, distancia y material.....	64
Tabla 8. Dimensionamiento de flota de carguío	67
Tabla 9. Dimensionamiento de flota de transporte	68
Tabla 10. Parámetros de análisis del factor de acoplamiento	69
Tabla 11. Factor de acoplamiento con la flota actual de la excavadora CAT374F	69
Tabla 12. oportunidad de mejora en el carguío durante la temporada seca en material con voladura.	72
Tabla 13. Oportunidad de mejora en el carguío durante la temporada seca en material sin voladura.	73
Tabla14. Oportunidad de mejora en el carguío durante la temporada húmeda en material con voladura.	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina.....	13
Figura 2. Preparación y desarrollo de labores	20
Figura 3. Distribución del tiempo cronológico según temporada de las excavadoras	53
Figura 5. indicadores de gestión de los equipos de carguío según la temporada	55
Figura 6. Rendimiento efectivo de los equipos de carguío según tipo de material y temporada.	57
Figura 7. Distribución del tiempo operativo de la excavadora CAT374F – 2EX001.....	57
Figura 8. Distribución del tiempo en demoras operativas de la excavadora CAT 374F 2EX001	58
Figura 9. Distribución del tiempo operativo de la excavadora CAT374F – 2EX701.....	59
Figura 10. Tiempo en demoras operativas de la excavadora CAT 374F 2EX701	59
Figura 11. Distribución del tiempo operativo de la excavadora CAT 349D2L – 2EX700/2EX002	60
Figura 12. Tiempo en demoras operativas de la excavadora CAT 349D2L 2EX700/2EX002	60
Figura 13. Distribución del tiempo cronológico según temporada del transporte de material.....	62
Figura 14. Indiciadores de gestión del transporte de material según temporada.....	63
Figura 15. Rendimiento de transporte de material según temporada, distancia y tipo de material	65
Figura 16. Distribución del tiempo operativo en el transporte de material	65
Figura 17. Distribución del tiempo en demoras operativas del transporte de material según temporada .	66
Figura 18. Comparación del FA ideal y el FA actual	70
Figura 19. FA optimo en el minado del tajo Santa Este	71

INTRODUCCION

La industria minera, al igual que otros sectores de producción, esta siempre en busca de nuevas soluciones para la mejora de sus procesos con el fin de lograr una operación sostenible en el tiempo, por ello se presenta esta investigación con especial énfasis en las operaciones de carguío y acarreo de material minero buscando la excelencia operativa en función a la flota de equipos necesarios para lograr el propósito empresarial de cubrir los estándares operativos de la unidad minera Izcaycruz.

“El capítulo I se realiza la descripción problemática, se formulan los problemas generales y específicos, se plantean los objetivos y las justificaciones del proyecto”.

“El capítulo II hace una revisión literaria de los antecedentes referentes al tema a tratar, así mismo se detalla la conceptualización de los aspectos generales de los parámetros a utilizar en el desarrollo del proyecto”.

El capítulo III explica los aspectos que involucran las metodologías utilizadas en el presente proyecto.

El capítulo IV muestra los resultados obtenidos.

Finalmente, en “Conclusiones y Recomendaciones” se reseñan las principales conclusiones y recomendaciones logradas en la presente tesis.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción de la realidad problemática

El proceso de extracción de mineral en una minería superficial está compuesto por un conjunto de procesos al cual se le denomina ciclo de minado, en este caso en particular nos enfocaremos en el Tajo Santa Este de la unidad minera Iscaycruz el cual tiene el siguiente ciclo de minado preparación de banco, perforación, voladura, carguío, transporte de material, empuje, a estos procesos se le incluyen trabajos auxiliares como mantenimiento de vías, trabajos hidráulicos, sostenimiento de talud.

Actualmente en la operación de la mina Santa Este - Unidad Minera Iscaycruz la etapa de carguío de material se realiza con excavadoras Caterpillar modelo 374F y 349D2L con capacidad de cucharón de 4.60 m³ y 3.60 m³ respectivamente y para la etapa de transporte de material se realiza con volquetes marca Volvo modelo FMX 500 ISHIFT de 22.0 m³ de capacidad de tolva.

Se cuenta con 2 depósitos de material estéril (TINYAG – INPIT) y 2 depósitos de material mineral (TINYAG – CHANCADORA)

Según reportes del área de oficina técnica, las excavadoras que operan en el minado del tajo están registrando demoras operativas de parte de las excavadoras y volquetes esto debido a que existen múltiples causas como vías de transporte de material en mal estado el cual genera la reducción velocidad de manejo por debajo del promedio, condiciones del área de carguío y descarga en mal estado, mal dimensionamiento de flota según la distancia de acarreo y la ejecución de trabajos auxiliares como perfilados, construcción de accesos.

La empresa contratista corrigió estos problemas, realizando el mantenimiento de vías constantes en las zonas críticas (curva A y B, tramo 5, acceso a la chancadora primaria, de zonas de carguío

y descarga), con estas correcciones, ya solo queda pendiente la evaluación al dimensionamiento de flotas según la distancia de transporte a los distintos destinos.

Por tal razón en el presente trabajo de investigación realizaremos una evaluación al dimensionamiento según las distancias de transporte, empleando el modelo matemático del factor de acoplamiento, posteriormente describiremos nuestra propuesta como alternativa de solución a una correcta distribución de flota de volquetes.

1.2. Formulación de problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es el dimensionamiento de flota de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz?

1.2.2. Problema específico

- ¿De qué manera el Factor de acoplamiento influye en el ciclo de carguío en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz?
- ¿De qué manera el Factor de acoplamiento influye en el ciclo de transporte en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz?
- ¿De qué manera la flota de carguío y transporte influye en el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz?

1.3. Justificación del problema

Este trabajo se centra en la relación inadecuada de volquetes con respecto a las excavadoras, esto afecta a la productividad de las de los equipos por ello no se logra los objetivos de producción planteados.

Es por ello surge la necesidad de establecer la una correcta asignación de equipos de transporte para cada excavadora, esto tomando en cuenta la distancia de transporte y condiciones de operacionales.

La investigación será referente para el dimensionamiento de flota futuras en la mina Santa Este según como se va desarrollando.

Este estudio tendrá efecto directo en los costos y beneficios de la operación y en la disminución de riesgos de accidentabilidad dentro de la operación minera.

1.4.Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Evaluando el dimensionamiento de flota de carguío y transporte de material se mejorará la productividad de las operaciones.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La evaluación del Factor de acoplamiento influye significativamente en el ciclo de carguío en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.
- La evaluación del Factor de acoplamiento influye significativamente en el ciclo de transporte en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.
- La evaluación de la flota de carguío y transporte influye positivamente en el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

1.5.Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Conocer cómo es el dimensionamiento de flota de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

1.5.2. Objetivo específico

- Evaluar de qué manera el Factor de acoplamiento influye en el ciclo de carguío en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.
- Evaluar de qué manera el Factor de acoplamiento influye en el ciclo de transporte en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.
- Evaluar de qué manera la flota de carguío y transporte influye en el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

1.6. Alcance

El presente trabajo se limita a evaluar la operación del carguío y transporte de material con la finalidad de mejorar su productividad, donde se tomará como objetos de estudio la excavadora CAT 374F y los volquetes Volvo FMX500 IShift.

También podremos determinar la correcta asignación de volquetes a las excavadoras que operan en le minado según el tipo de material y distancia de transporte, esto mediante la teoría del factor de acoplamiento.

Este estudio nos ayudara a poder realizar un análisis de productividad y estado de la mina en futuros estudios.

1.7. Matriz de consistencia

Título: EVALUACION AL DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA DE CARGUO Y ACARREO APLICANDO EL FACTOR DE ACOPLAMIENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MINA SANTA ESTE – UNIDAD MINERA ISCAYCRUZ

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables
¿Cómo es la evaluación del dimensionamiento de flota de carguío y acarreo según el factor de acoplamiento para el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este Unidad Minera Iscaycruz	Evaluar al dimensionamiento de flota de carguío y acarreo aplicando el factor de acoplamiento para el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz	Evalutando el dimensionamiento de flota en el carguío y acarreo con el factor de acoplamiento se mejorará la productividad del minado de la mina Santa Este Unidad Minera Iscaycruz	Variable independiente: Evaluación del dimensionamiento de flota de carguío y acarreo.
Problema Especifico	Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico	
P.E.1 ¿Es correcto el dimensionamiento de la flota de carguío y acarreo, según la distancia de transporte de mineral y desmonte en el tajo Santa este Unidad Minera Iscaycruz?	O.E.1 Evaluar el correcto dimensionamiento de flota de acuerdo a la distancia de acarreo	H.E.1 El dimensionamiento de flota según las distancias de acarreo aplicado en el minado del tajo santa este, no es la correcta.	Variable dependiente:
P.E.2 ¿Con el dimensionamiento de flota propuesto por el factor de acoplamiento se tendrá mejoras en la productividad?	O.E.2 Comprobar si con el dimensionamiento de flota propuesto por el factor de acoplamiento se lograra mejorar la productividad.	H.E.2 Con el factor de acoplamiento si se podrá determinar el dimensionamiento correcto de la flota y se logrará mejorar la productividad	Productividad del proceso del carguío y acarreo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

a) (CONDORI, 2017) en su tesis titulada para optar de ingeniero de minas por la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, denominada *“Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E.E. NCA Servicios Mina Morococha”*. Cuyo objetivo es realizar la evaluación y el estudio de la optimización de la flota de acarreo en mina subterránea, para incrementar su eficiencia y su utilidad, midiendo ratios operativos y rendimientos por hora de los equipos de mina. Encontrándose los siguientes resultados:

El proyecto de transporte demostró ser viable con volquetes volvo FMX 8 x 4, y podría ser viable con cualquier marca de volquetes siempre y cuando se trabajen con camiones con las mismas características de tracción 8 x 4 en relación al volumen transportado.

Las comparaciones entre los dos trimestres evaluados, nos dan resultados claros que son eficientes y muestran claras diferencias y tendencias a la mejora, y por ende al ahorro en costos operativos.

El tiempo de carguío que se tiene en promedio alto superior a los 10 minutos a causa de un constante campaneó de las tolvas y el traslado de material hacia el punto de carguío desde labores alejadas del mismo por parte de los Scoops de compañía; y no de 6 minutos de tiempo de carguío que está en nuestros precios unitarios.

b) (VALENTIN, 2018) en su tesis titulada para optar de ingeniero de minas por la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion titulada **“Control y mejora de la productividad del acarreo**

y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia la superficie en la unidad de producción San Cristobal – Volcan Compañía Minera S. A. A.”. cuyo propósito fue aportar una metodología experimental apropiada para controlar la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia superficie en la unidad minera San Cristóbal – Empresa Minera Volcan S. A. A. durante el año 2018. Llegando a los siguientes resultados:

Para poder realizar una evaluación del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia la superficie, tenemos que tener conocimiento de la planificación que se lleva a cabo en la mina en cuanto a las reservas de los minerales accesibles parcialmente accesibles, factor de dilución, las leyes de los minerales, la capacidad de producción, la capacidad de tratamiento, programa de avances lineales, labores de preparación requeridas, producción de la mina.

La compañía minera cuenta con 15 equipos de carguío según el planeamiento del año 2018 y distribuidos en todas las zonas de la mina San Cristóbal; en la zona de profundización (zona baja) cuenta con 7 equipos de carguío tanto de compañía Volcan y de la empresa contratista AESA.

Para la distancia que recorre el equipo de carguío desde el tajo o sub nivel hasta la cámara de carguío se tiene un rendimiento promedio de 120.80 Tm/ Hr 24 cargando 5 volquetes promedio por hora; y para la otra distancia que recorre el equipo de carguío desde la cámara de acumulación hasta la cámara de carguío (según estándar es de 15 metros) se tiene un rendimiento promedio 219.06 t/ h cargando un promedio de 9 volquetes promedio por hora.

c) (CALUA, 2019) en su tesis para optar de ingeniero de minas presentado en la Universidad Nacional Cajamarca, titulada " **Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en CIA. Minera Coimolache S.A.**". El objetivo del presente estudio es la implementación en la minimización de los tiempos improductivos que hay en el proceso de carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache. Además, llegando a las siguientes conclusiones:

La minimización de tiempos improductivos logra la disminución de horas de demora en carguío y acarreo, siendo la reducción a un tiempo menor o igual a 3 min.

Aumentamos la producción y beneficios en equipos de carguío y acarreo. En cada volquete un aumento de 98.5 t/día lo que equivaldría a 14.33 \$/día, en la Exc. CAT 390 DL el aumento es de 32.1 t/día equivalente a 11.95 \$/día y en la Exc. CAT 374 DL un aumento de 163 t/día equivalente a 130.46 \$/día.

El porcentaje de utilización aumentó en 3% (374 DL) y 10% (390 DL) en carguío y 3 % en acarreo.

Contar con controladores de tiempos y producción durante el carguío y acarreo, los que comuniquen a los jefes de guardia, áreas de operaciones y planeamiento mina para informar de la producción horaria, demoras y cualquier incidente en las operaciones

Promover la capacitación técnica y capacitación del personal de carguío y acarreo, que permita tener un mayor y mejor manejo de sus equipos, reflejando mejoras en el ciclo de las operaciones mineras.

- d) (ESCARCENA, 2019) para optar el título de ingeniero de minas presentado Universidad nacional del altiplano titulada **“Evaluación de las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad en la unidad minera Tacaza CIEMSA”**, su objetivo principal fue evaluar las operaciones de carguío y transporte con la finalidad de mejorar la productividad en la unidad minera Tacaza.

Llego a la conclusión de que una flota con carguío optimo reduce las demoras operativas operaciones, el cual conlleva a una mejora en la productividad.

También concluye en que una inadecuada relación de equipos de transporte con respecto a los equipos de carguío genera tiempos muertos producto de las demoras operativas compuesta por cola de volquetes en un solo punto de carguío. Por lo tanto, el factor de acoplamiento en su estudio fue de 0.83 y 1.27 respectivamente esto indica que hay un déficit, pero incrementando 2 volquetes al tajo José María y retirar 1 volquete de la flota del tajo Central resulta un factor de acoplamiento de 1.1 y 1.06.

- e) (MALIMBA, 2019) para optar el título de ingeniero de minas presentado Universidad nacional de Cajamarca en su tesis titulada **“cálculo de flota de carguío y transporte para optimizar la producción diaria en el tajo Ciénaga Norte – Coimolache”**. El cual llega a la conclusión de que la relación de carguío y transporte es determinada por el factor de acoplamiento y para cumplir el plan de minado programada; el transporte de mineral se debe realizar con 1 excavadora y 9 volquetes en los meses de agosto y octubre y 1 excavadora con 10 volquetes los meses de setiembre y noviembre, en el transporte de material estéril se requiere 1

excavadora y 3 volquetes para el mes de agosto y 1 excavadora y 2 volquetes los meses de setiembre, octubre y noviembre.

- f) (RAMOS, 2018) para optar el título de ingeniero de minas presentado a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en su tesis titulada “**Determinación del número óptimo de volquetes mediante el factor de acoplamiento considerando un cargador frontal 980G CAT en la ruta de mineral del banco 330 – PAD 18 del tajo seductora de la CIA MINERA SANTA ROSA S.A. – COMARSA**”. Llegando a determinar el rendimiento máximo en carguío de 853.97 TM/hr y 68.04 TM/hr en acarreo, también se determinó el número óptimo de volquetes que fue de 13 unidades en la ruta de mineral del banco 330 del tajo seductora. Llevando esto a mejorar su indicador de eficiencia de trabajo y costos de operación.
- g) (BARRETO , 2017) para optar el título de ingeniero de minas presentado a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa en su tesis titulada “**optimización del número de camiones 785C CAT y cargador frontal 992K CAT mediante el match factor en la ruta de mineral – stock pile Antapaccay – chancadora Tintaya San Martín contratistas generales S.A.**” Tiene como objetivo principal determinar el óptimo número de camiones mediante el match factor, con cargador frontal 992K CAT en la ruta de mineral de stock pile Antapaccay hacia la chancadora tintaya, para optimizar el ciclo de carguío y acarreo en la unidad minera Antapaccay.

Donde llega a la conclusión de un requerimiento de un cargador frontal CAT 992k de 24TM de capacidad y para el acarreo de material se requiere 7 volquetes CAT 785 de 150 TM de capacidad donde el factor de acoplamiento le resulta 1.

También llega a determinar la producción potencial de carguío-acarreo en 1 230.00 TM/hr, esto lleva a una reducción de costos en carguío y acarreo, logrando así su objetivo principal.

(para Araujo Roberth, 2018) en su tesis “Optimización de la flota de volquetes en el acarreo, para incremento de la producción en la mina los andes Perú Gold Huamachuco” para optar el título de ingeniero de minas, presentada a la facultad de ingeniería – Universidad nacional de Trujillo.

Tiene como objetivo central optimizar la flota de volquetes en el acarreo, para incrementar la producción en la mina los andes Perú Gold – Huamachuco.

Llega a la conclusión de una reducción de del costo unitario en un 20% del proceso de carguío y acarreo, esto debido a que la excavadora 1 trabaje con 7 volquetes y la excavadora 2 con 6 volquetes, este dimensionamiento fue determinado por el factor de acoplamiento.

2.2.Generalidades de la mina

Ubicación

La Empresa Minera Iscaycruz se encuentra ubicada en el distrito de Pachangara, provincia de Oyón, departamento de Lima, a una altura de 4,700 msnm, en las zonas altas del rio Huaura a una altitud comprendida entre 4,500 y 5,000 msnm. Su geomorfología es típica de un modelo glacial, en cuyos remanentes de la antigua actividad se observan depósitos morrenicos en ambos flancos de los causes o escorrentías naturales de las lagunas.

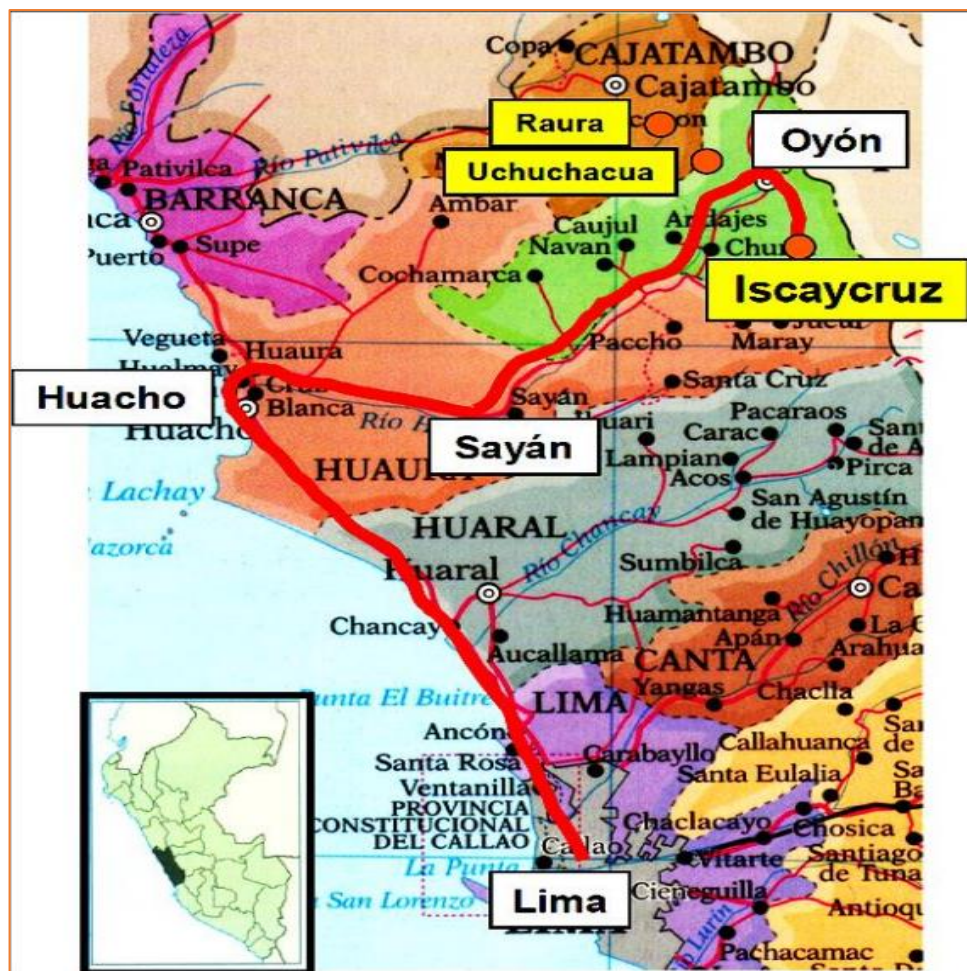


Figura 1. Ubicación de la mina

Fuente: Unidad Minera Izcaycruz
Accesibilidad

El acceso al yacimiento, partiendo de la ciudad de Lima, se efectúa a través de la carretera Panamericana Norte hasta la altura de Huaura, donde se toma el desvío y se continúa por un tramo asfaltado hacia Sayán. Alternativamente, para llegar a Sayán, se puede utilizar el desvío Río Seco Santa Rosa (Km. 103 Panamericana Norte). De Sayán continúa una carretera afirmada hacia Churín, Oyón, Pampahuay, Izcaycruz. En el recorrido se emplean 8 horas aproximadamente.

