



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL CARGUÍO Y ACARREO EN FRENTES QUE PRESENTAN ALTOS CONTENIDOS DE ARCILLAS AL UTILIZAR UN DISEÑO DE LASTRE ADECUADO, MINERA YANACOCHA, PERÚ, 2015”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. César Augusto Marín Aguilar

Asesor:

Mg. Ing. José Alfredo Siveroni Morales

Cajamarca – Perú

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **César Augusto Marín Aguilar**, denominada:

**“INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL CARGUÍO Y ACARREO EN
FRENTES QUE PRESENTAN ALTOS CONTENIDOS DE ARCILLAS AL
UTILIZAR UN DISEÑO DE LASTRE ADECUADO, MINERA YANACOCHA,
PERÚ, 2015”**

Ing. José Alfredo Siveroni Morales
ASESOR

Ing. Víctor Eduardo Álvarez león
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Roberto Severino Gonzales Yana
JURADO

Ing. Danyer Stewart Girón Palomino
JURADO

DEDICATORIA

A mi Madre quien con su ejemplo me encamino en el camino de la superación, a mi esposa, mis Hijas, a Jaime a quienes quiero darles lo mejor de esta vida.

César Augusto Marín Aguilar

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque por el vienen todas las cosas, al darme la oportunidad de tener una familia, y darme las fuerzas para seguir aprendiendo para ser mejor cada día, a mi hermana por su apoyo incondicional en los momentos difíciles, y a toda mi familia que siempre estamos unidos.

Agradecer a todos los docentes de la UPN, amigos, compañeros de la universidad que me apoyaron en esta tesis con sus conocimientos e ideas, gracias al Ingeniero José Siveroni y al ingeniero Danyer Girón, que con su apoyo se desarrolló esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema.....	13
1.2.1.- Problema general.....	13
1.3. Justificación.....	13
1.3.1.- Justificación teórica.....	13
1.3.2.- Justificación aplicativa o práctica.....	13
1.3.3.- Justificación valorativa	13
1.3.4.- Justificación académica.....	13
1.4. Limitaciones	14
1.5. Objetivos	14
1.5.1. Objetivo General.....	14
1.5.2. Objetivos Específicos	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Bases Teóricas	17
2.2.1.- La operación en la mina.....	17
2.2.2.- Equipos involucrados en el proceso de Carguío y Acarreo.....	18
2.2.3.- Calculo de la productividad de equipos de transporte.....	21
2.2.3.1- Factores del tiempo.	26
2.2.4.- Productividad en Minera Yanacocha S.R.L.	27
2.2.4.1.- modelo de distribución del tiempo em MYS.R.L.	29
2.2.4.2.- Control de operaciones mina con sistema jigsaw / Mineops.	31
2.2.5.- Equipos auxiliares de apoyo.	37
2.2.5.1.- Cálculo de productividad de equipos mixtos móviles o auxiliares.	38
2.2.6.- Factores que afectan el proceso de carguío y acarreo.	39
2.2.6.1.- Condiciones climaticas.	39
2.2.6.2.- Seguridad en carguío y acarreo.	42
2.3. Planeamiento mina.	42
2.3.1- Alteraciones hidrotermales distrito minero Yanacocha.....	44
2.3.2.- Geología estructural.	47