Tabla 1. Acceso a la Unidad Minera Iscaycruz

Lima – Rio Seco	103 km	Asfaltado
Rio Seco - Sayán	64 Km.	Parcialmente Asfaltado
Sayán – Churín	49 Km.	Afirmado
Churín – Oyón	32 Km.	Afirmado
Oyón - Iscaycruz	30 Km.	Carrozable
TOTAL	278 km	Km (Aprox. 7 horas)

Fuente: Unidad Minera Iscaycruz

Clima

El clima es un clima típicamente alpino, tipo "Puna", frío y seco, con diferencias de temperatura muy grandes entre el día y la noche, hasta (-10 °C). Hay 2 estaciones climáticas diferentes; seco y frío de mayo a octubre y lluvioso (con nevadas) de noviembre a abril.

Las principales cuencas hidrológicas de la región son las cuencas lagunares de Mancacuta, Quellaycocha y Tinyag. Las características hidrológicas de estas tres cuencas se caracterizan por gran pendiente y pequeño volumen. Las cuencas de Mancacuta y Quellaycocha tienen un rumbo NW-SE y fluyen lateralmente hacia el suroeste a través de la quebrada Pachanguea; La Cuenca Tinyaga, aunque no tiene drenaje superficial, también drena la porción subacuática hacia el suroeste a través de la Quebrada Jarahuaino. Entre las lagunas de la región, la laguna de Quellaycocha es la mejor alternativa para el abastecimiento de agua de

Iscaicruz, incluso en épocas de extrema sequía. Otra alternativa importante es el borde de la Gran Laguna, que podría represarse para conservar agua en el área de la mina. (CARHUAMACA, 2009).

Geología

Geología regional

La mineralización de Iscaicruz corresponde al tipo de cizalla hidrotermal y está compuesta por minerales de zinc, plomo, plata y cobre; el depósito se encuentra en la caliza formadora de manto de la Formación Santa; desde Kanaipat en el norte hasta Anta Pampa en el sur, se extiende por 12 kilómetros.

En la superficie y la mineralización ocurre en forma de óxidos de hierro y manganeso a través de la oxidación de sulfuros primarios si consisten principalmente en esfalerita ferrozincita y en menor medida galena y calcopirita.

Entre los minerales accesorios, la pirita, la siderita, la calcita, el cuarzo, la piedra espejo y la arsenopirita se consideran minerales de hongos. Los cuerpos masivos de pirita consisten principalmente en pirita asociada con pirrotita y marcasita, a veces enriquecida en esfalerita y galena. Los minerales Skarn incluyen: tremolita, granate, epidota y cuarzo.

Geología local

A lo largo de la formación Santa en una longitud de 12 km se observan manifestaciones de mineralización, expuestas discontinuamente, desde el norte de la cumbre de Iscaicruz hasta

Antapampa en el sur. Existen algunas diferencias entre las ocurrencias de la mineralización en superficie.

De la cumbre de Iscaycruz hasta Quellaycocha, hay un gossan masivo de color negro a marrón oscuro compuesto principalmente de cuarzo y limonita con cristales menores de goethita y hematita; hay también pequeños cuerpos de pirita masiva.

En la cumbre de Huanda (parte central de Limpe) se observan capas de gossan con esfalerita oxidada, algo de galena y calcopirita, además al sur de la cumbre de Huanda se observa pirita compacta masiva de grano fino.

En el área de Tinyag se encuentran minerales de alteración de skarn como actinolita, granate, epidota y magnetita, además de una franja de fuerte alteración hidrotermal con presencia de cuarzo y hematitas.

En la zona de Antapampa (área Sur), se observa galena y esfalerita en forma diseminada en una masa de siderita mangánifera, óxidos de hierro y cuarzo. La mina Chupa es un yacimiento metasomático de contacto en skarn, emplazado en las calizas Pariahuanca con mineralización económica de zinc, en superficie se puede observar una fuerte oxidación con presencia de limonitas y hematitas.

La mineralización ocurrida a lo largo de la formación Santa se presenta en concentraciones esporádicas de minerales de mena. Sin embargo se puede observar un zonamiento regional de minerales de mena. En el norte de la cumbre de Cunsha Punta, la cual está más cerca al centro de la actividad ígnea ácida, los yacimientos de skarn están presentes (Chupa y Tinyag) conteniendo calcopirita, esfalerita magnetita, pirita y pirrotita. En los flancos norte y sur de esta zona mineralizada alrededor de la cumbre de Limpe y al este de la cumbre de Cunsha

Punta se formaron cuerpos de sulfuros masivos. En las zonas externas tales como Antapampa la galena y la esfalerita están diseminadas en la masa de siderita manganífera.

Esta variación lateral en la mineralización y en el tipo de los minerales de mena se considera ser el resultado de una serie de soluciones mineralizantes que provienen del centro ígneo ácido.

Geología estructural

Plegado: Regionalmente existe el sistema de pliegue pico yanqui bifurcación formada por los anticlinales Pico Yanqui Oeste y Pico Yanqui Este y el sinclinal Oyón entre ellos; ambos al este de Iscaicrus.

Al oeste del sistema se encuentra el sinclinal de Rapaz, que tiene persistencia continua y está modelado sobre la secuencia calcárea del Cretácico. Fallas: Fallas longitudinales de tipo normal en horizontes de menor capacidad, principalmente en la Formación Santa Claus.

El sistema de daño NE-SW también se encontró en las entradas de la mina norte y sur (mantas de producción) en Limpe. Existe un sistema de fallas de minas dorsales intraestratigráfico extendido regionalmente.

Se ha identificado en el área de la entrada de la mina en el nivel 4690 a lo largo de la Formación Goblin, que diverge de norte a sur al ingresar al depósito principal (Limpe Centro), con un ramal a la superficie y otro ramal al techo de la formación.

Los cuerpos mineralizados (Estel y Olga) también tienen fracturas transversales, con rumbo 60° - 70° W y 55° a 65° SW. Algunas de estas fallas controlan vagamente la mineralización de un cuerpo u otro. (CARHUAMACA, 2009).

Operaciones mina

Método de explotación

Minería general. La explotación subterránea de yacimientos metálicos es más antigua que la del carbón y potasa. Numerosos metales como el oro, plata, hierro, cobre, plomo, mercurio, etc., han tenido importancia capital en las antiguas civilizaciones, el aprovisionamiento de estas materias primas era la mayor preocupación del hombre andino.

Minería general. La minería subterránea de yacimientos metálicos precede a la minería del Carbón y la potasa. Muchos metales como el oro la plata el hierro el cobre y el plomo el mercurio etc han sido esenciales en las civilizaciones antiguas y la disponibilidad de estas materias primas era una de las principales preocupaciones de los Andes.

La presencia de yacimientos metálicos es suficiente para iniciar los trabajos, aunque se desconoce el concepto de yacimientos económicamente explotables. La rentabilidad no es tan importante como la obtención de minerales explotables.

Conceptos generales sobre depósitos de minerales: “Se consideran como depósitos de minerales a concentraciones de minerales útiles que después de su explotación y tratamiento se usan como materias para otras industrias”.

Desde el punto de vista minero estos depósitos se consideran de varios tipos:

Veta o Filón: “Es una fractura de la corteza terrestre que aloja sustancias minerales metálicas y ganga, como consecuencia de la precipitación de las soluciones hidrotermales. Son de forma tabular con gran superficie y un espesor relativamente pequeño”.

Cuerpos Mineralizados: “Son conocido también con el nombre de ORE BODIES, son depósitos irregulares, es decir que no tienen forma ni tamaño definido, son derivados por emplazamiento de sulfuros económicos”.

Mantos: “Son yacimientos de forma tabular más o menos horizontal que se han formado entre dos capas, es decir que son depósitos interstratificados”. (CGI, 2020)

Diseminaciones: “En este tipo de depósitos los granos de mineral están espaciados dentro de la masa de roca. Muy raras veces aparecen”.

Labores de acceso, desarrollo y preparación

Lo constituyen rampas y socavones; dependiendo de las dimensiones y del equipo a emplearse.

Lo constituyen la rampa y las galerías de nivel (-8, -9) realizadas en material estéril.

Estas galerías son de uso para extracción y transporte de mineral hacia los puntos de carguío.

Lo constituyen en si los subniveles, se caracterizan por estar desarrollados íntegramente en mineral. Estas labores son importantes porque constituyen un % regular en la producción del método.

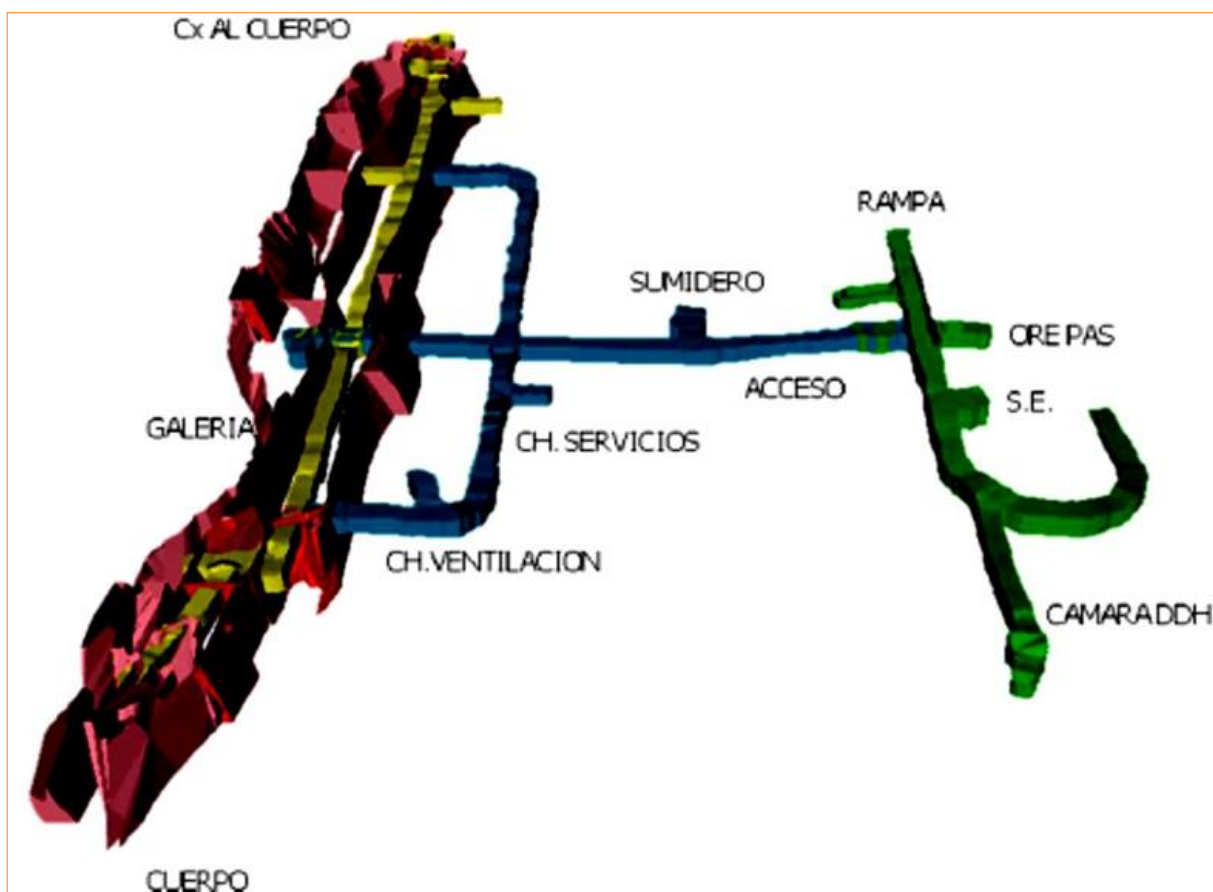


Figura 2. Preparación y desarrollo de labores

Fuente: Departamento de Planeamiento Mina

Producción perforación y voladura con taladros largos.

Es ventajoso emplear este sistema en yacimientos verticales de buena potencia. Las operaciones de perforación en subniveles, se realiza los taladros largos usando barras de extensión para lograr una longitud adecuada resultante de las pruebas que presenta una desviación del 1% cantidad que permite controlar la perforación.

Perforación Horizontal se utilizaron:

- Equipo BOOMER - H 281
- Presión aire 6 Bar.
- Presión de agua 10 – 12 Bar.
- Presión de percusión alta 180 Bar.
- Presión de percusión baja 130 Bar.
- Presión rotación 40 – 70 Bar.
- Velocidad de penetración 32 m/hr.
- Longitud de barra 3,0 mts.
- Diámetro de broca 45 mm.
- Metros perforados por mes 3 375 m
- Producción horizontal/mes 27 155Tn
- Perforación vertical se utilizaron
- Equipo Simba H 357
- Perforadora COP 1238ME (15KW)
- Tipo de Malla Vertical Paralelo (+/-50%)
- Longitud de Taladro 15 metros
- Diámetro 64mm (2 ½")
- Tipo de Roca Mineral Masivo Esfalerita - Skarn.
- Veloc. de Penetración 27 m.p/hr
- Rendimiento por día 256 m.p/día
- Disponibilidad Mecánica 94%
- Desviación (a 10 mts) 0,10 m (< 1%)
- Costo (Incl. Rptos, Aceros 3,12 \$ /m. p
- Energ., M.O) 0,45 \$ / ton

Limpieza, carguío y transporte de mineral:

El sistema de limpieza y carguío de mineral roto se efectúa con ayuda de Scooptrams de 6 Yd3 a control remoto, la distancia de acarreo varía entre 100 y 140 metros, desde las ventanas de carguío, la eficiencia del transporte es dura de roer en la minería subterránea. Los camiones Mercedes-Benz Axor son lo suficientemente potentes para transportar cargas de 22.5 TN durante largos períodos y, a menudo, a grandes distancias, a través de las rampas hasta los stop pile recorridos a 4.5 kilómetros de distancia. (Departamento de Planeamiento UM Iscaycruz, 2017).

2.3.Marco teórico

Variable productividad

2.3.1. Indicador clave de desempeño (KPI)

Los KPIs son métricas que nos permiten a identificar el rendimiento de una determinada acción o estrategia. Estas unidades de medida nos indican nuestro nivel de desempeño en base a los objetivos que hemos fijado con anterioridad. Lo que no se puede medir no se puede controlar; lo que no se puede controlar no se puede gestionar; lo que no se puede gestionar no se puede mejorar.

Un indicador Clave de Desempeño o KPI (Key Performance Indicator) es un valor medible de forma cualitativa o cuantitativa, generalmente expresado como un porcentaje o ratio, permite evaluar el progreso hacia la consecución de objetivos planteados en una empresa. La consecución de estos objetivos se revisa a intervalos regulares. El reto es encontrar el indicador más idóneo que esté ligado a lo que se está monitorizando [21].

Una vez que se tienen perfectamente definidos los objetivos es mucho más simple fijar los KPI. En la bibliografía se establece que los KPI deben seguir el criterio SMART: específicos (Specific), medibles (Measurable), alcanzables (Achievable), relevantes (Relevant) y estar definidos y medidos a tiempo (Timely) [22].

Generalmente, se distinguen dos niveles de KPI. Los KPI de alto nivel pueden enfocarse en el desempeño general de la empresa, mientras que los KPI de bajo nivel pueden centrarse en procesos en departamentos tales como ventas, marketing o un centro de llamadas [24].

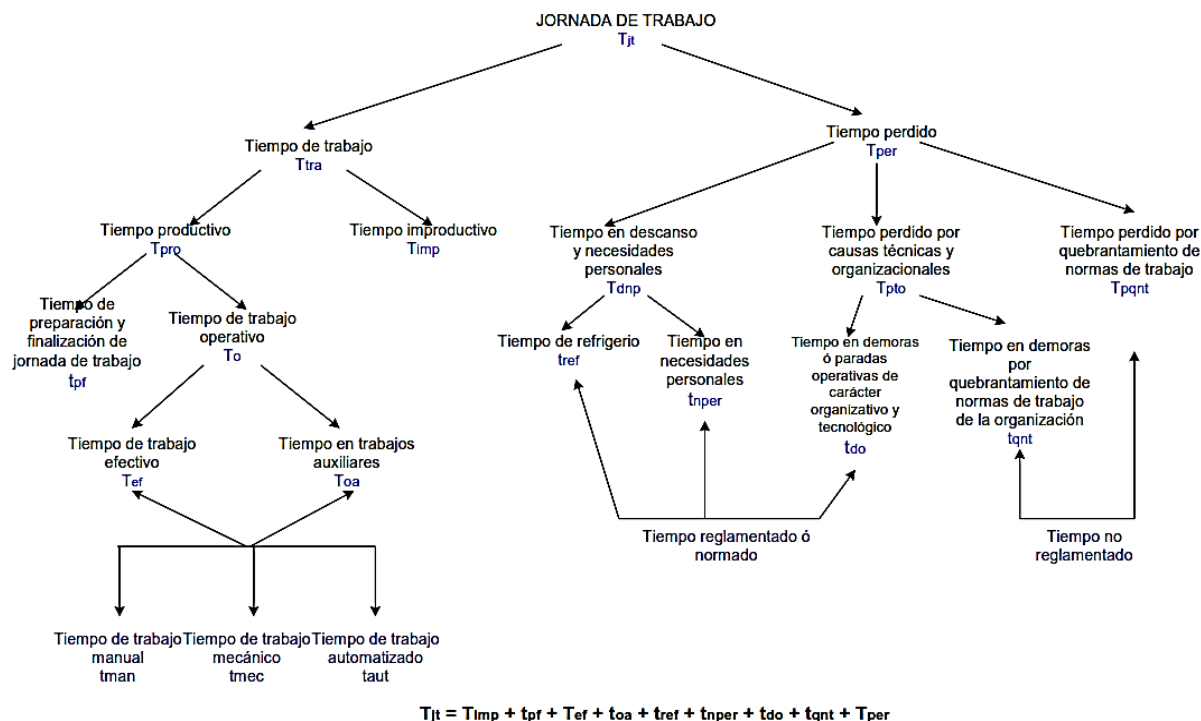
2.3.2. Gestión del tiempo desde la perspectiva empresarial

(RAMIREZ , 2018), La Gestión del Tiempo de Trabajo, como una actividad básica del proceso productivo, consiste en el aprovechamiento óptimo del tiempo en las actividades productivas, puesto que se trata de un importante recurso no renovable que el hombre dispone de manera gratuita.

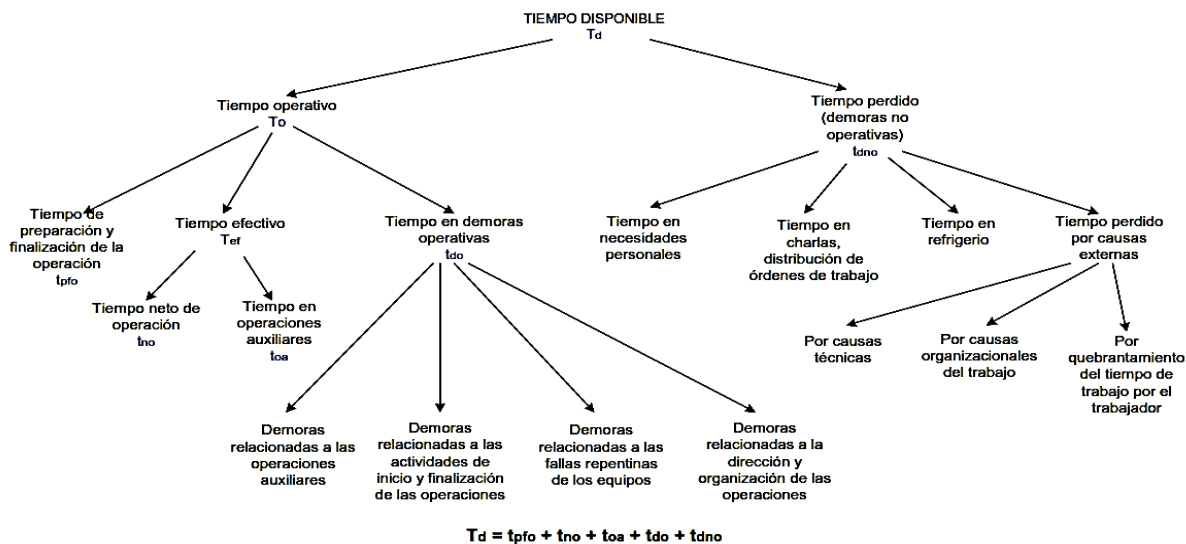
La Gestión de Tiempo en Operaciones Mineras es la evaluación y control de las operaciones, de la acción sincronizada del trabajo en equipo del personal con alto desempeño, y el empleo de las maquinas mineras con eficiencia y rendimientos óptimos en función de las condiciones del lugar donde se realizan las labores. El análisis de los diferentes componentes del tiempo de la jornada de trabajo permite la evaluación y control de la utilización y requerimiento del tiempo en la ejecución de un determinado proceso productivo.

En su estudio también detalla la labor sincronizada del trabajo en equipo de los operadores, el empleo racional del tiempo de trabajo y la utilización efectiva de la maquinaria es muy importante debido a que durante el manipuleo de la maquinaria el trabajador realiza uno o más actividades al mismo tiempo. También detalla los siguientes sistemas:

- El Sistema de Distribución del Tiempo de Trabajo empleado por el trabajador respecto al Proceso Productivo.

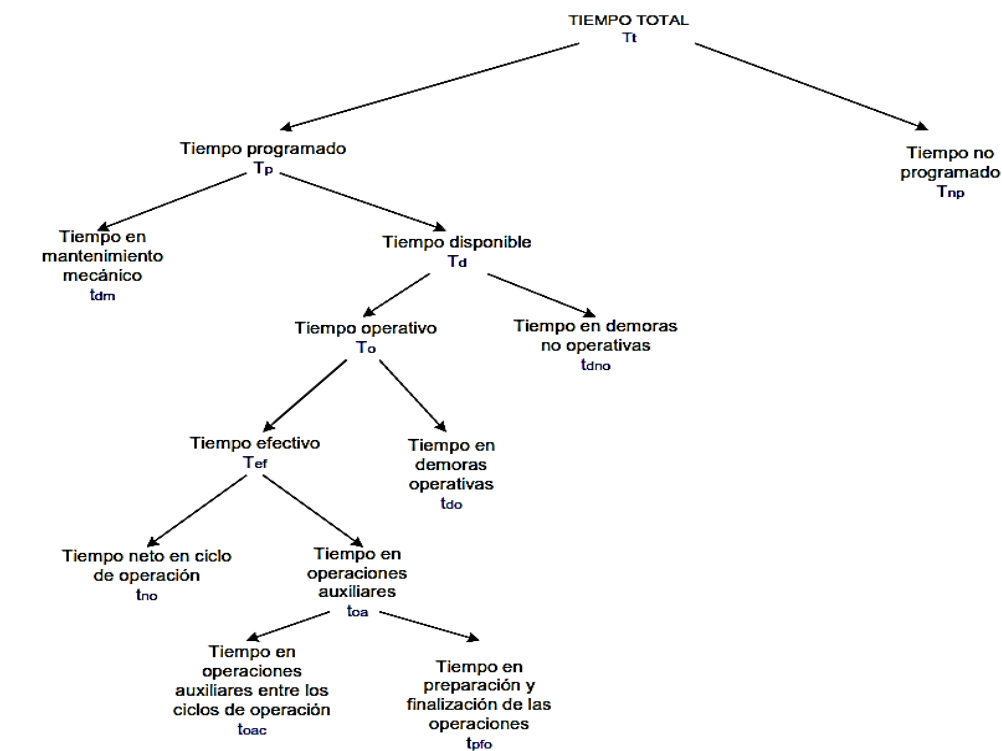


- El Sistema de Distribución del Tiempo Disponible del Equipo o Maquinaria respecto al Proceso Productivo.



2.3.3. Sistema de gestión del tiempo de trabajo

sin embargo, una buena gestión del tiempo no estará completa si no se incluye el tiempo cronológico o tiempo calendario. Es decir, la gestión del tiempo de trabajo debe saber administrar el tiempo productivo sino también conocer los componentes del tiempo calendario para así facilitar el aprovechamiento racional del tiempo total.



Tiempo total (Tt): Es el tiempo total de calendario el cual está dado por 24 horas al día, 30 o 31 días al mes y 12 meses al año.

Tiempo programado (Tp): Es el tiempo de trabajo destinado a cumplir una actividad productiva, así como al tiempo destinado para el mantenimiento o reparación del equipo o maquinaria minera. Durante el tiempo programado el equipo o maquinaria minera se encuentra disponible o bien se encuentra en mantenimiento o reparación mecánica.

Cuando se trata del tiempo programado se refiere al tiempo destinado ya sea para la actividad productiva o también para cuando el equipo se encuentre en mantenimiento o en reparación. Independientemente si el trabajo de reparaciones se realiza dentro de la jornada de trabajo establecido para las operaciones.

Por lo general cuando se trata de tiempo programado (T_p), se refiere sólo “al tiempo destinado a las operaciones de producción”, de allí que el área de mantenimiento no toma en cuenta, en el cálculo de disponibilidad mecánica, el tiempo utilizado en las reparaciones o mantenimiento realizados durante las horas de refrigerio, cambio de guardia o en días domingos y feriados, cuando no están programadas las operaciones productivas u otros trabajos conexas a las operaciones de la mina. Por lo tanto, el factor de disponibilidad mecánica (DM) calculado por el área de mantenimiento no representa la utilización real del tiempo en mantenimiento, no obstante que durante el tiempo no contabilizado en el cálculo de disponibilidad mecánica se emplean mano de obra y materiales y otros desvirtuándose de esta manera el factor de disponibilidad mecánica y los costos por actividades productivas o fuera de ella.

Tiempo no programado (T_{np}): Es el tiempo durante el cual el equipo o maquinaria se encuentra paralizado ya sea en estado operativo o malogrado.

Conceptualmente si una empresa dependiera de un solo equipo cuyo costo es de medio millón de dólares, para asegurar la mayor rentabilidad, este equipo estaría operativo todo el tiempo dejando de trabajar solamente el tiempo que dure el mantenimiento y reparaciones programadas. Este manejo organizacional necesitaría un planeamiento de los trabajos de mantenimiento y reparaciones reduciendo al mínimo las paradas por fallas intempestivas, Por consiguiente, se vería

en la necesidad de la implementación del *área de planeamiento de mantenimiento mecánico* y del *área de logística*, ambas especializadas y proactivas.

En las condiciones reales el porcentaje de tiempo programado fluctúa de 37 % a 92 %, esto significa que las diferentes empresas mineras no programan el tiempo total correctamente o no realizan un control adecuado del tiempo programado. Por otro lado, en *los métodos de control existentes* los tiempos no programados los consideran dentro del tiempo en reservas o como parte de las demoras operativas.

Se ha constatado que en varias empresas mineras algunos equipos permanecen paralizados por tiempo prolongado, tanto en el taller de la mina como en los talleres de los proveedores de equipos ya sea por la falta de atención oportuna en la compra de repuestos o por la demora en la toma de decisiones sin que por ello alguien asuma la responsabilidad por el tiempo perdido.

Generalmente esta decisión le corresponde a la gerencia de logística y/o a la gerencia de operaciones con la finalidad de mantener el stock de repuestos en niveles bajos en almacén y por consiguiente, disminuir el capital financiero comete el error de incrementar el tiempo no programado de estos equipos.

Tiempo mantenimiento mecánico (T_m): Está constituido por las actividades destinadas a mantener operativo el equipo o maquinaria minera, es decir, es el tiempo que se asigna para el mantenimiento preventivo y correctivo en las diferentes etapas del tiempo de vida del equipo o maquinaria minera.

El objetivo de la función de mantenimiento es apoyar el proceso productivo con niveles adecuados de disponibilidad, confiabilidad y operatividad a un costo aceptable.

El mantenimiento abarca un conjunto de actividades orientadas a mantener y recuperar la situación ideal, así como la determinación y evaluación de la situación real de un sistema por

medios técnicos. Las medidas contienen actividades de conservación inspección y reparación.

La gestión del tiempo de reparaciones y mantenimiento de un equipo consiste en la planificación del Programa de Mantenimiento y Reparaciones para lo cual es imprescindible llevar el historial de los equipos “historia clínica” desde su adquisición hasta el momento de tomar la decisión de dársele de baja lo cual muchas veces no se tiene de forma completa en los talleres de mantenimiento de las empresas mineras. Los objetivos de programar las actividades de MP son:

- Eliminación de retrasos (entre trabajos).
- Incremento de la disponibilidad mecánica.
- Planificación del equipo para las reparaciones.
- Planificación de la compra de los materiales para la reparación.
- Planificación de la mano de obra.
- Coordinar con el cliente.
- Eliminar viajes adicionales.
- Simplificar la programación.
- Disminuir la improvisación.

Por trabajos de reparación se entienden todas las medidas que contribuyan a restaurar el estado teórico. Hay que distinguir dos tipos de reparaciones: *reparación planificada* y *reparación no planificada*.

Los tiempos en reparaciones planificadas son aquellas actividades de mantenimiento y de reparaciones que son programadas en su ejecución por el área de mantenimiento respectivo.

Los tiempos en reparaciones no planificadas corresponden a las paradas intempestivas e imprevistas del equipo durante el tiempo operativo (mantenimiento correctivo). Estas fallas no

son detectadas en su debido momento a falta de un Programa de Mantenimiento Preventivo y Predictivo bien implementado. Las fallas o demoras mecánicas no planificadas pueden también ser originadas por la mala operación del equipo o causadas por accidentes de trabajo como, por ejemplo, la caída de rocas que provoquen la rotura del parabrisas del camión.

Corresponde al área de mantenimiento llevar el control de tiempo clasificándolo en demoras mecánicas planificadas y no planificadas, establecer indicadores de tiempo de mantenimiento no planificado a fin de minimizar estas demoras, puesto que, estos tiempos son los que afectan con mayor frecuencia la eficiencia de los equipos durante la operación minera. Por ejemplo: la rotura de una manguera hidráulica de un equipo de carguío, durante el tiempo operativo, paraliza toda la flota de camiones, en ese momento los camiones pasan a tiempo *stand by operativo* por falta de equipo, este tiempo es considerado tiempo en demoras operativas.

Tiempo disponible (Td): Es el tiempo durante el cual los equipos o maquinarias se encuentran operativas y listas para ser utilizados en la actividad productiva. Durante el tiempo disponible el equipo pasa a la administración del área operativa.

Si el equipo se encuentra disponible éste debe pasar al área operativa para ser utilizado en la actividad productiva, pero de no ser necesario en la operación el equipo pasa a tiempo no programado (Tnp) asignándole el código de *stand by programado*. De esta manera no es afectado al factor de disponibilidad mecánica (DM), tampoco al factor de utilización de operaciones mina. El tiempo disponible está conformado por el tiempo operativo (To) y el tiempo en demoras no operativas (tdno)

Tiempo operativo (To): Es el tiempo destinado a realizar la actividad principal de un proceso productivo y se encuentra constituido por el *tiempo efectivo* (Tef) y las *demoras operativas* (tdo).

Durante este tiempo el equipo se encuentra funcionando por lo que el *tiempo operativo* (**T_o**) será equivalente a las *horas máquina* (HM).

Tiempo de demoras no operativas (T_{dno}): Durante las demoras no operativas el equipo está disponible pero no se encuentra funcionando debido a que el operador se encuentra en refrigerio o el personal se encuentra recibiendo entrenamiento y/o charlas técnicas, o bien el equipo se encuentra paralizado por factores externos durante el tiempo disponible.

En los *Métodos de Control de Tiempo conocidos* estas demoras no están diferenciadas adecuadamente.

Tiempo efectivo (T_e): El tiempo efectivo es el tiempo principal de la actividad productiva

Tiempo de demoras operativas (T_{do}): Está constituido por los tiempos improductivos de los equipos originados por la secuencia de las operaciones unitarias. Durante este tiempo los equipos mineros se interrelacionan cumpliendo diversas actividades productivas (ejemplo: pala espera camión - camión espera pala).

Las demoras operativas están relacionadas con la gestión del tiempo operativo de parte de los operadores. Es decir, dependen del grado de la planificación de las operaciones, las condiciones geológico mineras, así como de la dirección y control de las operaciones de mina. En el Gráfico 4, se muestra la distribución de las demoras operativas de un camión durante el tiempo operático registrado. Estos datos permiten tomar acciones para reducir las demoras operativas e incrementar la utilización efectiva (UE).

Tiempo neto en ciclo de operación (T_{no}): es el tiempo donde el equipo esta operando sin paradas o interferencias en la actividad para la cual fue diseñada.

Tiempo en trabajos auxiliares (T_{na}): Es el tiempo donde el equipo esta realizando trabajos necesarios para la operación y así darles continuidad a las actividades operativas.

Tiempo en operaciones auxiliares entre los ciclos de operación (Toac): es el tiempo que registra durante la ejecución del trabajo auxiliar.

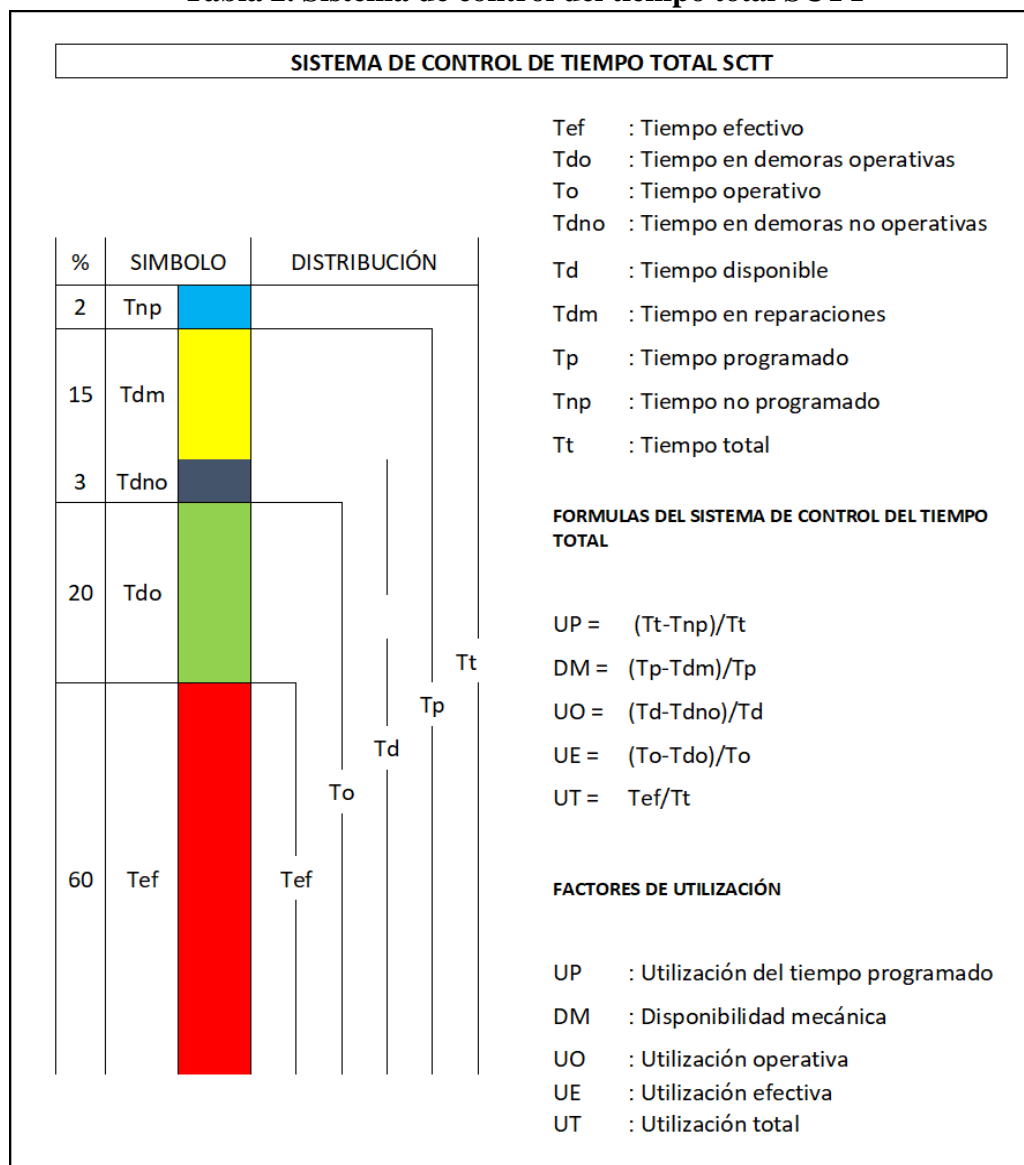
Tiempo de preparación y finalización de la operación (Tpfo): Es el tiempo que registra antes y después de ejecutar el trabajo auxiliar.

A partir de los conceptos mencionados se ha elabora el esquema de distribución de tiempo total, donde se muestra el método de distribución de tiempo total denominado **“Método NRI”**.

El **“El método NRI**, consiste en la clasificación del tiempo cronológico o tiempo total (Tt) y la interdependencia de las actividades en el proceso productivo.

Los indicadores, o factores de eficiencia, determinados en las diferentes fases de distribución del tiempo total sirven para evaluar la gestión del tiempo de trabajo en los diferentes niveles de gestión del aparato productivo de una determinada empresa.

Tabla 2. Sistema de control del tiempo total SCTT



Fuente: Unidad Minera Iscaycruz

Factor de utilización del tiempo programado: Indica el porcentaje de tiempo programado respecto al tiempo total (tiempo cronológico) y es el indicador que califica la organización y la política de la empresa en la gestión del tiempo no programado el cual se expresa con la siguiente formula:

$$UP = \frac{(Tt - Tnp)}{Tt} = \frac{Tp}{Tt}$$

Donde:

UP: Utilización del tiempo programado

Tt: tiempo total

Tnp: tiempo no programado

Tp: tiempo programado

Disponibilidad mecánica: El factor de disponibilidad mecánica (DM) es el indicador de comportamiento clave (KPI) que se utiliza para calificar la gestión del área de mantenimiento de una empresa. El objetivo del área de mantenimiento mecánico es garantizar la ***disponibilidad mecánica en forma sostenida*** para que las actividades productivas estén en los niveles más altos.

La disponibilidad mecánica depende de una serie de factores, entre ellos tenemos:

- Antigüedad del equipo
- Planificación del mantenimiento preventivo y predictivo
- Grado de implementación de los talleres de mantenimiento
- Contar con personal
- Contar con operadores capacitados
- Desarrollo del Programa de Mantenimiento Predictivo

$$DM = \frac{(Tp - Tdm)}{Tp} = \frac{Td}{Tp}$$

Donde

DM: Disponibilidad mecánica

Tp: tiempo programado

Tdm: tiempo de reparaciones mecánica

Td: tiempo disponible

Factor de utilización del tiempo operativo: El factor de utilización de tiempo operativo (UO) es el factor que indica el grado de organización y control de la administración de las operaciones de minado.