2.3.3.- Geología del tajo la quinua.	49
2.3.3.1.-Geotecnia de suelos con alta arcilla.....	49
2.4. Definición de términos básicos	53
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....	55
3.1. Formulación de la hipótesis	55
3.2- Variables.	55
3.2.1.- Variable independiente.	55
3.2.2.- Variable dependiente.	55
3.3. Operacionalización de variables	55
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	57
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	57
4.2. Material de estudio.....	57
4.2.1. Unidad de estudio.....	57
4.2.2. Población.	57
4.2.3. Muestra.....	57
4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	57
4.3.1. Técnicas de recolección de información	58
4.3.1.1. Condición de los equipos.	58
4.3.1.2. Control de productividad por dispatch	58
4.3.1.3 De recolección de información en campo.	
¡Error! Marcador no definido..	59
4.3.2. Fase para procesar datos.	60
CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....	61
5.1. Línea Base.	61
5.2. Área de Carguío y acarreo	63
5.2.1.- Productividad de los equipos de carguío.....	63
5.2.2.- Importancia del Dispatch.	64
5.3 Equipo auxiliar	65
5.3.1.- Tractor de orugas D10T.	65
5.3.1.1.- Función operativa de los tractores.	65
5.3.1.2.- Selección optima de velocidad.	66
5.4.- Lastrado	71
5.4.1.- Lastrado de pisos de pala realizadas en el tajo de la quinua- Gravas.	68
5.4.2.- Incremento de productividad en frentes de carguío con alto contenido de arcillas.	74
CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
6.1.- Comparación de costos lastre y tractor planeados y no planeados.....	81
6.1.1.- Incremento de productividad de las palas al planificar lastre.	81
6.1.2.- Oportunidad de producir más onzas mejorando la planificación de lastre.	82
6.1.3.- Costos adicionales por tonelada de lastre y horas operativas de tractor.	82
6.2.- Comparación de costo lastre y tractor planeados y no planeados.	83
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS.	87
ANEXOS.	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°	Descripción	N° de Página
Tabla 2.1.-	Tiempo de maniobras de carga.	24
Tabla 2.2.-	Tiempo de posicionamiento en punto de carguío.	24
Tabla 2.3.-	Control de descargas de Finos en el Pad.	32
Tabla 3.1.-	Operacionalización de variables.	55
Tabla 4.1.-	Mediciones de tiempo de carguío pala 1.	60
Tabla 5.1.-	Servo transmisión con embrague de dirección y freno.	66
Tabla 5.2.-	Reporte de producción el Tapado N° 1.	70
Tabla 5.3.-	Reporte de control de pisos de carguío N° 1.	70
Tabla 5.4.-	Reporte de producción el Tapado N° 2.	72
Tabla 5.5.-	Reporte de control de pisos de carguío N° 2.	73
Tabla 6.1.-	Reporte de pisos.	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	Descripción	N° de Página
Fig. 1.1.-	Vista panorámica del Tajo el Tapado-Gravas	15
Fig. 2.1.-	Pala Hitachi 5500	19
Fig. 2.2.-	Camión minero	20
Fig. 2.3.-	Estado de los equipos de C&A.	29
Fig. 2.5.-	Estado viajando vacío	33
Fig. 2.6.-	Estado esperando	33
Fig. 2.7.-	Estado cuadrándose	34
Fig. 2.8.-	Estado cargando	34
Fig. 2.9.-	Estado acarreando	35
Fig. 2.10.-	Estado en cola	35
Fig. 2.11.-	Estado retrocediendo	36
Fig. 2.12.-	Estado descargando	36
Fig. 2.13.-	Tractores en operación.	37
Fig. 2.14.-	Tractor sobre ruedas	38
Fig. 2.15.-	Tractor sobre oruga	38
Fig. 2.16.-	Estado de piso de carguío por efecto de lluvias	40
Fig. 2.17.-	Sección de alteración típica Distrito Minero Yanacocha N 55° E.	45
Fig. 2.18.-	Ubicación de los tajos en Mina Yanacocha.	46
Fig. 2.19.-	Fotografía del tajo donde se muestra la alteración argílica	46
Fig. 2.20.-	Geología estructural Mina Yanacocha.	47
Fig. 2.21.-	Partículas de arcilla (Kaolinita)	50
Fig. 2.22.-	Esquema de cargas positivas y negativas en una lámina de arcilla	50
Fig. 2.23.-	Distribución esquemática de las moléculas de agua que forman dipolos debida a la ubicación de átomos de H+.	51
Fig. 2.24.-	Distintos estados del suelo en función de la humedad	52
Fig. 2.25.-	Estados del suelo en función de la humedad y Límites de Atterberg	52
Fig. 4.1.-	Reporte de control de productividad	59
Fig. 5.1.-	PST de operación de tractor de oruga en la tarea de lastrado en piso de palas.	62
Fig. 5.2.-	Carguío y acarreo de material minado	63
Fig. 5.3.-	Análisis de sensibilidad de las palas	64

Fig.5.4.- Condición de piso de pala SH004	69
Fig. 5.5.- Condición de piso de pala SH007	71
Fig. 5.6.- Condición de piso de pala SH007	71
Fig. 5.7.- Medición de pala SH004	72
Fig. 5.8.- Material inestable del piso de pala	75
Fig. 5.9.- Empuje de material inestable al frente de carguío de la pala	76
Fig. 5.10.- Carguío de material inestable del piso de pala	76
Fig. 5.11.- Lastrado del piso de pala	77
Fig. 5.12.- Estado final del piso de pala	77
Fig. 5.13.- Estado Inicial de piso de pala	78
Fig. 5.14.- Angulo de empuje de material al frente de carguío de la pala	79
Fig. 5.15.- Piso muestra la arcilla (barro) que hace inestable al piso de carguío	79
Fig. 5.16.- Lastrado del piso de carguío	80
Fig. 5.17.- Carguío de camiones en piso estable	80
Fig. 6.1.- Comportamiento de palas en distintos frentes de carguío sin planificación de lastre.	81
Fig. 6.2.- Comportamiento de palas en distintos frentes de carguío Planificando el lastrado.	81
Fig. 6.3.- Oportunidad de producir más onzas mejorando la planificación de lastre.	82
Fig.6.4 Costos adicionales por toneladas de lastre y horas operativas de tractor.	83
Fig. 6.5.- Reporte de producción por hora	83