El tiempo operativo (To) está conformado por: el tiempo efectivo (Tef) y el tiempo en demoras operativas (tdo) también se define el *Tiempo Operativo* como la suma del *tiempo productivo* y *tiempo en demoras operativas*.

$$UO = \frac{(Td - Tdno)}{Td} = \frac{To}{Td}$$

$$To = Tef + tdo$$

Donde:

UO: factor de utilización del tiempo operativo

Td: Tiempo disponible

Tdno: tiempo de demoras no operativas

To: tiempo operativo

Tef: tiempo efectivo

Tdo: tiempo de demoras operativas

Utilización efectiva: Es el indicador de comportamiento clave (KPI) de la organización y control de la operación de la mina.

El tiempo efectivo (Tef) está constituido por el tiempo neto de operación (tno) y tiempo en operaciones auxiliares (toa).

El tiempo en operaciones auxiliares (toa) está conformado por el tiempo en operaciones auxiliares entre el ciclo de operación (toac) y el tiempo en preparación y finalización de las operaciones (toapf).

$$UE = \frac{(To - Tdo)}{To} = \frac{Tef}{To}$$

$$Tef = Tno + Toa$$

Donde:

UE: factor de utilización del tiempo efectivo

To: tiempo operativo

Tdo: tiempo de demoras operativas

Tef: tiempo efectivo

Tno: tiempo neto en operaciones productivas

Toa: tiempo en operaciones auxiliares

2.2.6. utilización total: Es la relación del tiempo efectivo respecto al tiempo total o el tiempo calendario. Este factor califica en forma integral la gestión del tiempo total en la actividad productiva de los equipos.

Este factor cuantifica el porcentaje de tiempo total empleado en las actividades netas de operación y en operaciones auxiliares, es decir, califica cuánto tiempo es aprovechado en el proceso productivo.

$$UT = UP * DM * UO * UE$$

$$UT = \frac{Tef}{Tt}$$

Donde:

UT: utilización del tiempo total

DM: disponibilidad mecánica

UO: factor de utilización

UE: utilización del tiempo efectivo

Tef: tiempo efectivo

Tt: tiempo total

Capacidad de producción: En una primera aproximación se puede definir la capacidad como “la máxima cantidad de bienes o servicios que puede obtenerse en una unidad productiva en condiciones normales de funcionamiento en un período de tiempo determinado”. Es necesario destacar que es un error hablar de capacidad de producción sin tener un referente temporal, es decir, sin tener en cuenta el factor tiempo.

Capacidad productiva de carguío (Q_{PC}): se determina mediante la siguientes formulas:

$$Q_{PC} \left(\frac{m^3}{Hr} \right) = \left(\frac{60_{min} * C_{cnc} * F_{ll}}{ciclo_{min} * F_{esp}} \right) * UP * DM * UO * UE$$

Donde:

Q_{PC} : capacidad productiva de carguío $\frac{m^3}{Hr}$

C_{cnc} : Capacidad de carga nominal de cucharón m^3

F_{ll} : Factor de llenado de cucharón

F_{esp} : factor de esponjamiento de material

Ciclo: tiempo que tarda el equipo de carguío en dar un pase

UP: Factor de utilización del tiempo programado

DM: Disponibilidad mecánica

UO: Factor de utilización del tiempo operativo

UE: Factor de utilización del tiempo efectivo

En caso de querer la capacidad de producción en unidades de toneladas se multiplicará por la densidad in situ del material roto.

Capacidad productiva de acarreo: se determina con la siguiente formula:

$$Q_{PC} \left(\frac{m^3}{Hr} \right) = \left(\frac{60_{min} * C_{cnt} * F_{ll}}{ciclo_{min} * F_{esp}} \right) * UP * DM * UO * UE$$

Donde:

Q_{PC} : capacidad productiva de transporte de material $\frac{m^3}{Hr}$

C_{cnt} : Capacidad de carga nominal de tolva m^3

F_{ll} : Factor de llenado en tolva

F_{esp} : factor de esponjamiento de material

Ciclo: tiempo que tarda el equipo de transporte en dar un viaje

UP: Factor de utilización del tiempo programado

DM: Disponibilidad mecánica

UO: Factor de utilización del tiempo operativo

UE: Factor de utilización del tiempo efectivo

Productividad: La productividad es el uso eficiente de recursos –trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios-. Es la posibilidad de aumentar la producción a partir del incremento de cualquiera de los factores productivos antes mencionados. En función de esto, la productividad se incrementaría mediante:

1. Una mayor cantidad de trabajo o trabajo más calificado,
2. Un aumento de los recursos naturales explotados
3. Un aumento del equipamiento,
4. Un uso más eficiente de la tecnología o la aplicación de nuevas tecnologías,
5. Un uso más eficiente de las tecnologías de la información.
6. Un uso más eficiente de las energías

Veremos que la productividad puede definirse como una relación. Una relación entre los resultados y el tiempo que lleva en conseguirlos y una relación entre cantidad y calidad de bienes o servicios producidos y la cantidad y calidad de recursos utilizados para producirlos.

Por tal motivo, toda medición de productividad es una medición del desempeño del trabajador.

La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una mejora favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos, por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlos (entradas o insumos). ROBERTO CARRO PAZ

2.2.16. Factor acoplamiento: Un proyecto de Movimiento de Tierras implica la ejecución de una serie de actividades repetitivas (como excavación, carguío y transporte), las cuales son realizadas con distintos tipos de equipos. Para llegar al grado deseado de eficiencia, es indispensable una muy buena coordinación entre los equipos, sobre todo para las actividades de carga y transporte de material. Para conseguir lo anteriormente mencionado, es necesario atender los siguientes factores:

- La adecuada combinación entre las dimensiones de los equipos tanto de carga como de acarreo, de tal forma que no se originen paras en el ciclo ni aumentos excesivos en los tiempos del mismo.

- Elección de la cantidad de equipos de transporte y carga necesarios. Esto debe efectuarse una vez conocidos los modelos de los mismos, el tipo o tipos de material a transportar, y las distancias y vías por las que se efectuará el acarreo.

Con el cálculo del FA se busca determinar la cantidad óptima de unidades de transporte asociadas a un equipo de carguío determinado. En líneas generales, podemos definir el Factor de Acoplamiento de la siguiente manera:

$$F.A = \frac{\textit{produccion del equipo de carguio}}{\textit{produccion del equipo de transporte}}$$

Debido a que en proyectos de Movimiento de Tierras los equipos de carguío son prácticamente fijos para determinado frente de trabajo, se puede calcular (a través del FA) la cantidad de equipos de acarreo que deben trabajar con la máquina de carga establecida; esta cantidad de equipos será la necesaria para poder absorber la producción del equipo de carguío en el frente de trabajo.

El resultado ideal de un FA está representado por la unidad, pero como es lógico, difícilmente se obtendrá dicho valor en la práctica, por lo que la solución ideal contempla aquellos factores de acoplamiento que se encuentren próximos a dicho número, tanto superiores o inferiores a él. Cuando se elige un FA superior a la unidad, se opta por una flota que pueda proporcionarnos una mayor producción diaria por la existencia de mayor cantidad de equipos de acarreo que la mínima necesaria, en este caso pueden presentarse ligeras paras durante el ciclo de los volquetes, mientras que la excavadora se mantendrá operado en todo momento. Análogamente, de escogerse un factor de acoplamiento menor a la unidad, se estaría optando por la solución más rentable, sin embargo las cantidades de producción diaria se verían disminuidas en una pequeña proporción, esto debido a la existencia de una cantidad de volquetes por debajo de los necesario, en tal caso, las paras se presentarán esporádicamente durante la operación de la excavadora, y será debido a la espera de

las unidades de acarreo para su carga, mientras que dichas unidades se mantendrán en actividad (tránsito, carga y descarga) durante toda la jornada.

Otra forma de cálculo del FA es la siguiente:

$$FA = \frac{\text{Tiempo de ciclo de transporte} * N^{\circ} \text{ de equipos de carguio}}{\text{tiempo de ciclo de carguio} * N^{\circ} \text{ equipos de transporte}}$$

Variable flota de carguío y acarreo

2.3.4. Movimiento de tierras

Se denomina movimiento de tierras al conjunto de operaciones que se realizan con los terrenos naturales, a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles en obras públicas, minería o industria. Las operaciones del movimiento de tierras en el caso más general son:

- Excavación o arranque.
- Carga.
- Acarreo.
- Descarga.
- Extendido
- Humectación o desecación. Compactación.
- Servicios auxiliares (refinos, saneas, etc.).

Los materiales se encuentran en la naturaleza en formaciones de muy diverso tipo, que se denominan bancos, botaderos, en perfil cuando están en la traza de una carretera, y en préstamos fuera de ella. La excavación consiste en extraer o separar del botadero porciones de su material. Cada terreno presenta distinta dificultad a su excavabilidad y por ello en cada caso se precisan

medios diferentes para afrontar con éxito su excavación. Los productos de excavación se colocan en un medio de transporte mediante la operación de carga. Una vez llegado a su destino, el material es depositado mediante la operación de descarga. Esta puede hacerse sobre el propio terreno, en plataformas dispuestas para tal efecto. Para su aplicación en obras públicas, es frecuente formar, con el material aportado, capas de espesor aproximadamente uniforme, mediante la operación de extendido. De acuerdo con la función que van a desempeñar las construcciones hechas con los terrenos naturales aportados, es indispensable un comportamiento mecánico adecuado, una protección frente a la humedad, etc. Estos objetivos se consiguen mediante la operación llamada compactación, que debido a un apisonado enérgico del material consigue las cualidades indicadas.

2.3.5. Sistema de carguío y acarreo

Carguío y acarreo

Dentro de los procesos productivos de mayor costo se encuentra el carguío y acarreo de material, debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos involucrados, alto grado de mecanización, menor rendimiento productivo por equipo y constituye un proceso de operación prácticamente continuo y lento. El carguío tiene como objetivo retirar el material tronado desde una pila dispuesta de forma tal que facilite la extracción de material hacia la planta y/o botaderos, como a puntos intermedios. Por su parte, el transporte consiste en el movimiento de materiales desde los puntos de extracción (carguío) hacia los diferentes destinos (Marca, 2014).

Productividad carguío

En el área de carguío es necesario conocer las consideraciones para mejorar la productividad, son las siguientes (Marca, 2014):

- ❖ A mejor carga útil o payload, mayor productividad (depende del tipo de camión).

- ❖ A mejor uso del equipo (menos demoras) mayor productividad.
- ❖ A menor tiempo de carguío, mayor productividad (depende del tipo de camión)
- ❖ Con mejores condiciones para el cuadrado de camiones (menor tiempo de cuadrado o spot), mayor productividad.

Productividad de acarreo

Simultáneamente en el área de acarreo se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones (Mauricio, 2015):

A mejor carga útil o Payload, mayor productividad.

A mayor distancia y velocidad, mayor productividad.

A mejor uso del equipo (menos demoras) mayor productividad.

Equipos de Carguío

En minería a cielo abierto, uno de los equipos de carguío más utilizado es la Palas hidráulica, ya que son de bajo costo por unidad de producción y requieren de grandes volúmenes de material volado porque tienen poca movilidad para trabajar en varios frentes de carguío al mismo tiempo, son flexibles debido a que puede combinarse con varios modelos de camiones (Ríos, 2013).

Equipos de Acarreo

El camión corresponde a la unidad de transporte utilizada en explotación de minas a tajo abierto, Los camiones mineros están especialmente diseñados para acarrear tonelajes mayores, hasta 260 Ton. Los equipos de transporte trasladan el material a su destino final, ya sea a botaderos, planta o pad (Ríos, 2013)

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.Método y alcance de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación se procedió a la toma de datos de carga y acarreo de material extraído en las operaciones mineras, por ejemplo, los tiempos de carga y descarga, capacidad de la flota, tiempo de traslado, rendimiento de las actividades, etc.

3.2.Tipo de investigación

(ÑAUPAS, VALDIVIA, PALACIOS, & ROMERO, 2018)afirman que el tipo de investigación se limita a dos, tales como: la investigación básica, pura o fundamental y la investigación aplicada. Según el sustento de estos autores se es posible definir que la tesis pertenece a la investigación aplicada. Porque, busca establecer estrategias que resuelvan la problemática de la productividad en la mina santa este – unidad minera Iscaycruz. A través del del dimensionamiento de flota para carguío y acarreo de dicha unidad minera

3.3.Nivel de la investigación

Los niveles de investigación desarrollados son: descriptivo, porque se pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o variables a que se refieren. Correlativo, porque asocia las variables mediante un patrón predecible para un grupo o población y Explicativo, porque pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian” (HERNANDEZ, 2006, págs. 102-105-108)

Bajo el concepto anterior, esta investigación tiene un nivel descriptivo - explicativo, ya que se busca establecer los efectos del dimensionamiento de la flota de carguío y acarreo en la productividad en la mina santa este – unidad minera Iscaycruz, para explicar los resultados obtenidos, el objetivo es encontrar las relaciones causa – efecto de ciertos hechos con el objeto de conocerlos a profundidad.

3.4.Método de investigación

Global

El método de la investigación es el método científico de enfoque cuantitativo ya que los datos y resultados obtenidos son datos numéricos provenientes de una recolección de datos basados en instrumentos estandarizados que permiten medir y poder demostrar si estos son válidos y confiables, debido al cual serán analizados estadísticamente. (HERNANDEZ, 2006, pág. 5).

General

Según el enfoque cuantitativo al que pertenece la investigación, le corresponde un método deductivo toda vez que este método parte del análisis y revisan de teorías definidas por uno o mas autores, que posteriormente serán corroboradas en la practica utilizando datos de campo y cuyos resultados permitirán probar las hipótesis con base a una medición numérica y aun análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento.

3.5. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental de tipo pre - experimental porque se analiza la como estará la productividad en la mina santa este – unidad minera Iscaycruz cuando realice el dimensionamiento de la flota de carguío y acarreo.

$$G1 \quad X \quad OY$$

G1 = Grupo experimental

X= Tratamiento

OY = Grupo control

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

La población representa al conjunto de elementos que comparten por lo menos una característica. (HERNANDÉZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

la población de estudio de este trabajo de investigación son las excavadoras Caterpillar modelo 374F y volquetes Marca Volvo modelo FMX 500 ISHIFT de la empresa contratista JRC ingeniería y construcción SAC, quienes laboran en la Unidad Minera Iscaycruz en la mina Santa Este en el proceso de carguío y acarreo de material mineral y desmonte.

3.6.2. Muestra

La muestra es la parte representante de la población, de tal manera que los resultados que se obtienen en la muestra logren generalizar en absoluto los elementos que conforman dicha población. (HERNANDÉZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

La muestra del presente trabajo de estudio son 3 unidades de excavadoras de marca Caterpillar, 2 de modelo 374F de 4.60 m³ capacidad de cucharón y 1 de modelo 349D2L de 3.60 m³ capacidad de cucharón, 41 unidades de volquetes, de marca Volvo 35 unidades, marca Scania 6 unidades, de las cuales 13 unidades de 20 m³ de capacidad de tolva, 22 unidades de 22 m³ de capacidad de tolva y 6 unidades de 24 m³ de capacidad de tolva.

3.6.3. Muestreo

Probabilística debido a que todos los elementos de la población tienen una probabilidad mayor de cero de ser seleccionadas de la muestra. El método que se usará será por muestreo estratificado, ya que la población se reagrupa según estratos tipo de aditivo y edad del concreto. (HERNANDEZ, FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

El tipo de muestreo es probabilístico aleatorio de fijación simple, la medición de los ciclos de carguío y transporte de material de los equipos que conforman la muestra, se realizaron en función al tiempo total, horas programadas y asignación de la zona de trabajo diario.

3.7. Variables de la investigación

3.7.1. Variable independiente

- Dimensionamiento de flota de carguío y acarreo.

3.7.2. Variable dependiente

- Productividad de la operación de carguío y acarreo.

3.8.Operacionalización de variables

Tabla 2. Matriz de operacionalización

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Indicadores	Índices
Variable independiente	Dimensionamiento de flota de carguío y acarreo.	Cantidad correcta de unidades de transporte asociadas para una unidad de carguío determinado	Factor de acoplamiento	$FA = (\text{ciclo transporte} * N^{\circ} \text{equipos carguío}) / (\text{ciclo carguío} * N^{\circ} \text{equipos transporte})$	-
			Número de equipos	$N = (\text{m3 requeridos} / \text{producción por equipo})$	Unidad
Variable dependiente	Productividad del proceso del carguío y acarreo.	Es el promedio de las unidades de producción (m3, ton), realizadas por el equipo por cada unidad de tiempo	carguío	(m3 de material producido / horas trabajadas por día)	m3/h
			transporte	(m3 de material producido / horas trabajadas por día)	m3/h
			Ciclo carguío	Tiempo de (maniobra + carga + descarga)	seg / pase
			Ciclo transporte	Tiempo de (maniobra + carguío + traslado de ida + maniobra de descarga + descarga + retorno)	min / viaje

3.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.9.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica que se empleó fue la observación directa que consiste en observar el proceso de carguío y acarreo de material de la mina hasta realizar su análisis después en gabinete para medir por medio de ayuda estadística los resultados y con ello obtener los rendimientos de esta actividad. (HERNANDÉZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

3.9.2. Instrumentos para procesamiento de datos

El instrumento que se utilizó:

- ❖ Guía de análisis documental.
- ❖ Guía de observación.
- ❖ Fichas de datos

Todo ello para registrar los datos de la toma de tiempos en las actividades que se pretenden medir (HERNANDÉZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

3.9.3. Tratamiento estadístico

Para iniciar con el análisis estadístico que nos permitirá evaluar el incremento de la productividad en función de la flota de carguío y acarreo, primero plantearemos la prueba de hipótesis donde se hará énfasis en si un dimensionamiento de flota mejora o no significativamente la productividad, para lo cual se realizará un análisis descriptivo de los resultados en función del tiempo seguido de un prueba de normalidad de resultados, estas se analizarán mediante las pruebas de Shapiro Wilk que se utiliza para muestras pequeñas de menos de 50 datos o la de Kolmogorv-Smirnov aplicada

para muestras grandes bajo el criterio de aceptación de la hipótesis nula que nos dice que los datos proviene de una distribución normal si el p-valor sea menor a 0.05.

3.10. Equipos utilizados de recolección y procesamiento de datos

3.10.1. Equipos utilizados en la recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó una cuadrilla de trabajadores, entre técnicos e ingenieros quienes recogían datos de tiempos en posturas para coleccionar datos de las actividades de carguío y acarreo, que involucra los tiempos productivos, contributorios y no contributorios.



Para obtener estos tiempos se utilizaron cronómetros, relojes fichas de datos, cuaderno de campo, equipos topográficos, con objetivo de verificar los m³ transportados, tiempos efectuados en cada proceso de la operación de carguío y acarreo.

3.11. Programas utilizados para el procesamiento de datos

Mediante hojas de calculo Excel y usando sus funciones de estadística se realizara el proceso para los datos obtenidos de los rendimientos en función del tiempo que fueron aplicados a las muestras, asi como también el programa SPSS para corroborar el grado de correlación y significancia que existe entre las variables experimentadas.

3.12. Desarrollo de la investigación

Para realizar la investigación se llevó a cabo una serie de procesos que permitieron obtener los tiempos, características de los equipos, capacidades de los equipos, distancias entre los puntos de partida y los bancos de acopio, Etc.

3.12.1. Características del material minado.

3.12.2. Operación de carguío

3.12.3. Operación de transporte de material

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características del material minado.

Para el rendimiento efectivo de los equipos de carguío y transporte es útil conocer las características del material como la densidad del material, el factor esponjamiento y volumen de carga promedio por volquete.

Tabla 3. Características del material de mineral y desmonte según temporada

MES	UNIDAD	PROMEDIO TEMPORADA SECA		PROMEDIO TEMPORADA HUMEDA	
		MIN	DES	MIN	DES
Material	GLB				
Volumen que transporta el volquete LCM	m3	14.50	18.05	13.35	16.51
Densidad in situ	Ton/m3	3.74	2.70	3.70	2.70
Densidad rota	Ton/m3	2.72	2.03	2.92	2.21
FCV		0.73	0.75	0.79	0.82
Factor de esponjamiento	%	37.74%	32.80%	26.77%	22.13%
Volumen que transporta el volquete BCM	m3	10.52	13.59	10.53	13.52

El volumen de mineral insitu promedio que transporta el volquete de modelo FMX ISHIFT durante la temporada seca y húmeda es de 10.52 m³ y 10.53 m³ respectivamente.

El volumen de material estéril promedio que transporta el volquete de modelo FMX ISHIFT durante la temporada seca y húmeda es de 13.59 m³ y 13.52 m³ respectivamente.

4.2. Operación de carguío

4.2.1. Distribución de equipos de carguío

Actualmente en las operaciones de la mina Tajo Santa Este se cuenta con 4 excavadoras las cuales están se distribuyen de la siguiente manera:

- 02 excavadoras marca Caterpillar de modelo 374F con capacidad de 4.60 m³, las cuales tiene la función exclusiva de realizar el corte y carguío de mineral y desmonte.
- 01 excavadora marca Caterpillar de modelo 349D2L con capacidad de 3.60 m³, la cual tiene una función mixta, realiza operaciones de corte y carguío de material y trabajos auxiliares.
- 1 excavadora marca Caterpillar de modelo 336DL de capacidad de 1.60 m³, la cual realiza trabajos auxiliares.

A cada equipo de carguío se le asigna un número determinado de volquetes de forma empírica según la distancia de transporte de material.

4.2.2. Distribución del tiempo cronológico de las excavadoras.

En la tabla se observa cómo se distribuye el tiempo cronológico para las distintas excavadoras según la temporada, los meses de setiembre y octubre corresponden a una temporada seca y los meses de noviembre y diciembre corresponde a la temporada húmeda.

Tabla 4. Distribución de tiempo cronológico según temporada de las excavadoras

ITEM	DESCRIPCION	COD	UND	EXCAVADORA CAT 374F - 2EX001		EXCAVADORA CAT 374F - 2EX701		EXCAVADORA CAT 349D2L - 2EX700/2EX002	
				TEMP SECA	TEMP HUMEDA	TEMP SECA	TEMP HUMEDA	TEMP SECA	TEMP HUMEDA
1	Tiempo total	Tt	Hr	732.00	732.00	732.00	732	732.00	732.00
2	Tiempo no programado	Tnp	Hr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Tiempo programado	Tp	Hr	732.00	732.00	732.00	732.00	732.00	732.00
4	Tiempo en mantenimiento	Tm	Hr	15.26	67.62	18.62	74.61	51.05	37.08
4.1	Tiempo mantenimiento correctivo	Tmc	Hr	1.13	0.54	5.11	26.25	16.55	0.00
4.2	Tiempo mantenimiento imprevisto	Tmi	Hr	1.89	14.92	2.22	33.67	9.12	3.56
4.3	Tiempo mantenimiento preventivo	Tmpre	Hr	2.94	23.22	2.89	11.45	12.39	13.52
4.4	Tiempo mantenimiento programado	Tmpro	Hr	9.31	28.94	8.41	3.25	12.99	20.00
5	Tiempo disponible	Td	Hr	716.74	664.38	713.38	657.39	680.95	694.92
6	Tiempo demoras no operativas	Tdno	Hr	105.89	86.03	92.28	107.89	168.00	142.92
6.1	Refrigerio/descanso	Hrd	Hr	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00
6.2	Cambio de guardia	Hrc	Hr	15.25	15.25	15.25	15.25	15.25	15.25
6.3	Pausas activas	Hrpa	Hr	5.08	5.08	5.08	5.08	5.08	5.08
6.4	Otras demoras no operativas	Hrot	Hr	24.56	4.69	10.95	26.56	86.66	61.58

7	Tiempo operativo	To	Hr	610.85	578.35	621.10	549.5	512.95	552.00
8	Tiempo demoras operativas	Tdo	Hr	98.49	123.37	125.12	114.84	71.60	115.27
8.1	Traslados	Hrt	Hr	22.01	22.09	20.73	27.60	39.94	42.41
8.2	Espera de volquetes	Hrev	Hr	39.70	39.04	40.52	30.38	16.60	23.50
8.3	Limpieza de frente	Hrge	Hr	17.08	21.17	27.41	25.30	5.22	12.73
8.4	Selección de material	Hrto	Hr	14.90	23.24	23.66	21.82	3.12	9.46
8.5	Otras demoras operativas	Hrot	Hr	4.80	17.83	12.80	9.74	6.73	27.17
9	Tiempo efectivo	Te	Hr	512.36	454.98	495.98	434.66	441.26	436.73
9.1	Carguío de mineral con voladura	Hrcmcv	Hr	2.08	0.00	8.61	0.00	1.27	0.00
9.2	Carguío de mineral sin voladura	Hrcmsv	Hr	52.85	13.48	25.20	9.70	11.29	12.80
9.3	Carguío de desmonte con voladura	Hrcdcv	Hr	62.45	120.78	103.54	172.94	81.50	125.64
9.4	Carguío de desmonte sin voladura	Hrcdsv	Hr	297.23	235.44	274.71	171.93	136.16	148.02
9.5	Trabajos auxiliares	Hrta	Hr	97.76	85.28	83.93	80.09	211.04	150.28

se observa que durante la temporada húmeda el tiempo de mantenimiento de las excavadoras incrementa debido a las condiciones climáticas, las cuales generan deterioro y daños a los equipos, como consecuencia de ello el tiempo disponible, el tiempo operativo disminuyen durante dicha temporada.

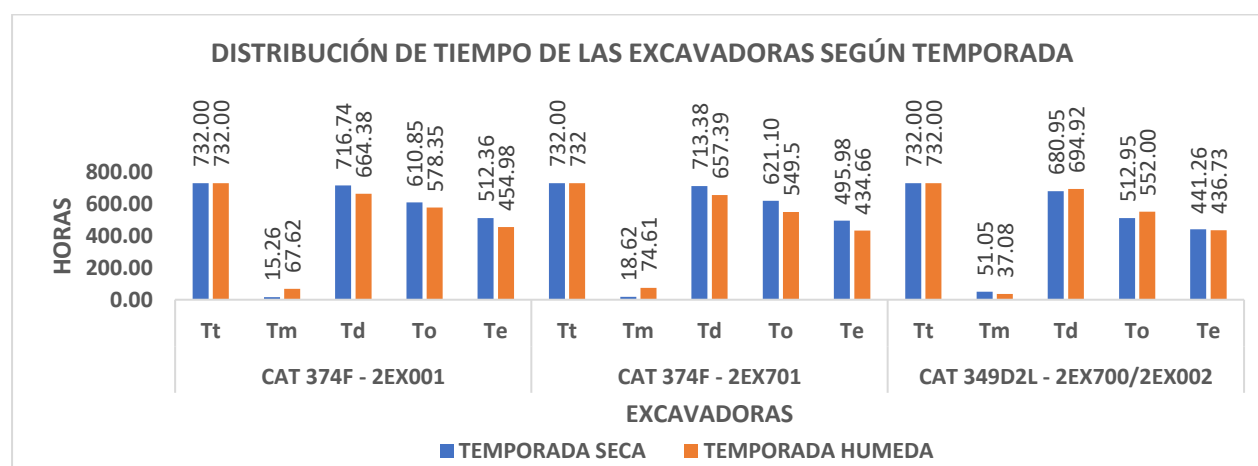


Figura 3. Distribución del tiempo cronológico según temporada de las excavadoras

4.2.3. Indicadores de gestión de la operación de carguío:

en la siguiente tabla se manifiesta el comportamiento de los indicadores de gestión de los equipos de carguío según la temporada.

Tabla 4. indicadores de gestión en los equipos de carguío según temporada

ITEM	DESCRIPCION	COD	UN D	EXCAVADORA CAT 374F - 2EX001		EXCAVADORA CAT 374F- 2EX701		EXCAVADORA CAT 349D2L - 2EX700/2EX002	
				TEMP SECA	TEMP HUME DA	TEMP SECA	TEMP HUME DA	TEMP SECA	TEMP HUMED A
1	Factor utilización del tiempo programado	FUT P	%	100.00 %	100.00%	100.00 %	100.00%	100.00%	100.00%
2	Disponibilidad mecánica	DM	%	97.93%	90.79%	97.48%	89.81%	93.04%	94.92%
3	Factor de utilización del tiempo operativo	FUT O	%	85.25%	87.05%	87.06%	83.55%	75.36%	79.41%
4	Factor de utilización del tiempo efectivo	FUT E	%	83.89%	78.69%	79.87%	79.09%	86.05%	79.17%
5	Eficiencia total	ET	%	70.04%	62.16%	67.79%	59.35%	60.33%	59.66%

De la figura se puede expresar lo siguiente:

- El factor de utilización del tiempo programado es 100% debido a que los 30 o 31 días del mes en el sector minero se trabajan incluyendo los feriados.
- La disponibilidad mecánica, la utilización del tiempo efectivo y la eficiencia total desciende notoriamente durante la temporada húmeda, esto debido a que las condiciones climáticas (lluvias, nevado, otros).
- La eficiencia total de la excavadora CAT 349D2L es menor debido a que es un equipo de uso mixto, es decir realiza trabajos de minado y trabos auxiliares como perfilados de talud, construcción de rampas y otras actividades que se requieran durante el minado, lo cual genera mayor traslado, demoras operativas.

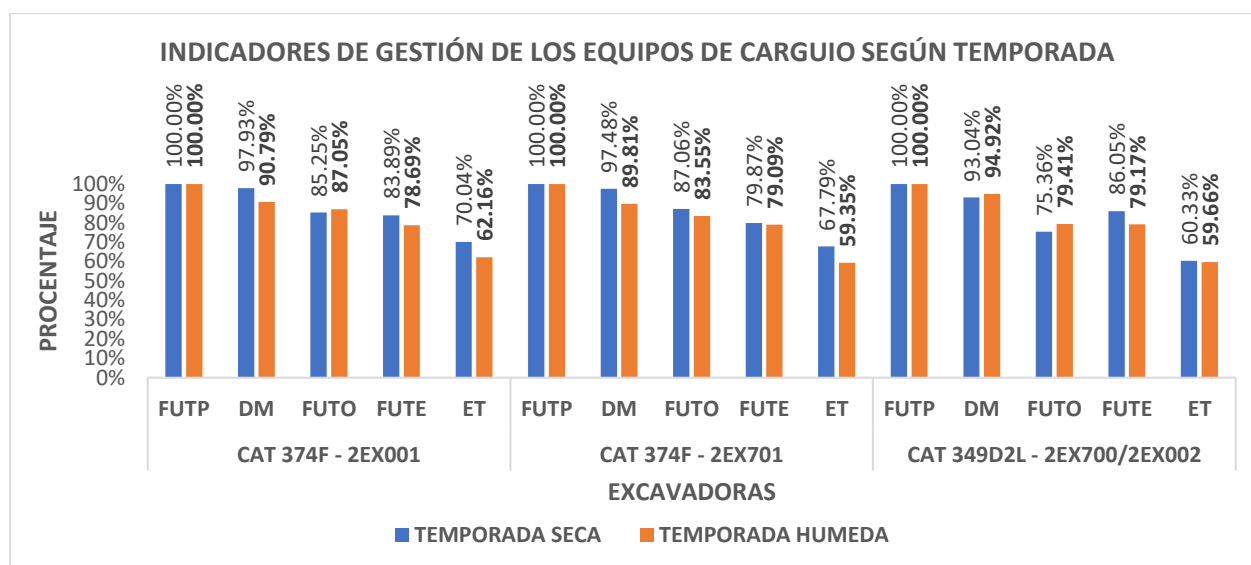


Figura 5. indicadores de gestión de los equipos de carguío según la temporada

4.2.4. Rendimiento efectivo de carguío según temporada

En las tablas siguientes se muestra los rendimientos de las excavadoras según temporada

DESCRIPCION	UNID	CAT 374F - 2EX001							
		TEMP SECA				TEMP HUMEDA			
EFICIENCIA TOTAL	%	69.5%				62.2%			
CARACTERISTICA MATERIAL		CON		SIN		CON		SIN	
TIPO MATERIAL		VOLADURA	VOLADURA	VOLADURA	VOLADURA	VOLADURA	VOLADURA	VOLADURA	VOLADURA
TIPO MATERIAL		MIN	DES	MIN	DES	MIN	DES	MIN	DES
CAPCIDAD CUCHARON LCM	m3	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
FACTOR LLENADO	%	75%	85%	75%	85%	70%	80%	70%	80%
DENSIDAD IN SITU	Ton/m3	3.74	2.70	3.74	2.70	3.70	2.70	3.70	2.70
DENSIDAD SUELTO	Ton/m3	2.72	2.03	2.72	2.03	2.92	2.21	2.92	2.21
FACTOR CONVERSION		VOLUMETRICA		VOLUMETRICA		VOLUMETRICA		VOLUMETRICA	
VOLUMETRICA	FCV	0.73	0.75	0.73	0.75	0.79	0.82	0.79	0.82
PORCENTAJE ESPONJAMIENTO	%	38%	33%	38%	33%	27%	22%	27%	22%
CAPACIDAD CUCHARON REAL		BCM		BCM		BCM		BCM	
BCM	m3	2.50	2.94	2.50	2.94	2.54	3.01	2.54	3.01
VOLUMEN POR VOLQUETE BCM	m3	10.52	13.69	10.52	13.69	10.53	13.52	10.53	13.52
NUMERO PASES/VOLQUETE	und/volq	4.20	4.62	4.20	4.62	4.15	4.49	4.15	4.49
TIEMPO CARGIO VOLQUETE	min	2.13	2.26	2.26	2.41	2.16	2.23	2.23	2.26
CICLO REAL CARGUIO	min	0.52	0.49	0.54	0.52	0.48	0.54	0.54	0.50
RENDIMIENTO EFECTIVO BCM	m3/hr	199.5	252.9	196.0	237.3	233.4	175.8	223.1	223.1

DESCRIPCION	UNID	TEMP SECA				TEMP HUMEDA			
		CON		SIN		CON		SIN	
EFICIENCIA TOTAL	%	67.8%				59.4%			
CARACTERISTICA MATERIAL		VOLADURA		VOLADURA		VOLADURA		VOLADURA	
TIPO MATERIAL		MIN	DES	MIN	DES	MIN	DES	MIN	DES
CAPCIDAD CUCHARON LCM	m3	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
FACTOR LLENADO	%	75%	85%	75%	85%	70%	80%	70%	80%
DENSIDAD IN SITU	Ton/m3	3.74	2.70	3.74	2.70	3.70	2.70	3.70	2.70
DENSIDAD SUELTO	Ton/m3	2.72	2.03	2.72	2.03	2.92	2.21	2.92	2.21
FACTOR CONVERSION VOLUMETRICA	FCV	0.73	0.75	0.73	0.75	0.79	0.82	0.79	0.82
PORCENTAJE ESPONJAMIENTO	%	38%	33%	38%	33%	27%	22%	27%	22%
CAPACIDAD CUCHARON REAL EN BCM	m3	2.50	2.94	2.50	2.94	2.54	3.01	2.54	3.01
VOLUMEN POR VOLQUETE BCM	m3	10.52	13.69	10.52	13.69	10.53	13.52	10.53	13.52
NUMERO PASES/VOLQUETE	und/volq	4.20	4.62	4.20	4.62	4.15	4.49	4.15	4.49
TIEMPO CARGIO VOLQUETE	min	1.93	2.13	2.13	2.33		2.11	2.26	2.16
CICLO REAL CARGUIO	min	0.47	0.46	0.51	0.51		0.47	0.54	0.48
RENDIMIENTO EFECTIVO BCM	m3/hr	215.6	259.2	200.9	237.0		228.2	160.5	222.9

CAT 349D2L - 2EX700/2EX002									
DESCRIPCION	UNID	TEMP SECA				TEMP HUMEDA			
		CON		SIN		CON		SIN	
EFICIENCIA TOTAL	%	57.7%				59.7%			
CARACTERISTICA MATERIAL		VOLADURA		VOLADURA		VOLADURA		VOLADURA	
TIPO MATERIAL		MIN	DES	MIN	DES	MIN	DES	MIN	DES
CAPCIDAD CUCHARON LCM	m3	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60
FACTOR LLENADO	%	0.75	0.85	0.75	0.85	0.70	0.80	0.70	0.80
DENSIDAD IN SITU	Ton/m3	3.74	2.70	3.74	2.70	3.70	2.70	3.70	2.70
DENSIDAD SUELTO	Ton/m3	2.72	2.03	2.72	2.03	2.92	2.21	2.92	2.21
FACTOR CONVERSION VOLUMETRICA	FCV	0.73	0.75	0.73	0.75	0.79	0.82	0.79	0.82
PORDENTAJE ESPONJAMIENTO	%	0.38	0.33	0.38	0.33	0.27	0.22	0.27	0.22
CAPACIDAD CUCHARON REAL EN BCM	m3	1.96	2.30	1.96	2.30	1.99	2.36	1.99	2.36
VOLUMEN POR VOLQUETE BCM	m3	10.52	13.59	10.52	13.59	10.53	13.52	10.53	13.52
NUMERO PASES/VOLQUETE	und/volq	5.37	5.90	5.37	5.90	5.30	5.73	5.30	5.73
TIEMPO CARGIO DE VOLQUETE	min	0.37	0.37	0.37	0.37		0.37	0.37	0.37
CICLO REAL CARGUIO	min	0.40	0.40	0.48	0.48		0.60	0.80	0.70
RENDIMIENTO EFECTIVO BCM	m3/hr	159.5	190.4	154.6	185.0		177.8	136.6	171.5

Se puede observar que el rendimiento en mineral es menor al rendimiento en desmonte, rendimiento en temporada húmeda es menor al rendimiento en temporada seca.

Esto debido a las características del material (densidad) y a las consecuencias que trae la temporada húmeda (daños a las vías de transporte, limitaciones de velocidad de transporte, condiciones del área de trabajo).

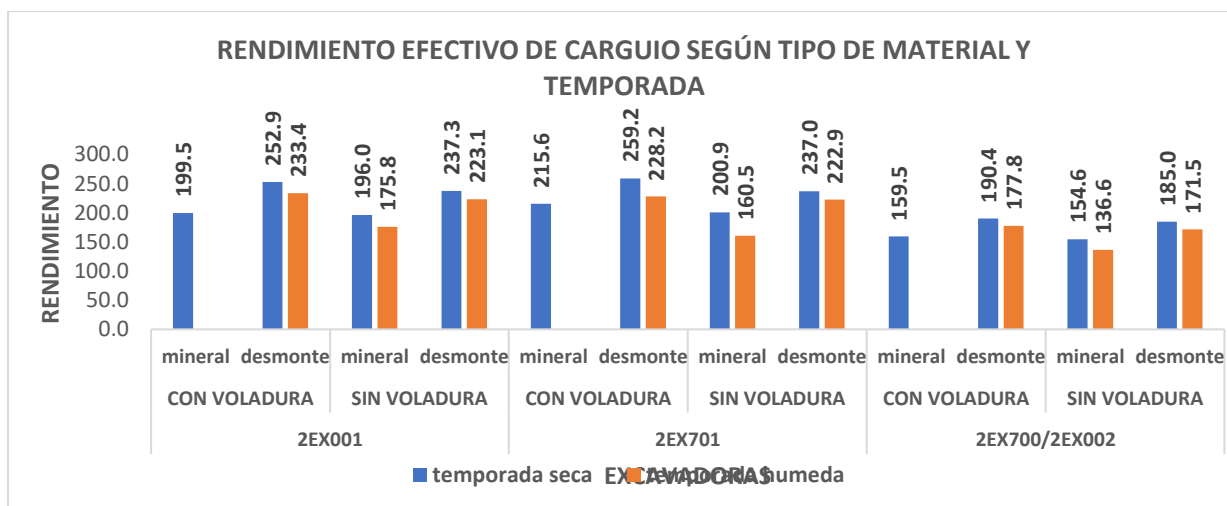


Figura 6. Rendimiento efectivo de los equipos de carguío según tipo de material y temporada.