RESUMEN

La presente tesis se desarrolló en el tajo La Quinoa Gravas, de Minera Yanacocha que está ubicada en los Distritos de La Encañada, Baños del Inca y Cajamarca. Provincia Cajamarca, departamento Cajamarca, y actualmente se encuentra en etapa de explotación.

El objetivo principal de la investigación es incrementar la productividad de los equipos de carguío y acarreo en frentes que presentan altos contenidos de arcillas al realizar un diseño de lastre adecuado. Esta tesis tuvo como hipótesis que aplicando un diseño de lastre adecuado en frentes con alto contenido de arcillas incrementaremos la productividad en el Carguío y Acarreo.

Los equipos que están directamente involucrados en el proceso para este proyecto son: palas Hitachi 5500 (para el carguío), camiones CAT 793C (para el acarreo), y tractor sobre oruga D10T (equipo de apoyo en el piso de la pala).

Para poder realizar las pruebas en el frente de carguío fue necesario: Hacer que en el planeamiento a corto plazo incluya tener un stock con material de lastre adecuado; Capacitar al operador de tractor en el uso eficiente del equipo; tener una comunicación directa, clara y continua con el operador de pala; comunicar al supervisor de Dispatch, que cantidad de lastre se va a necesitar y el tiempo que se tomará en la tarea de lastrado para restringir los camiones si es necesario en esa pala.

Para determinar la productividad se hizo observaciones de tiempo de carguío en frentes con diferentes condiciones de trabajo, se pudo determinar diferencias importantes en productividad del equipo de carguío en frentes donde se planificó el lastre; por ejemplo en las Palas Hitachi 5500 4 y 7 se incrementó la productividad de 69 a 91%; además de demostrar que la planificación del lastre genera ahorros y más importante la oportunidad de producir más onzas con la misma flota. Se estimó una mayor producción en oz para la pala 4 y 7, lo que significa alrededor de 1 millón de dólares por pala por día.

PALABRAS CLAVES: material de lastre, stock de material, arcillas, demoras operativas, enfangado, condiciones inseguras, condición segura, comunicación, carguío, acarreo, limpieza de piso de pala, planeamiento a corto plazo, Dispatch, pisos estables, costos.

ABSTRACT

The research project has been developed in the Pit "Quinoa Gravas", of Minera Yanacocha, which is located in the District of Encañada, Baños del Inca - Cajamarca. Province Cajamarca, Cajamarca Department, and is currently in the stage of mining.

The main objective of the research is to increase the productivity of loading and hauling equipment on fronts that have high content of clay to make a suitable ballast design. This thesis aims to demonstrate that applying a suitable ballast design fronts with high clay content increase productivity in loading and hauling.

The yellow equipment who are directly involved in the process for this project include: Hitachi 5500 shovels (for the loading), trucks CAT 793C (for the transport), and crawler tractor D10T (support equipment on the floor to the Shovel).

To perform the tests on the front haulage was necessary: make the Short Term Planning Team includes has available a stock with suitable ballast material; training of operators in the efficient use of the yellow equipment; have a direct, clear and continuous communication with the shovel operator; Dispatch inform the supervisor that amount of ballast will be needed and how long it will take on the task of ballast.

To determine the productivity, it has observed the loading time in fronts with different working conditions, it was determined significant differences in productivity of loading equipment on fronts where the ballast was planned; for example, in Hitachi 5500 Palas 4 and 7 productivity was increased 69 to 91%; and demonstrate that planning ballast generates savings and most importantly the opportunity to produce more ounces with the same fleet. Increased production in oz shovel 4 and 7 was estimated, which means about \$ 1 million per shovel per day.

KEYWORDS: ballast material, stock material, clays, operational delays, muddy, loading, hauling, short-term planning, Dispatch, stable floors, costs.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En frentes de carguío donde se explota mineral con alto contenido de arcillas y finos; las operaciones de carguío son menos eficientes debido a la pronta degradación del terreno, causando esperas en los camiones y equipos de carguío y por ende las vías de acarreo se vuelven ineficientes porque la velocidad de los camiones disminuye.