4.2.5. Distribución del tiempo operativo y análisis de tiempo de demoras operativas

Excavadora CAT 374F – 2EX001

El tiempo en demoras operativas incrementa durante la temporada húmeda, así mismo el tiempo en trabajos auxiliares incrementa durante la temporada húmeda esto debido a la necesidad de dar soluciones rápidas a las distintas interrupciones ocasionadas por las condiciones climáticas.

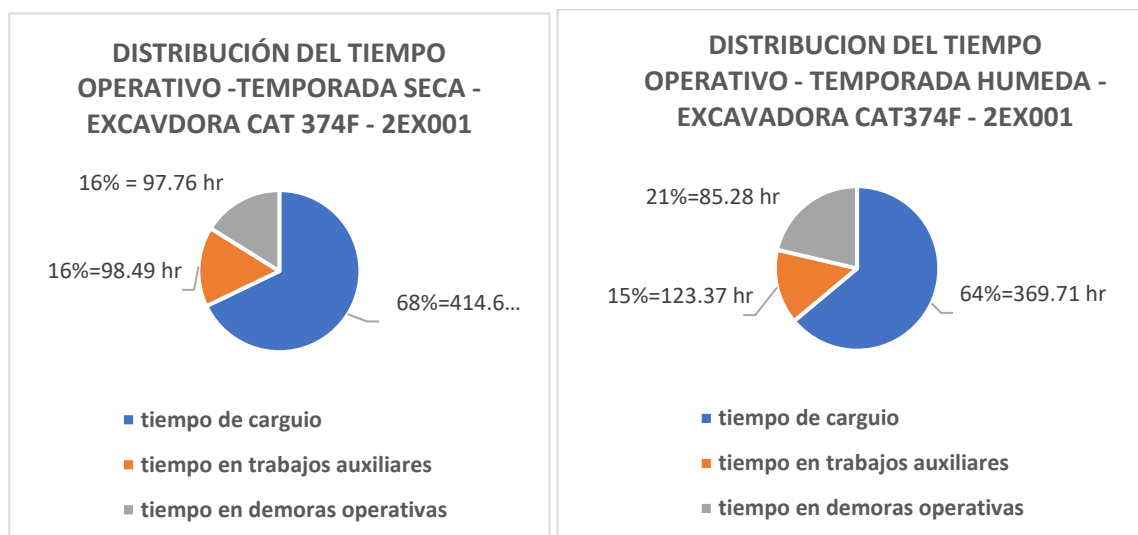


Figura 7. Distribución del tiempo operativo de la excavadora CAT374F – 2EX001

En la figura se puede observar lo siguiente:

- La excavadora CAT374F de código 2EX001 la mayor demora es la falta de volquetes, por tal razón la excavadora tiene demoras en espera de volquetes.
- Los traslados vienen a ser el segundo factor donde la excavadora pierde tiempo operativo, estos traslados están relacionados a los traslados por voladura y cambio de frentes de minado.
- El concepto de material duro hace referencia a que debido a las condiciones geomecánicas del tajo, el área de perforación y voladura tiene limitaciones, por tal razón equipo de carguío realiza el corte directo del material en ciertas zonas de minado.

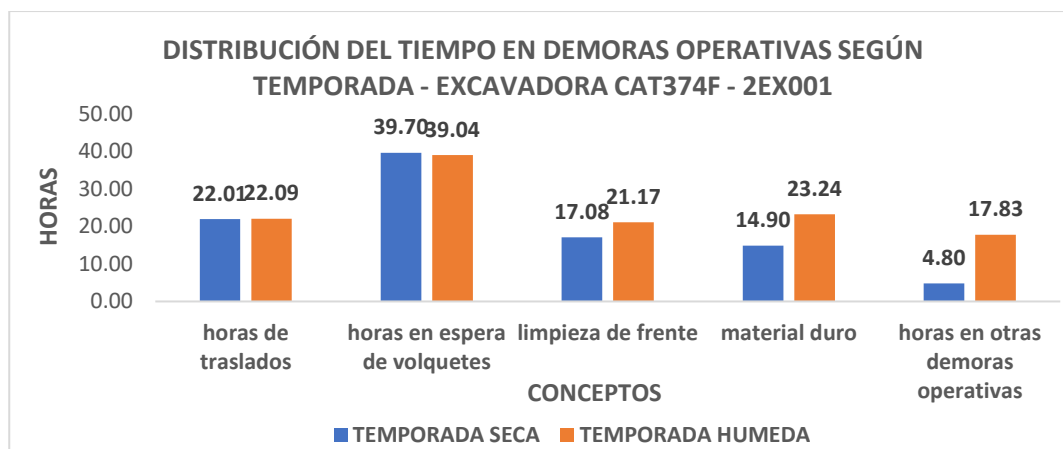


Figura 8. Distribución del tiempo en demoras operativas de la excavadora CAT 374F 2EX001

Excavadora CAT374F – 2EX701

Durante la temporada seca se tiene mayor tiempo de carguío de mineral y desmonte esto debido a que en temporada húmeda los factores climáticos generan limitaciones en las operaciones.

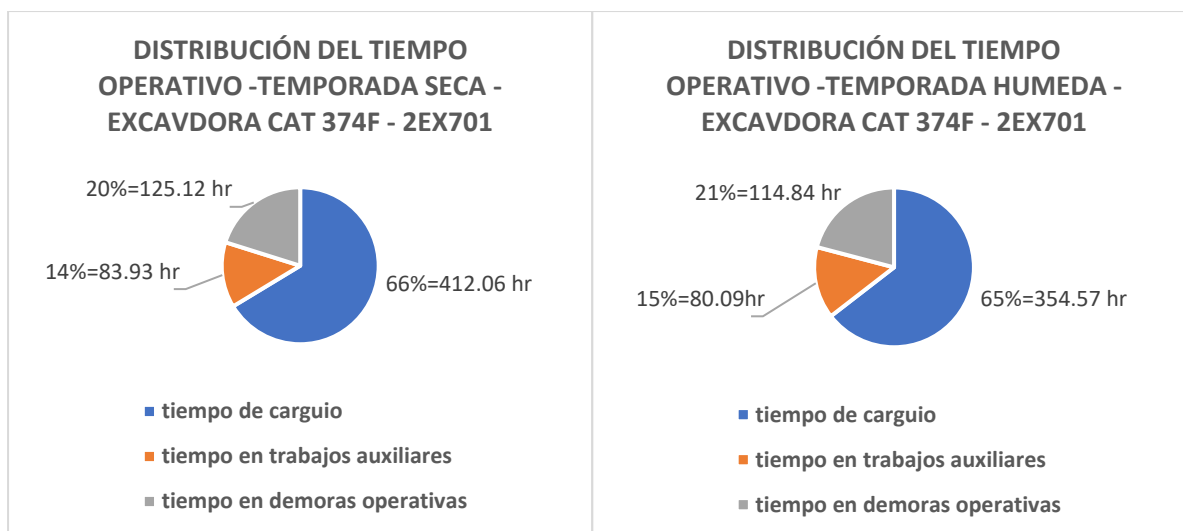


Figura 9. Distribución del tiempo operativo de la excavadora CAT374F – 2EX701

En la figura se observa que la excavadora CAT374F de código 2EX701 tiene mayores demoras en la temporada seca en el concepto de horas en espera de volquete, esto debido a la falta de volquetes para cerrar el ciclo de minado.

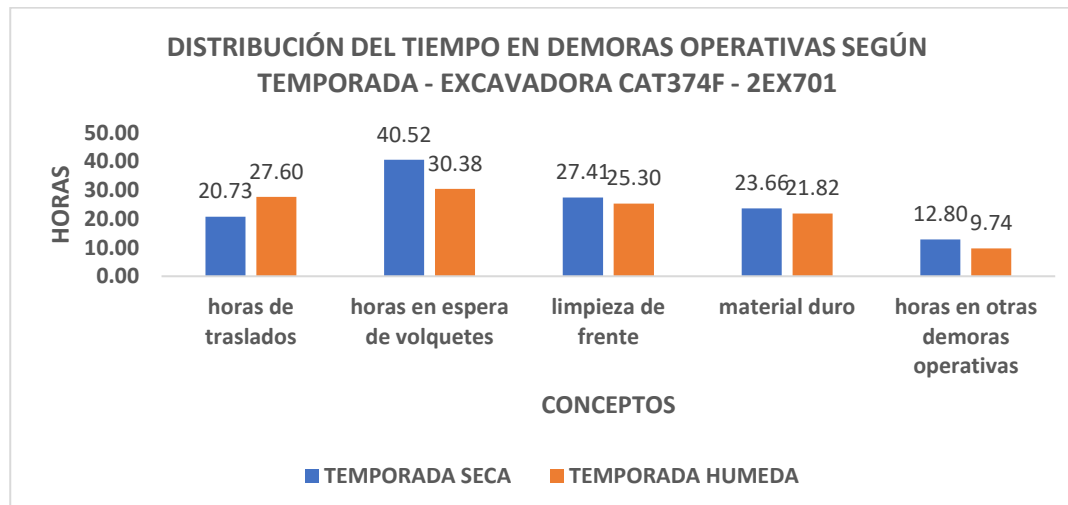


Figura 10. Tiempo en demoras operativas de la excavadora CAT 374F 2EX701

Excavadora CAT 349D2L – 2EX700/2EX002

La excavadora CAT349 D2L de código 2EX700/2EX002 es un equipo de función múltiple ya que se encarga de realizar minado y trabajos auxiliares.

En la temporada húmeda incremento su tiempo en carguío de material debido, con la finalidad de incrementar la producción.

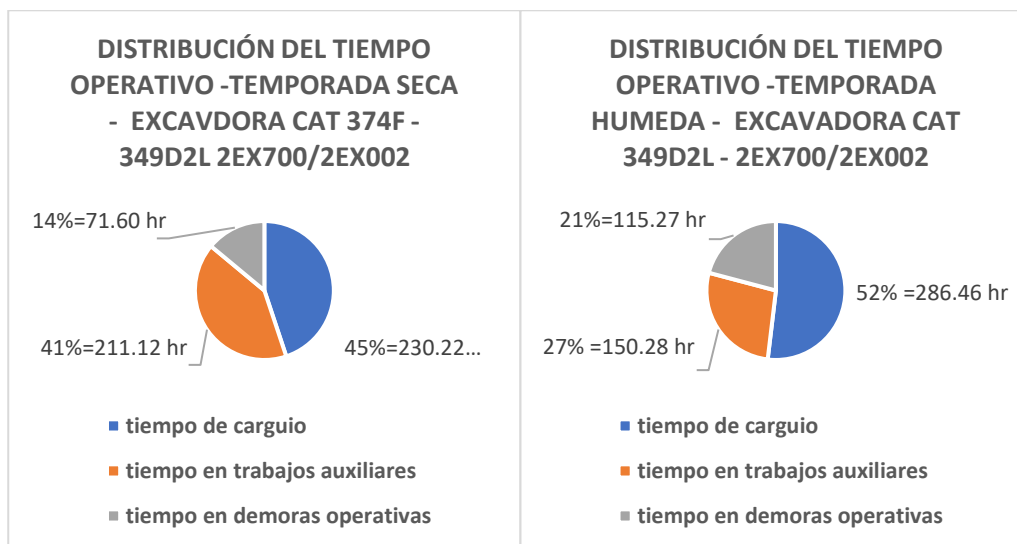


Figura 11. Distribución del tiempo operativo de la excavadora CAT 349D2L – 2EX700/2EX002

En la figura se observa el mayor tiempo en demoras operativas es debido a los traslados que realiza el equipo para ejecutar los trabajos auxiliares como perfilados de talud, trincheras, pretilas, muros de seguridad entre otros.

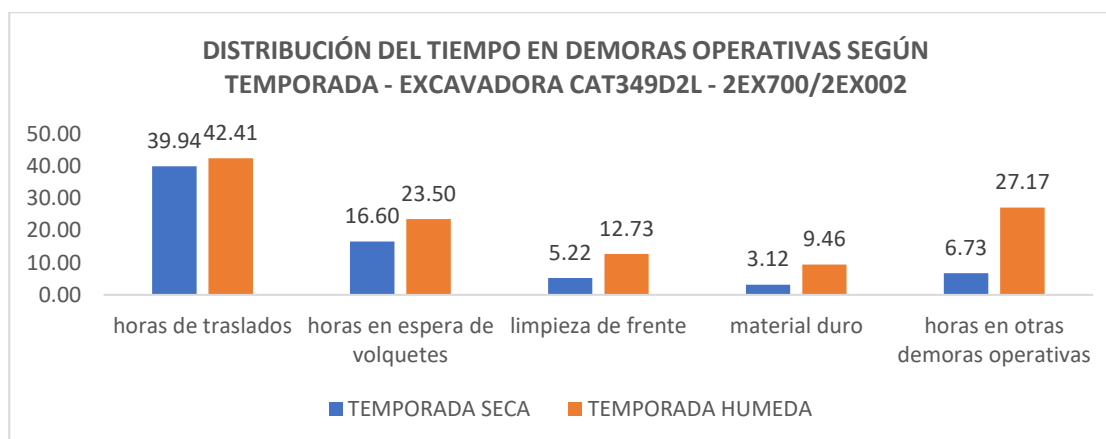


Figura 12. Tiempo en demoras operativas de la excavadora CAT 349D2L 2EX700/2EX002

4.3. Operación de transporte de material

En la operación de transporte de material mineral y desmonte en el tajo Sante Este UM Iscaycruz, conto con 33 volquetes durante el mes de setiembre, 35 volquetes en el mes de octubre y noviembre y 34 volquetes en el mes de diciembre.

Las distancias de transporte de material varían según la zona de minado (norte-centro – sur), según el tipo de material (mineral – desmonte), y en caso de mineral según la ley y composición.

El tajo cuenta para los meses de setiembre, octubre, conto con 2 depósitos de mineral (chancadora primaria – depósito de rositas) y 1 depósito de material estéril (Tinyag), para los meses de noviembre y diciembre se apertura un segundo depósito de material estéril (INPIT) con la finalidad de incrementar la producción.

4.4. Distribución del tiempo cronológico en el proceso de transporte de material.

en la siguiente tabla se observa cómo se distribuye el tiempo empleado por los volquetes FMX 500 ISHIFT en el transporte de material según la temporada (setiembre, octubre – temporada seca y noviembre, diciembre – temporada húmeda).

También se observa la distribución del tiempo en demoras no operativas y el tiempo en demoras operativas, las cuales son influyentes en la utilización y eficiencia del uso de los equipos

Tabla 5. Distribución de tiempo cronológico según temporada del transporte de material

ITEM	DESCRIPCION	CODIGO	UNIDAD	TEMPORADA SECA	TEMPOERADA HUMEDA
1	Tiempo total	Tt	HR	732.00	732.00
2	Tiempo no programado	Tnp	HR	0.00	0.00
3	Tiempo programado	Tp	HR	732.00	732.00
4	Tiempo mantenimiento	Tm	HR	22.05	97.07
4.1	Tiempo mantenimiento correctivo	Tmc	HR	2.13	8.47
4.2	Tiempo mantenimiento imprevisto	Tmi	HR	10.59	75.76
4.3	Tiempo mantenimiento preventivo	Tmpre	HR	4.19	6.34
4.4	Tiempo mantenimiento programado	Tmpro	HR	5.14	6.49

5	Tiempo disponible	Td	HR	709.95	634.93
6	Tiempo demoras no operativas	Tdno	HR	135.50	130.18
6.1	Refrigerio/descanso	Hrd	HR	61.00	61.00
6.2	Cambio de guardia	Hrc	HR	15.25	15.25
6.3	Pausas activas	Hrpa	HR	5.08	5.08
6.4	Otras demoras no operativas	Hrot	HR	54.17	48.85
7	Tiempo operativo	To	HR	574.45	504.76
8	Tiempo demoras operativas	Tdo	HR	102.02	94.77
8.1	Demoras en carguío	Hrt	HR	46.37	38.13
8.2	Demoras en recorrido	Hrev	HR	27.92	33.00
8.3	Demoras en descarga	Hrge	HR	18.25	13.99
8.4	Otras demoras operativas	Hrto	HR	9.48	9.65
9	Tiempo efectivo	Te	HR	472.43	409.99
9.1	Transporte de mineral	Hrcmfv	HR	58.10	20.38
9.2	Transporte de desmonte	Hrcmsv	HR	406.05	370.40
9.3	Trabajos auxiliares	Hrta	HR	8.29	19.21

En la figura se puede observar el tiempo de utilización del equipo de transporte por mes, según temporada, donde se concluye que durante la temporada húmeda disminuye el tiempo de disponible, tiempo operativo y el tiempo efectivo a causa de las condiciones climáticas sus consecuencias.

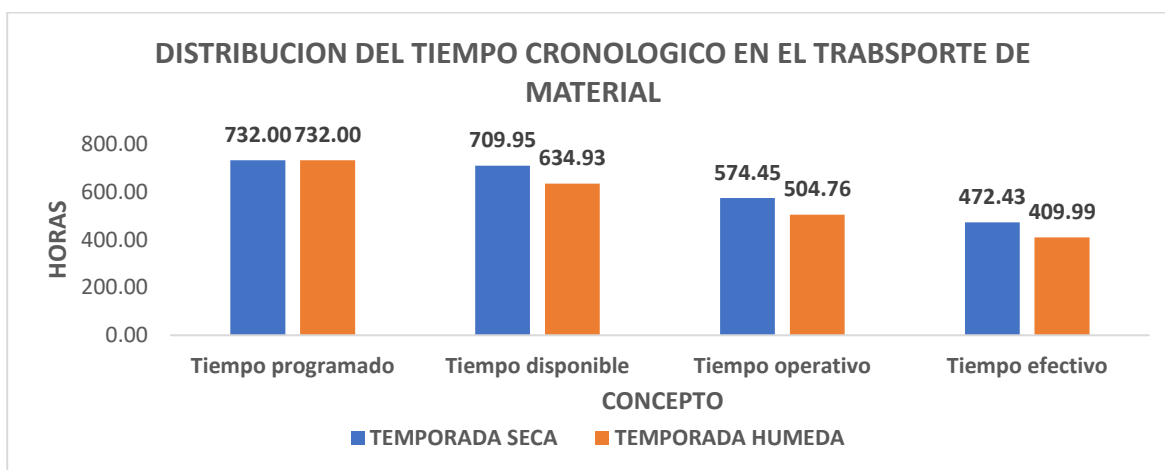


Figura 13. Distribución del tiempo cronológico según temporada del transporte de material

4.5. Indicadores de gestión del transporte de material según temporada

En la siguiente tabla se observa el comportamiento de los indicadores de gestión en el transporte de material.

Tabla 6. Indicadores de gestión del transporte de material

DESCRIPCIÓN	CODIGO	UNIDAD	TEMPORADA SECA	TEMPORADA HUMEDA
Utilización del tiempo programado	FUTP	%	100.00%	100%
Disponibilidad mecánica	DM	%	96.99%	86.75%
Factor utilización del tiempo operativo	FUTO	%	80.92%	79.60%
Factor de utilización efectiva	FUTE	%	82.25%	81.26%
Eficiencia total	ET	%	64.55%	56.06%

Si se incrementa el tiempo en el área de mantenimiento durante la temporada húmeda entonces la disponibilidad mecánica disminuye lo cual genera que la utilización total de los volquetes también disminuya.

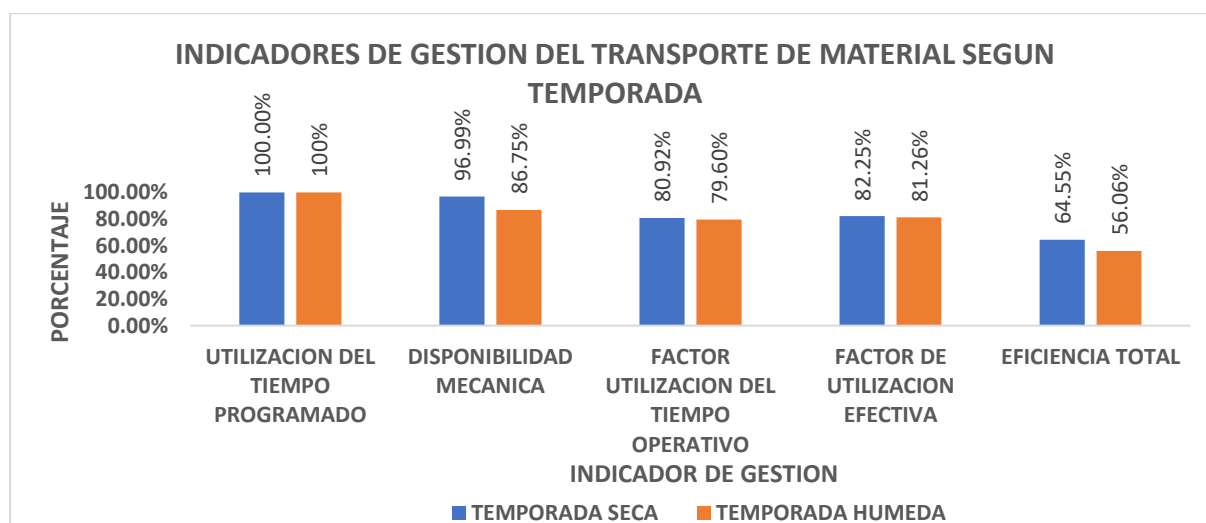


Figura 14. Indicadores de gestión del transporte de material según temporada

En la figura se puede mostrar que el factor de utilización efectiva en temporada húmeda es mayor esto debido a que por condiciones climáticas y estado de las vías una de las medidas de cuidar el equipo de transporte es reducir la velocidad de transporte, lo cual genera que se incremente el ciclo de transporte.

4.6. Rendimiento efectivo de y transporte de material según temporada

En la unidad minera Iscaycruz en el tajo Santa Este durante la temporada seca existió 2 depósitos de material de mineral y 1 depósito de material de desmonte y para la temporada húmeda existe 2 depósitos de material mineral y 2 depósitos de material desmonte.

En temporada húmeda se habilita el depósito de material estéril inpit esto con la finalidad de incrementar la producción.

Tabla 7. rendimiento de transporte según temporada, distancia y material

MES	UNIDAD	TEMPORADA SECA		TEMPORADA HUMEDA	
EFICIENCIA TOTAL	%	64.56%		56.11%	
MATERIAL		MINERAL	DESMONTE	MINERAL	DESMONTE
CAPACIDAD DE TOLVA	m3	22.00	22.00	22.00	22.00
LCM POR VIAJE	m3	14.50	18.05	13.35	16.51
FACTOR DE LLENADO	%	0.66	0.82	0.61	0.75
DENSIDAD INSITU	ton/m3	3.74	2.70	3.70	2.70
DENSIDAD ROTA	ton/m3	2.72	2.03	2.92	2.21
FCV		0.73	0.75	0.79	0.82
FACTOR DE ESPONJAMIENTO	%	0.38	0.33	0.27	0.22
BCM POR VIAJE	m3	10.52	13.59	10.53	13.52
DISTNACIA IDA/VUELTA – INPIT	Km	0.00	0.00	0.00	3.31
DISTNACIA IDA/VUELTA – TINYAG	Km	9.56	9.45	8.28	10.78
DISTNACIA IDA/VUELTA – CHANCADORA	Km	13.12	0.00	13.23	0.00
CICLO A DEPOSITO INPIT	min	0.00	0.00	0.00	17.72
CICLO A DEPOSITO TINYAG	min	31.53	33.45	32.27	36.56
CICLO A DEPOSITO CHANCADORA	min	40.40	0.00	44.06	0.00
RENDIMIENTO A INPIT	m3/hr	0.00	0.00	0.00	25.80
RENDIMIENTO A TINYAG	m3/hr	12.96	15.75	11.07	12.45
RENDIMIENTO A CHANCADORA	m3/hr	10.09	0.00	8.04	0.00

En la siguiente tabla se puede observar que el volumen de transporte de mineral es menor que el volumen de transporte en material desmonte por viaje, esto por la densidad del material.

También se puede observar que el rendimiento en temporada húmeda es mucho menor con respecto a la temporada seca, esto por las condiciones climáticas y las consecuencias que esta trae en el estado de las vías y las condiciones en general del área de trabajo.

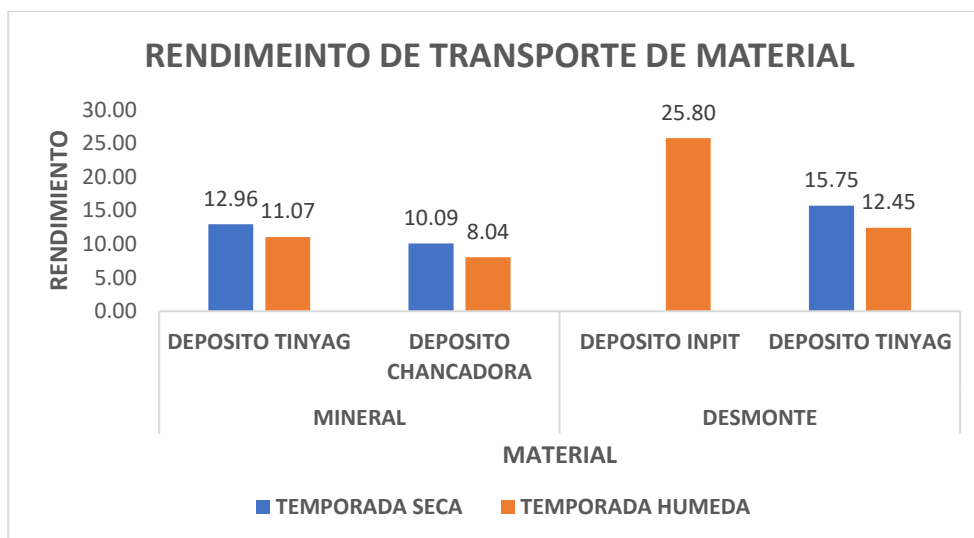


Figura 15. Rendimiento de transporte de material según temporada, distancia y tipo de material

4.7. Distribución del tiempo operativo y análisis del tiempo en demoras operativas del transporte de material

Como se puede observar en la figura el tiempo efectivo de transporte de material disminuye durante la temporada húmeda y el tiempo en trabajos auxiliares aumenta durante la temporada húmeda esto debido a la necesidad de mantenimiento de lastrado de vías.

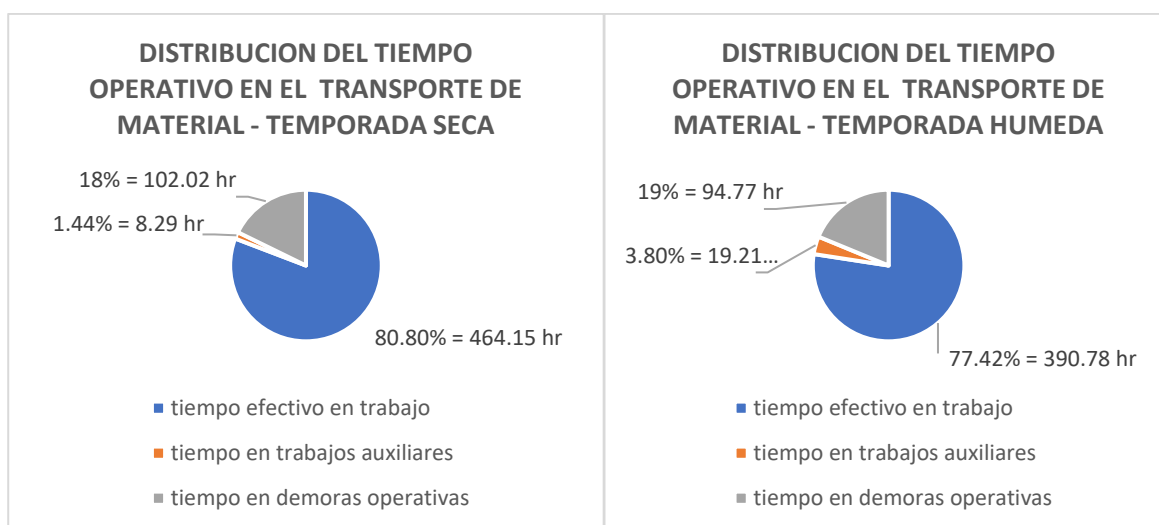


Figura 16. Distribución del tiempo operativo en el transporte de material

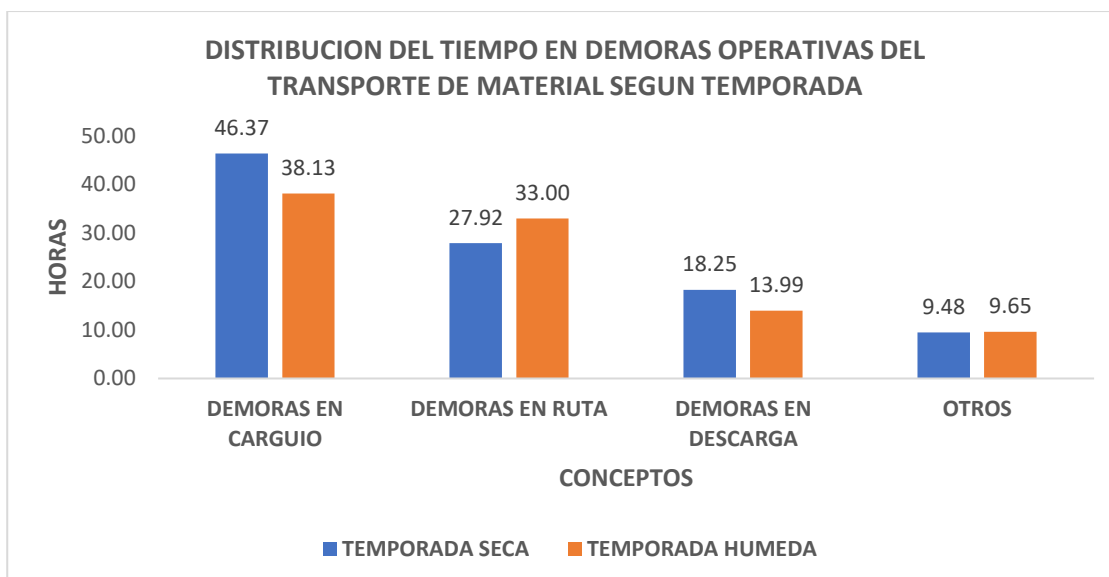


Figura 17. Distribución del tiempo en demoras operativas del transporte de material según temporada

En la distribución del tiempo en demoras operativas se puede observar que se tiene mayor tiempo en demoras en el área de carguío por el tema de ancho operativa restringido y demoras en rutas de transporte durante la temporada húmeda debido a los trabajos de mantenimiento de vías.

4.8. Dimensionamiento de flota de carguío y transporte de material según requerimiento

4.8.1. Dimensionamiento de carguío

Para esta investigación se tomará en cuenta datos del modelo 374F por ser excavadoras de mayor capacidad y las empleadas exclusivamente al minado de la operación.

Se realizó el cálculo de flota de carguío, para este cálculo se consideró el volumen de mineral y desmonte propuesto por el área de planeamiento en las reuniones mensuales.

Tabla 8. Dimensionamiento de flota de carguío

PARAMETROS	UNIDAD	TEMPORADA SECA				TEMPOERADA HUMEDA				
		con voladura		sin voladura		con voladura		sin voladura		
		MINERAL	DESMONTE	MINERAL	DESMONTE	MINERAL	DESMONTE	MINERAL	DESMONTE	
Producción requerida	m3	28,155	242,887	67,837	70,580			315,559	57,179	78,890
Capacidad										
cucharon LCM	m3	4.60	4.60	4.60	4.60			4.60	4.60	4.60
Factor de llenado	%	0.75	0.85	0.75	0.85			0.80	0.70	0.80
Densidad in situ	Ton/m3	3.76	2.70	3.74	2.70			2.70	3.70	2.70
Densidad suelta	Ton/m3	2.78	2.03	2.72	2.03			2.21	2.92	2.21
FCV		0.74	0.75	0.73	0.75			0.82	0.79	0.82
Capacidad										
cucharon BCM	m3	2.55	2.94	2.50	2.94			3.01	2.54	3.01
Eficiencia total	%	0.66	0.69	0.69	0.69			0.61	0.61	0.61
Ciclo	min	0.49	0.48	0.52	0.51			0.48	0.54	0.49
Numero de pases	unidad	4.13	4.62	4.20	4.62			4.49	4.15	4.49
Tiempo de carguío	min									
Rendimiento										
BCM	m3/hr	207.57	256.03	198.48	237.16			230.80	172.36	223.00
Horas requeridas	hr	135.64	948.61	339.81	297.32			1,365.20	328.94	353.25
Días programados	dias			30.50				30.50		
Turnos por día	und			2.00				2.00		
Horas programadas	hr			10.67				10.67		
Horas trabajo al mes	hr			650.67				650.67		
N° excavadoras	und	0.21	1.46	0.53	0.46			2.10	0.50	0.54
N° excavadora total	und			3.00				3.00		

En la tabla se puede observar el número de excavadoras modelo 374F de 4.60 m3 se requieren para el cumplimiento de los planes mensuales.

4.8.2. Dimensionamiento de transporte

Con el estudio de tiempos de transporte de material mineral y desmonte a sus respectivos destinos, se puede determinar el número de equipos requeridos o necesarios para el cumplimiento del plan mensual.

Tabla 9. Dimensionamiento de flota de transporte

PARAMETROS	UNIDAD	TEMPORADA			
		SECA		HUMEDA	
		MINERAL	DESMONTE	MINERAL	DESMONTE
Deposito Tinyag	m3	36,861.68	313,467.39	15,196.48	201,794.63
Deposito Inpit	m3				192,653.85
Deposito Chancadora	m3	45,053.17		41,982.19	
Producción Requerida Temporada	m3	81,914.85	313,467.39	57,178.67	394,448.48
BCM por Viaje	m3	10.52	13.59	10.53	13.52
Eficiencia Total	%	64.56%	64.56%	0.56	0.56
Distancia Ida/Vuelta - Inpit	Km				3.31
Distancia Ida/Vuelta - Tinyag	Km	9.56	9.45	8.28	10.78
Distancia Ida/Vuelta - Chancadora	Km	13.12		13.23	0.00
Ciclo a Deposito Inpit	min				17.72
Ciclo a Deposito Tinyag	min	31.53	33.45	32.27	36.56
Ciclo a Deposito Chancadora	min	40.40		44.06	
Rendimiento a Inpit	m3/hr				25.80
Rendimiento a Tinyag	m3/hr	12.96	15.75	11.07	12.45
Rendimiento a Chancadora	m3/hr	10.09		8.04	
Total, Horas Inpit	hr				7,813.25
Total, Horas Tinyag	hr	2,868.17	19,929.72	1,472.76	16,135.45
Total, Horas Chancadoras	hr	4,470.05		5,310.17	
Días Programados	días		30.50		30.50
Turnos Por Día	unidad		2.00		2.00
Horas Programadas Turnos	hr		10.67		10.67
Horas de Trabajo al Mes	hr		650.67		650.67
N° Volquetes Inpit	unidad				11.92
N° Volquetes Tinyag	unidad	4.42	30.62	2.24	24.84
N° Volquetes Chancadora	unidad	6.89		8.12	
Stand By	unidad		3.00		3.00
Total, Volquetes	unidad		45.0		50.0

4.9. Factor de acoplamiento

De acuerdo al análisis de tiempo realizado para la actividad de carguío y transporte de material se puede observar que existen demoras operativas que pueden ser mitigadas como la aglomeración y la ausencia de los equipos de transporte en el área de carguío. Este inconveniente puede ser solucionado con la correcta asignación de volquetes según las características de las excavadoras. Para lo cual emplearemos el modelo matemático del factor de acoplamiento para poder analizar el dimensionamiento de flota en la mina santa este.

$$FA = \frac{\text{Numero de volquetes}}{\text{Numero de excavadoras}} * \frac{\text{Tiempo de carga al volquete}}{\text{ciclo del volquete}}$$

Tabla 10. Parámetros de análisis del factor de acoplamiento

CASO	DESCRIPCIÓN	PARAMETRO
1	La eficiencia de carga es del 100% - sobredimensionamiento de volquetes	FA>1
2	La eficiencia de transporte es el 100% - sobredimensionamiento de excavadora o exceso de capacidad de carga.	FA<1
3	El acoplamiento es perfecto – correcto número de volquetes y capacidad de carga adecuada	FA =1

Tabla 11. Factor de acoplamiento con la flota actual de la excavadora CAT374F

FACTOR ACOPLAMIENTO REAL - EXCAVADORA - CAT374F											
TEMPORADA SECA											
CON VOLADURA						SIN VOLADURA					
Deposito Material	Distancia	Material	Tiempo Carguío min	N° volquetes designados und	Ciclo Transporte min	FA	Tiempo Carguío min	N° volquetes designados und	Ciclo Transporte min	FA	FA IDEAL
Tinyag	5.1 Km	mineral	2.03	13	31.53	0.850	2.19	13	31.53	0.878	1.00
	4.5 Km	desmorte	2.20	13	33.45	0.878	2.37	12	33.45	0.878	1.00
Chancadora	6.5 Km	mineral	2.03	17	40.40	0.850	2.19	16	40.40	0.878	1.00
TEMPORADA HUMEDA											
CON VOLADURA						SIN VOLADURA					
Deposito Material	Distancia	Material	Tiempo Carguío min	N° volquetes designados und	Ciclo Transporte min	FA	Tiempo Carguío min	N° volquetes designados und	Ciclo Transporte min	FA	FA IDEAL
Inpit	1.7 Km	desmorte	2.13	7	17.72	0.880	2.21	7	17.72	0.880	1.00
Tinyag	5.1 Km	mineral					2.23	13	32.27	0.883	1.00
	4.5 Km	desmorte	2.13	15	36.56	0.880	2.21	15	36.56	0.880	1.00
Chancadora	6.5 Km	mineral					2.23	17	44.06	0.883	1.00

Con los datos obtenidos en las tablas de dimensionamiento de flota de carguío y transporte de material, se logró determinar el factor de acoplamiento lo cual los resultados se muestran la tabla anterior.

Al observar que el factor acoplamiento real se encuentra por debajo de la unidad tanto en la temporada seca y temporada húmeda; de los resultados se puede decir:

- Hay un sobredimensionamiento de flota de carguío.
- La necesidad de volquetes para la excavadora 374F es mayor, por tal razón la excavadora tiene demoras operativas por falta de volquetes.

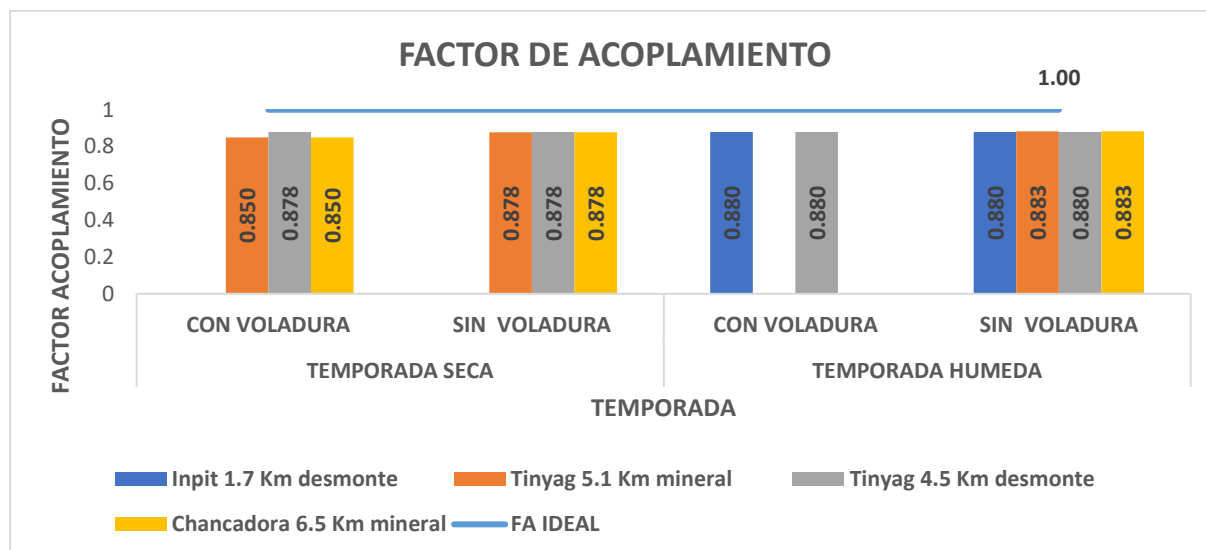


Figura 18. Comparación del FA ideal y el FA actual

Es por tal razón se requiere una correcta de asignación de equipos de transporte, en la siguiente tabla se puede observar la correcta asignación de equipos de transporte para la excavadora CAT374F en la mina operación de la mina Santa Este.