En el planeamiento a corto plazo que se realiza para zonas con alta arcilla, no se considera tener un stock de material de lastre para la conformación de plataformas y tener una operación eficiente, estos trabajos adicionales y necesarios se resuelven cuando estamos en plena operación.

Podemos incrementar la productividad de los equipos de carguío haciendo una operación más segura en el proceso que lleva la tarea en frentes que presentan altos contenidos de arcillas dando uso eficiente al equipo auxiliar; es decir utilizar tractores para conformar plataformas que sean estables y que permitan realizar una operación eficiente, consiguiendo disminuir los costos de producción y aumentar la utilidad.

Las vías de acceso principales para las palas se hacen inestables por el tipo de material con alto contenido de arcillas, la humedad del terreno, y por la consecuencia de las lluvias que hacen que las condiciones sean más adversas, disminuyen anchos operativos por presencia de lodo acumulado en ambos lados de las vías y muchas veces son intransitables para los camiones, reduciendo las velocidades y llegando a detener el tránsito de las unidades por enfangamientos, aumentando las demoras operativas, y disminuyendo las toneladas proyectadas; es fundamental resaltar las condiciones inseguras que son generadas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1.- Problema general

¿Cómo se puede incrementar la productividad en el carguío y acarreo en frentes con altos contenidos de arcillas?

1.3. Justificación

1.3.1.- Justificación teórica

La presente investigación, tiene por finalidad contribuir con la ampliación de información existente sobre el proceso de planeamiento a corto plazo. Está información no está documentada pese a que muchas mineras ejecutan estas operaciones no planeadas.

1.3.2.- Justificación aplicativa o práctica

El desarrollo de la presente investigación tiene por finalidad aplicar los conceptos técnicos a las operaciones de carguío y acarreo eficientes, seguros, menos costosos; al considerar un diseño de lastre en el planeamiento de corto plazo.

1.3.3.- Justificación valorativa

El desarrollo de la presente investigación tiene por finalidad el mejoramiento de los planes a corto plazo, que se traducen en ahorros en tiempo y dinero. Y ayudará en la gestión de costos de operación en la minería peruana ante un escenario a la baja de precios de los metales.

1.3.4.- Justificación académica.

Obtener el título profesional de Ingeniero de Minas.

1.4. Limitaciones

- La principal limitación a la fecha es el apoyo limitado por parte de la supervisión del área de carguío y acareo y la disponibilidad equipos para realizar estas pruebas de manera consecutiva, a pesar de lo anterior se puede demostrar que se están realizando re-trabajos, generando demoras, elevando costos y además haciendo una operación insegura.
- Según nuestra investigación en la región Cajamarca, hasta la actualidad no existen trabajos de investigación documentados o llevados científicamente, relacionados con el tema o motivo de nuestro proyecto; por lo tanto, no se puede hacer comparaciones profundas con situaciones detectadas con anterioridad, de manera que los resultados tendrán validez solo para el ámbito de estudio.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Incrementar la productividad del carguío y acarreo en frentes con alto contenido de arcillas utilizando un diseño de lastre adecuado.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Diagnóstico del procedimiento de lastrado anterior.
- Encontrar las diferencias en productividad que existe en frentes de carguío con elevado contenido de arcillas y sin arcillas.
- Planificar el material de lastre adecuado para obtener un piso más competente cuando se realice el carguío y acarreo en zonas con alto contenido de finos y arcilla.
- Comprobar que es beneficioso económicamente la planificación de lastre y que mediante el uso eficiente de equipo auxiliar se reducen los tiempos por demoras operativas.
- Demostrar que al tener pisos más estables el trabajo será más seguro.



Fig. 1.1.- Vista panorámica del Tajo el Tapado-Gravas

Fuente: Propia de la investigación.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Minera Yanacocha S.R.L fue constituida legalmente en 1992 y está conformada por los siguientes accionistas: La empresa norteamericana Newmont Mining Corporation (que detiene el 51,35 % de la mina), la empresa peruana Compañía de Minas Buenaventura (que posee un 43,65 %) y la Corporación Financiera Internacional organismo dependiente del Banco Mundial (que posee un 5 %). Minera Yanacocha es una empresa minera productora de oro más grande de América del Sur, situada a gran altura sobre la Cordillera de los Andes Peruanos a una altura de 3500 a 4000 msnm, está ubicada en los Distritos de La Encañada, Baños del Inca y Cajamarca, en la provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca, a 48 kilómetros (30 millas) al norte de la ciudad de Cajamarca. La compañía comenzó a explorar en Perú en 1982 y Minera Yanacocha inició las operaciones en el año 1993, actualmente opera cuatro tajos (Maqui Maqui, Chaquicocha, La Quinoa, y Cerro Negro). La misma está compuesta por cinco tajos a cielo abierto, cinco plataformas de lixiviación y tres plantas de recuperación de oro.

La producción de Yanacocha entre los años 1993-2002 fue de 11 777,301 onzas de oro, la Mina vendió 1,6 millones de onzas de oro en el 2004 e informó una reserva de 12,1 millones de onzas de oro para finales de ese año. Las reservas son estimaciones de depósitos de oro que pueden ser extraídos de manera lucrativa.([www.Yanacocha.com/proceso- de-producción](http://www.Yanacocha.com/proceso-de-producción))

En el Distrito Minero de Yanacocha, las formas de sílice están casi totalmente oxidadas. Alrededor de estas formas hay zonas argílicas avanzadas, y alteración argílica. Las rocas contienen predominantemente cuarzo, alunita $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$, además de arcillas. La mineralización aurífera estuvo acompañada de pirita, enargita $Cu_3(As,Sb)S_4$, y otros minerales como sulfuros de cobre (covelita, digenita y chalcocita). (Turner, 1997).

Yanacocha ya está acabando sus etapas de minado en sus principales tajos y por motivos sociales y precio de los minerales se están retrasando nuevos proyectos, Para seguir operando hay que minar ampliándose los tajos (minar los layback). Una de las ampliaciones es en la Quinoa Sur y es en donde el material de minado presenta altos contenidos de arcillas y finos.

En minería a cielo abierto el carguío y transporte representa entre el 50% y el 60% de los costos operacionales del proceso completo de explotación (Alarie y Gamache, 2002).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Operación en mina.

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. (www.yanacocha.com/proceso-de-produccion).

Productividad Carguío

- 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.

- A mejor carga útil o payload, mayor productividad.
- A mayor distancia y velocidad, mayor productividad.
- A mejor uso del equipo (menos demoras) mayor productividad. (Entrenamiento Para Supervisores De Operaciones Mina En JIGSAW – 2010)

2.2.2.- Equipos involucrados en el proceso de Carguío y Acarreo.

Como se mencionó anteriormente, este proceso productivo es el más influyente en los costos de operación, por lo que es de gran importancia garantizar un ambiente de operación apto para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados, tanto en la parte física (material, equipos, mantención, disponibilidad, insumos, etc.), como en la parte humana (operadores, mantenedores, supervisores de campo y de soporte de personal de Dispatch, etc.). Estos equipos mineros son:

- Equipos de carguío: Pala Hitachi ex5500.
- Equipos de acarreo: Camión CAT 793 C.
- Equipos auxiliares: Tractor CAT D10T, Tractor sobre ruedas CAT 884.

(MI57E – Explotación de Minas - Generalidades acerca del Manejo de Minerales -2008)

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.

(MI57E – Explotación de Minas-Generalidades acerca del Manejo de Minerales -2008)

Pala Hitachi 5500

Esta pala Hidráulica de la línea Hitachi, puede llenar la cucharon con material con un aproximado de 50 Ton. Cuando el material tiene densidad alta puede cargar un camión CAT 793C con 5 pases.

Su desplazamiento es lento para trasladarse a diferentes niveles del tajo esta movilidad es de 2.2 km/h. (Manual de Operación y mantenimiento Pala Hitachi 5500)



Fig. 2.1.- Pala Hitachi 5500.

Fuente: Manual de Operación y mantenimiento Pala Hitachi 5500.

Tiempo de ciclo de carguío: El equipo de carguío penetra el material volado con su cucharon, llenándolo y desplazándolo hacia el punto de descarga, donde el balde es vaciado sobre la tolva del camión, nuevamente gira el cucharon al frente de trabajo para volverlo a llenar y repetir el ciclo. Esto se repite hasta que el equipo de transporte alcance su tonelaje operacional y sea reemplazado por otro equipo de transporte para continuar cíclicamente hasta agotar el material del frente de trabajo. Resumido seria:

- ✓ Carga de cucharon
- ✓ Giro cargado
- ✓ Descarga de cucharon
- ✓ Giro descargado

(Educar Chile-Productividad de Los Equipos de Carguío- 2010)

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.