FACTOR ACOPLAMIENTO OPTIMO - EXCAVADORA - CAT374F										
TEMPORADA SECA										
Deposito Material	Distancia	Material	CON VOLADURA				SIN VOLADURA			
			Tiempo Carguío min	N° volquetes Optimo und	Ciclo Transporte min	FA Optimo	Tiempo Carguío min	N° volquetes Optimo und	Ciclo Transporte min	FA Optimo
Tinyag	5.1 Km	mineral	2.03	15	31.53	0.965	2.19	14	31.53	0.974
	4.5 Km	desmonte	2.20	15	33.45	0.984	2.37	14	33.45	0.992
Chancadora	6.5 Km	mineral	2.03	19	40.40	0.954	2.19	18	40.40	0.977
TEMPORADA HUMEDA										
Deposito Material	Distancia	Material	CON VOLADURA				SIN VOLADURA			
			Tiempo Carguío min	N° volquetes Optimo und	Ciclo Transporte min	FA Optimo	Tiempo Carguío min	N° volquetes Optimo und	Ciclo Transporte min	FA Optimo
Inpit	1.7 Km	desmonte	2.13	8	17.72	0.964	2.21	8	17.72	0.998
Tinyag	5.1 Km	mineral					2.23	14	32.27	0.969
	4.5 Km	desmonte	2.13	17	36.56	0.993	2.21	16	36.56	0.967
Chancadora	6.5 Km	mineral					2.23	19	44.06	0.963

Según esta nueva asignación de flota de equipos de transporte se podrá mejorar la productividad de las excavadoras.

Al notar el factor de acoplamiento óptimo se encuentra muy próximo a la unidad, esto deduce que hay una correcta asignación de equipos de carguío y transporte.

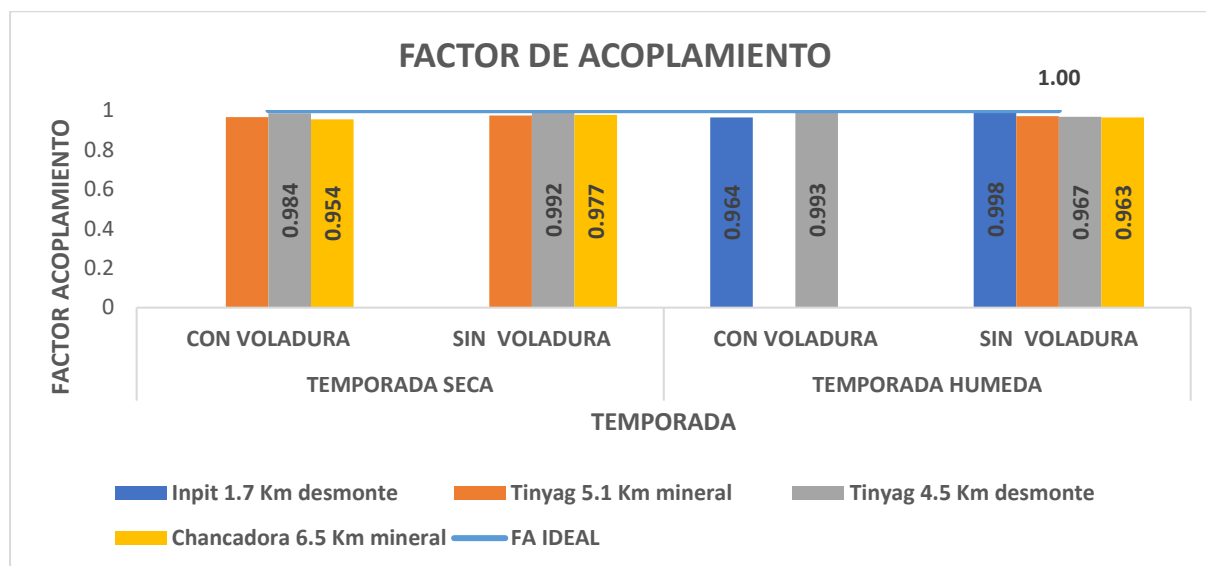


Figura 19. FA óptimo en el minado del tajo Santa Este

Dependiendo de las condiciones del área de minado y tipo de material es factible mantener el FA muy próximo a la unidad, ya que si aproximamos demasiado cualquier evento como toparse con un material duro o alguna complicación en el área de carguío el equipo tendrá un margen de tiempo para poder actuar y mejorar las condiciones.

4.10. Oportunidad de mejora en la productividad

Con el dimensionamiento óptimo de flota de transporte que se asigne a la excavadora se logrará mejorar la productividad de la excavadora según muestra la siguiente tabla:

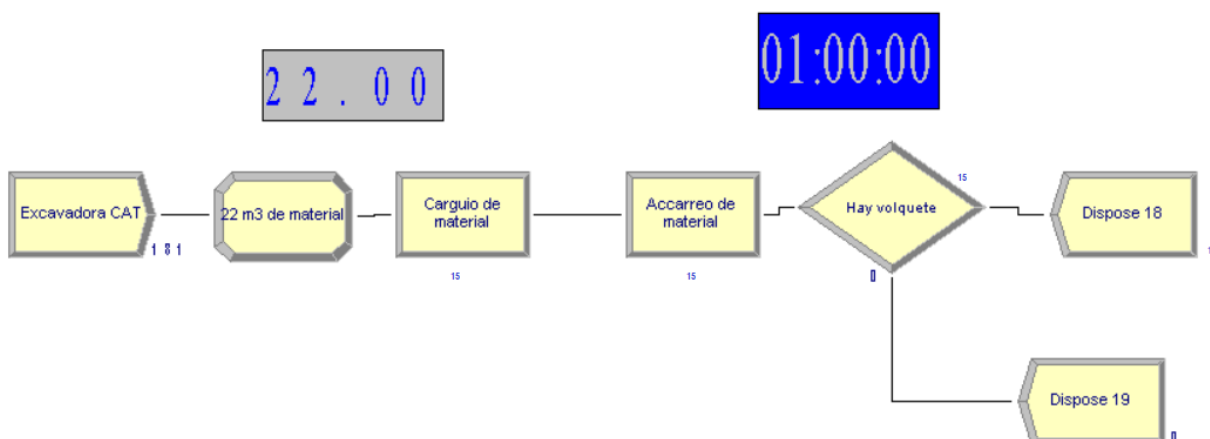
Tabla 12. oportunidad de mejora en el carguío durante la temporada seca en material con voladura.

Depósito de Material	Distancia	Material	N° Volquetes Designados	N° Volquetes Optimo	TEMPORADA SECA					
					MATERIAL CON VOLADURA					
					Tiempo Perdido en una Guardia con FA Real	Tiempo Perdido en una Guardia con FA Optimo	Tiempo por Aprovechar	volumen por Producir	Rendimiento de Carguío Actual	Rendimiento de Carguío Optimo
Inpit	1.7 Km	desmonte								
Tinyag	5.1 Km	mineral	13	15	91.21	21.21	70.00	363.20	207.57	237.84
Tinyag	4.5 Km	desmonte	13	15	73.78	9.41	64.37	398.48	256.03	289.23
Chancadora	6.5 Km	mineral	17	19	91.21	28.01	63.20	327.92	207.57	234.90

En la tabla se puede observar que, al emplear una asignación correcta de volquetes a la unidad de carguío, esta puede incrementar su rendimiento de la siguiente manera:

- Al minar mineral producto de la voladura durante la temporada seca hacia el depósito de material Tinyag, la mejor opción sería asignar 15 volquetes, así el rendimiento de la excavadora puede ascender de 207.57 m³/hr a 237 m³/hr.
- Del mismo modo al minar el material mineral producto de la voladura durante la temporada seca hacia el depósito de la chancadora es recomendable destinar 19 volquetes, para así la excavadora trabaje a aun máximo y el rendimiento ascienda de 207.57 m³/hr a 234.90 m³/hr
- Para el minado de material desmonte producto de la voladura durante la temporada seca hacia el depósito de material Tinyag, es mejor asignar 15 volquetes para incrementar la producción horaria del equipo de 256.03 m³/hr a 289.23 m³/hr.
- Estos resultados se obtendrán al incluir 2 unidades de volquetes al a la flota asignada anteriormente.
-

4.11. Simulación con software arena



4.12. Prueba de hipótesis

Hipótesis específico 1 según el objetivo específico 1

a) Planteamiento de la hipótesis

Ho: La evaluación del Factor de acoplamiento no influye significativamente en el ciclo de carguío en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

Ha: La evaluación del Factor de acoplamiento influye significativamente en el ciclo de carguío en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

b) Nivel de significancia

La confiabilidad es de 95%, siendo el 5% nuestro margen de error o 0,05

c) Valor de correlación en la prueba estadística t de student

Coefficiente de correlación: 0,437; significancia hallada: 0,000

Reemplazando en la formula t de student para rho de Spearman

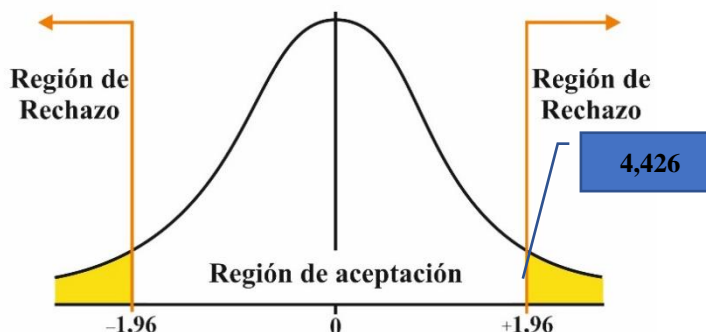
$$t = \frac{r_s \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_s^2}}$$

$$t = \frac{0,437 \sqrt{85-2}}{\sqrt{1-(0,437)^2}}$$

$$t = 4,426$$

d) Representación gráfica en la campana de gauss

Figura 25. Ubicación de la *t* de student del objetivo específico 1



e) Decisión y conclusión estadística de la prueba

Se rechaza la hipótesis nula y nos quedamos con la hipótesis de estudio con un valor de 4,426 con un coeficiente de correlación de 0,437; y una significancia hallada de 0,000, los que significa que la evaluación del Factor de acoplamiento influye significativamente en el ciclo de carguío en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

Hipótesis específico 2 según el objetivo específico 2

a) Planteamiento de la hipótesis

Ho: La evaluación del Factor de acoplamiento no influye significativamente en el ciclo de transporte en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

Ha: La evaluación del Factor de acoplamiento influye significativamente en el ciclo de transporte en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

b) Nivel de significancia

La confiabilidad es de 95%, siendo el 5% nuestro margen de error o 0,05

c) Valor de correlación en la prueba estadística t de student

Coefficiente de correlación: 0,512; significancia hallada: 0,000

Reemplazando en la fórmula t de student para rho de Spearman

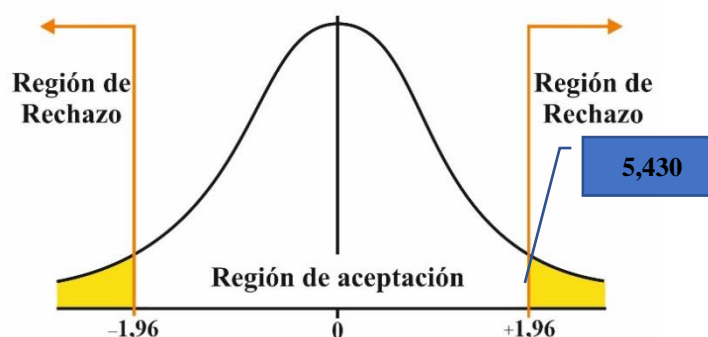
$$t = \frac{r_s \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_s^2}}$$

$$t = \frac{0,512 \sqrt{85-2}}{\sqrt{1-(0,512)^2}}$$

$$t = 5,430$$

d) Representación gráfica en la campana de gauss

Figura 26. Ubicación de la t de student del objetivo específico 2



e) Decisión y conclusión estadística de la prueba

Se rechaza la hipótesis nula y nos quedamos con la hipótesis de estudio con un valor de 5,430 con un coeficiente de correlación de 0,512; y una significancia hallada de 0,000, los que significa la evaluación del Factor de acoplamiento influye significativamente en el ciclo de transporte en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

Hipótesis específico 3 según el objetivo específico 3

a) Planteamiento de la hipótesis

Ho: La evaluación de la flota de carguío y transporte no influye positivamente en el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

Ha: La evaluación de la flota de carguío y transporte influye positivamente en el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

b) Nivel de significancia

La confiabilidad es de 95%, siendo el 5% nuestro margen de error o 0,05

c) Valor de correlación en la prueba estadística t de student

Coefficiente de correlación: 0,536; significancia hallada: 0,000

Reemplazando en la formula t de student para rho de Spearman

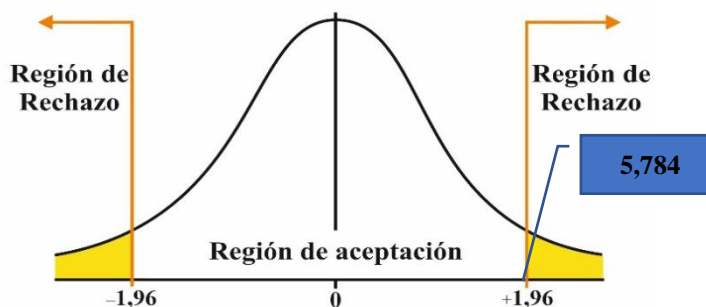
$$t = \frac{r_s \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r_s^2}}$$

$$t = \frac{0,536 \sqrt{85 - 2}}{\sqrt{1 - (0,536)^2}}$$

$$t = 5,784$$

d) Representación gráfica en la campana de gauss

Figura 27. Ubicación de la t de student del objetivo específico 3



e) Decisión y conclusión estadística de la prueba

Se rechaza la hipótesis nula y nos quedamos con la hipótesis de estudio con un valor de 5,784 con un coeficiente de correlación de 0,536; y una significancia hallada de 0,000, los que significa que la evaluación de la flota de carguío y transporte influye positivamente en el mejoramiento de la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz.

CONCLUSIONES

- En concordancia al objetivo específico uno, revisando el factor acoplamiento real se encuentra por debajo de la unidad tanto en la temporada seca y temporada húmeda por tal razón se requiere una correcta de asignación de equipos de transporte, en la investigación se ha determinado que la correcta asignación de equipos de transporte para la excavadora CAT374F en la mina operación de la mina Santa Este considerando la temporada seca y con voladura es con 15 volquetes para el depósito Tinyag y 19 volquetes para la chancadora, mientras que en temporada seca y sin voladura un factor de acoplamiento óptimo es de 14 volquetes para depósito Tinyag y 18 volquetes para la chancadora. En temporada húmeda y con voladura se requerirá 8 volquetes para depósito Impit y 17 volquetes para depósito Tinyag. Mientras que para temporada húmeda y sin voladura se requerirá 8 volquetes para depósito Impit y 16 volquetes para depósito Tinyag y 19 volquetes para la chancadora.
- En respuesta con el objetivo específico dos, el Factor de acoplamiento con la distribución óptima de recursos ha logrado optimizar el ciclo de transporte en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz, ya que al dimensionar correctamente los equipos nos permite hacer fluido el tránsito con acarreo de mineral.
- Con respecto al objetivo específico número tres, la flota de carguío y transporte óptimos han permitido mejorar la productividad en la mina Santa Este – Unidad Minera Iscaycruz, de la siguiente manera:

RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar tomas de tiempos durante un periodo mayor a 6 meses, por la calidad de datos en las circunstancias diversas que se presentan en la industria minera
- Para próximas investigaciones, se sugiere la utilización mas profunda de software de optimización de procesos que analice eventos considerando todas las actividades del ciclo minero.
- Se sugiere tomar los resultados e implementar la propuesta en diversas empresas dedicadas a la actividad minera para optimizar sus operaciones.

BIBLIOGRAFIA

- BARRETO , L. (2017). optimización del número de camiones 785C CAT y cargado frontal 992K CAT mediante el match factor en la ruta de mineral – stock pile Antapaccay – chancadora Tintaya San Martín contratistas generales S.A. *Ingeniero de minas*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2406/MIbatal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CALUA, F. (2019). Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en CIA. Minera Coimolache S.A. *Ingeniero de minas*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- CARHUAMACA, J. (2009). Evaluación y optimización del sostenimiento con cimbras en minería subterránea. *Ingeniero de minas*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- CONDORI, R. (2017). Estudio del sistema de acarreo de interior mina para otimizarse tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en EE. INCA Servicios Mina Morococha. *Ingeniero de minas*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa. doi:https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10193/1/IV_FIN_110_TE_Ramos_Salomon_2021.pdf
- ESCARCENA, R. (2019). Evaluación de las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad en la unidad minera Tacaza CIEMSA. *Ingeniero de minas*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12964/Escarcena_Guzm%c3%a1n_Renzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- HERNANDEZ , S., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: Jesús Mares Chacón.
- HERNANDEZ, R. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- MALIMBA, A. (2019). cálculo de flota de carguío y transporte para optimizar la producción diaria en el tajo Ciénaga Norte – Coimolache. *ingeniero de minas*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de

- <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3091/TESIS%20PROFESIONAL%20CI%20NAGA%20NORTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ÑAUPAS, H., VALDIVIA, R., PALACIOS, J., & ROMERO, H. (2018). *Metodología de la investigación Científica*. Bogota, Colombia: Ediciones de la U. Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf
- RAMIREZ , V. (2018). *CURSO TALLER - DE SISTEMA DE GESTIÓN DE TIEMPO EN OPERACIONES MINERAS*. Obtenido de <http://www.nringenieros.com.pe/wp-content/uploads/2018/07/publicacion-del-curso-de-taller-sistema-de-gestion-de-tiempos-en-operaciones-mineras-para-goldfields.pdf>
- RAMOS, M. (2018). Determinación del número óptimo de volquetes mediante el factor de acoplamiento considerando un cargador frontal 980G CAT en la ruta de mineral del banco 330 – PAD 18 del tajo seductora de la CIA MINERA SANTA ROSA S.A. – COMARSA. *ingeniero de minas*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Cerro de Pasco. Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/720/1/TESIS_MIGUEL_RAMOS.pdf
- VALENTIN, C. (2018). Control y mejora de la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia la superficie en la unidad de producción San Cristobal – Volcan Compañía Minera S.A.A. *Ingeniero de minas*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Pasco.

ANEXOS

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date :10/10/2022
Model revision date:10/10/2022

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
EXCAVADORA.VATime	.56111	(Insuf)	.56111	.56111	15
EXCAVADORA.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
EXCAVADORA.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
EXCAVADORA.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
EXCAVADORA.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
EXCAVADORA.TotalTime	.56111	(Insuf)	.56111	.56111	15
Carguio de material.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
EXCAVADORA.WIP	72.944	(Insuf)	.00000	102.00	102.00
Volquete.NumberBusy	6.3033	(Insuf)	.00000	7.0000	7.0000
Volquete.NumberScheduled	15.000	(Insuf)	15.000	15.000	15.000
Volquete.Utilization	.42022	(Insuf)	.00000	.46667	.46667
Carguio de material.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

OUTPUTS

Identifíer	Value
EXCAVADORA.NumberIn	15.00
EXCAVADORA.NumberOut	15.000
Volquete.NumberSeized	15.00
Volquete.ScheduledUtilization	.72022

Reporte simulación Arena