(MI57E – Explotación de Minas - Generalidades acerca del Manejo de Minerales -2008

Camiones CAT 793C.- El camión 793C ha sido diseñado para generar una alta producción, con el fin de asegurar el más bajo costo por tonelada en aplicaciones de minería.

Con capacidad de carga útil nominal de 218. TM, pero dentro de la política de carga útil (Ton) tiene como objetivo 234 Ton, como mínimo 220 Ton, y máximo de 270 Ton., con una Velocidad máxima con carga de 55 km / h. (Manual de Rendimiento hanbook Caterpillar- 2000)



Fig. 2.2.- Camión minero.

Fuente: Manual de Rendimiento hanbook Caterpillar- 2000.

2.2.3.- Cálculo de la productividad de equipos de transporte.

Según el artículo en Minería de Educar Chile, sobre la Productividad de Los Equipos de Carguío (2010). La productividad de estos equipos depende de la capacidad de la tolva y del número de viajes que pueden realizar en una hora. La capacidad de la tolva está definida por construcción y por las características del material a transportar (densidad, tamaño de material fragmentado, esponjamiento, etc.). El número de viajes por hora dependerá del peso del vehículo, la potencia del motor, la distancia de transporte y condiciones del camino tales como pendiente, resistencia a la rodadura.

Se pueden distinguir tres valores diferentes para la productividad, cada uno de los cuales tiene un significado y uso diferente.

- ✓ Productividad teórica
- ✓ Productividad promedio
- ✓ Productividad máxima

Productividad teórica.

Corresponde al peso o volumen por hora producido por una unidad en operación si no ocurren retrasos o pausas en la producción. Indica el potencial máximo productivo de un equipo, lo que muy raramente ocurre en la práctica.

(1) Tiempo de ciclo de transporte (min)

(2) Capacidad nominal del equipo (ton)

(3) Factor de esponjamiento (fracción en %)

(4) Densidad de material esponjado (ton/m³)

(5) Productividad (ton/hr)

(5) (ton/hr) = 60 (min/hr) x (2) (ton) / (1) (min)

(6) Tasa de remoción de volumen in situ (m³/hr)

(6) (m³/hr) = 60 (min/hr) x (2) (ton) / [(1) (min) x (3) x (4) (ton/m³)]

Productividad promedio.

Corresponde al peso o volumen por hora producido por una unidad en operación, considerando retrasos fijos y variables. Esta tasa de producción debe aplicarse al periodo de tiempo deseado (día, turno) para estimar la producción total.

(1) Duración del período de tiempo (hr)

(2) Retrasos fijos (hr)

(3) Eficiencia de trabajo (retrasos variables) (fracción)

(4) Capacidad nominal del equipo (ton)

(5) Tiempo de ciclo de transporte (min)

(6) Densidad del material in situ (ton/m³)

(7) Factor de esponjamiento (fracción)

(8) Productividad (ton/hr)

(8) (ton/hr) = 60 (min/hr) x [(1) (hr) – (2) (hr)] x (3) x (4) (ton) /
[(1) (hr) x (5) (min)]

(9) Tasa de remoción de volumen in situ (m³/hr)

(9) (m³/hr) = 60 (min/hr) x [(1) (hr) – (2) (hr)] x (3) x (4) (ton) /
[(1) (hr) x (5) (min) x (7) x (6) (ton/m³)]

Productividad máxima.

Corresponde al peso o volumen por hora producido por una unidad en operación, considerando sólo retrasos variables. Esta tasa de producción debe aplicarse para determinar el número de unidades de transporte asignadas a una pala, para lograr cierta producción requerida.

(1) Eficiencia de trabajo (retrasos variables) (fracción)

(2) Capacidad nominal del equipo (ton)

(3) Tiempo de ciclo de transporte (min)

(4) Densidad del material in situ (ton/m³)

(5) Factor de esponjamiento (fracción)

(6) Productividad (ton/hr)

$$(6) \text{ (ton/hr)} = 60 \text{ (min/hr)} \times (1) \text{ (hr)} \times (2) \text{ (ton)} / (3) \text{ (min)}$$

$$(7) \text{ Tasa de remoción de volumen in situ (m}^3\text{/hr)}$$

$$(7) \text{ (m}^3\text{/hr)} = 60 \text{ (min/hr)} \times (1) \text{ (hr)} \times (2) \text{ (ton)} /$$

$$[(3) \text{ (min)} \times (5) \times (4) \text{ (ton/m}^3)]$$

Relación tiempo de ciclo camión pala.

El tiempo de ciclo de carguío es el factor más importante en todos estos cálculos, a continuación se presenta una metodología para estimarlo.

Tiempo de carga

El tiempo de carga depende del número de paladas necesarias para llenar la capacidad del camión. Se puede calcular según la siguiente fórmula:

$$(1) \text{ Capacidad nominal del camión (ton)}$$

$$(2) \text{ Capacidad nominal de la pala (m}^3\text{)}$$

$$(3) \text{ Factor de llenado del balde (fracción)}$$

$$(4) \text{ Factor de esponjamiento (fracción)}$$

$$(5) \text{ Densidad del material in situ (ton/m}^3\text{)}$$

$$(6) \text{ Tiempo de ciclo de pala (min)}$$

$$(7) \text{ Número de pasadas}$$

$$(7) = (1) \text{ (ton)} / [(2) \text{ (m}^3\text{)} \times (3) \times (4) \times (5) \text{ (ton/m}^3)]$$

El número de pasadas se aproxima al entero inmediatamente superior al dado por la fórmula anterior.

$$(8) \text{ Tiempo de carga (equipo de transporte) (min)}$$

$$(8) \text{ (min)} = (7) \times (6) \text{ (min)}$$

Se considera, en general, un mínimo de cinco pasadas, y en la mayoría de los casos, entre seis y siete pasadas es el óptimo.

Tiempo de giro, posicionamiento y descarga

El tiempo de maniobras de transporte depende de las condiciones de trabajo y del tipo de descarga del equipo. Como referencia, se entregan los valores de la siguiente tabla (tabla **Tabla 2.1**).

Tabla 2.1.- Tiempo de maniobras de carga

Condiciones de Operación	Tiempo según tipo de descarga (min)		
	Inferior	Trasera	Lateral
Favorables	0.3	1.0	0.7
Promedio	0.6	1.3	1.0
Desfavorables	1.5	1.5 – 2.0	1.5

(Fuente: Educar Chile-Productividad de Los Equipos de Carguío- 2010)

Este tiempo depende de las condiciones de trabajo y del tipo de descarga del equipo.

Tiempo de posicionamiento en punto de carguío.

Al igual que en el caso anterior, estos tiempos dependen del tipo de equipo de transporte y de las condiciones de trabajo. El posicionamiento descuidado en el punto de carguío es una práctica que puede causar grandes pérdidas en tiempo de operación. Un buen posicionamiento de los camiones permite reducir el tiempo de giro de la pala y aumentar la productividad del equipo de carguío. Los camiones debieran posicionarse exactamente bajo la trayectoria del balde de la pala, de manera que no se requiera, por parte del operador de la pala, de un ajuste en el radio (mediante un cambio en el ángulo del brazo de la pala). Este radio debe coincidir tanto como sea posible con la distancia de la pala a la frente que está excavando. Como referencia, se entregan los siguientes valores. (Tabla 2.2)

Tabla 2.2- Tiempo de posicionamiento en punto de carguío.

Condiciones de Operación	Tiempo según tipo de descarga (min)		
	Inferior	Trasera	Lateral
Favorables	0.15	0.15	0.15
Promedio	0.50	0.30	0.50
Desfavorables	1.00	0.50	1.00

(Fuente: Educar Chile-Productividad de Los Equipos de Carguío- 2010)

Tiempo de posicionamiento en punto de carguío según condiciones de operación y tipo de descarga.

Tiempo de transporte.

El tiempo de transporte está determinado por el peso del equipo y las condiciones de la vía. Si no hay restricciones por razones de seguridad o por condiciones laborales, la velocidad de transporte dependerá de la calidad y pendiente del camino y del peso del equipo de transporte y su carga.

Una característica importante en la operación de estos vehículos es que deben moderar la velocidad de manera de que los frenos funcionen sin superar la capacidad de enfriamiento del sistema. El cálculo de velocidades de estos camiones depende entonces de la pendiente de bajada.

Se define la resistencia por pendiente como el esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse a la gravedad y permitir el ascenso del vehículo en una vía con pendiente positiva (es decir, una vía que asciende). Corresponde a 1% del peso del vehículo por cada 1% de pendiente. Por ejemplo, un camino con 5% de pendiente tiene una resistencia por pendiente de un 5% del peso total movilizado (peso del camión más el peso de la carga).

Además de la resistencia por pendiente, se tiene la resistencia a rodar de los neumáticos del vehículo, que corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse al efecto retardatorio entre los neumáticos y la vía. A modo de ejemplo, para un camino bien mantenido y seco de tierra y grava, la resistencia es de 2% del peso movilizado.

Para el cálculo de la velocidad a la que el vehículo, cargado o descargado, puede enfrentar los distintos tramos del recorrido de transporte que debe salvar, se utilizan los gráficos de rendimiento que los proveedores de los vehículos de transporte entregan.

Los factores a considerar son:

- Pendiente
- Condiciones de la vía
- Resistencia total = resistencia por pendiente + resistencia a rodar
- Peso del equipo
- Peso de la carga
- Curva de rendimiento del equipo para las distintas marchas del motor.

Tiempo de retorno.

El tiempo de regreso de la unidad de transporte a menudo está determinado por condiciones de trabajo o precauciones de seguridad, en lugar del rendimiento del equipo mismo.

2.2.3.1- Factores del tiempo.

Tiempo operativo: corresponde al tiempo en que el equipo está entregado a su operador y en condiciones de realizar la labor programada. Este tiempo se divide en:

- **Tiempo efectivo:** corresponde al tiempo en que el equipo está desarrollando sin inconvenientes la labor programada.
- **Tiempo de pérdidas operacionales:** corresponde al tiempo en que el equipo, estando operativo, realiza otras labores, tales como traslados, esperas de equipo complementario, etc.
- **Tiempo de reserva:** corresponde al tiempo en que el equipo, estando en condiciones de realizar la labor productiva, no es utilizado, ya sea porque no hay un operador disponible, o bien, simplemente porque no se ha considerado su operación en los programas de producción para el período actual. (MI57E – Explotación de Minas)

2.2.4- Productividad en minera Yanacocha SRL.

Productividad en equipos de carguío.

Términos relacionados a la productividad:

- ✓ Distancia equivalente horizontal (EFH)
- ✓ Tonelaje nominal
- ✓ El ciclo de carguío y acarreo
- ✓ Tiempo de carguío o load-time
- ✓ Tiempo de cuadrado o spot-time
- ✓ Tiempo descargando o dump-time
- ✓ Tiempo de espera de camiones o hang
- ✓ Tiempo en cola o queue
- ✓ Dig-rate o tasa de excavación
- ✓ Productividad efectiva
- ✓ Productividad horaria o productividad ready
- ✓ Producción de la hora
- ✓ Capacidades de minado

Productividad efectiva

Es la relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo efectivo de carga, incluyendo el tiempo de cuadrado. Esto es lo que se produciría en una hora si el *hang* fuera cero. Es la productividad que aparece en los reportes de tiempo real y es la empleada para los rankings.

$$\text{Productividad efectiva } (tm/h) = \frac{\text{tonelaje nominal}}{\text{tiempo de carguío} + \text{tiempo de cuadrado}}$$

Productividad horaria o productividad por hora operativa

Es la relación entre las toneladas nominales y el tiempo total productivo, que incluye tiempo de carguío, tiempo de cuadrado y esperando camiones

$$Productividad\ horaria\ (tm/h) = \frac{tonelaje\ nominal}{\begin{matrix} tiempo\ de \\ carguío \end{matrix} + \begin{matrix} tiempo\ de \\ cuadrado \end{matrix} + hang}$$

Producción de la hora

Es el total de toneladas nominales que produjo un equipo de carguío en una hora determinada, incluyendo demoras, traslados, tiempo malogrado y otros en general.

Productividad en equipos de acarreo.

La productividad en equipos de acarreo, está dada por la siguiente Fórmula:

$$\frac{PAYLOAD \times (DISTANCIA\ VACIO + DISTANCIA\ CARGADO)}{TIEMPO\ CICLO\ (Viajando\ vacio + cuadránd. + acarreand. + retroced + descargand)}$$

Clasificación de tiempos en Dispatch.

La gestión y clasificación de tiempos es de suma importancia en un sistema de despacho. La gestión de los estados de tiempo en el sistema de despacho de Modular para la correcta asignación de equipos es como sigue:

Términos relacionados a la utilización del equipo

- Horas totales de equipo.
- Horas disponibles de equipo
- Horas de equipo malogrado
- Horas de equipo operativo (horas ready)
- Demoras (delays)
- Stand-by
- Disponibilidad mecánica (availability)
- Uso de la disponibilidad
- Uso del equipo (Usage)

Indicadores Clave de Rendimiento (Key performance Indicators).

El manejo de KPIs está basado en la conceptualización corporativa de la distribución de tiempos. La base de esta distribución de tiempos es la definición de cada razón de tiempo, garantizando que el benchmarking entre faenas se realice teniendo los mismos parámetros base.

2.2.4.1- Modelo de distribución del tiempo en MYSRL.

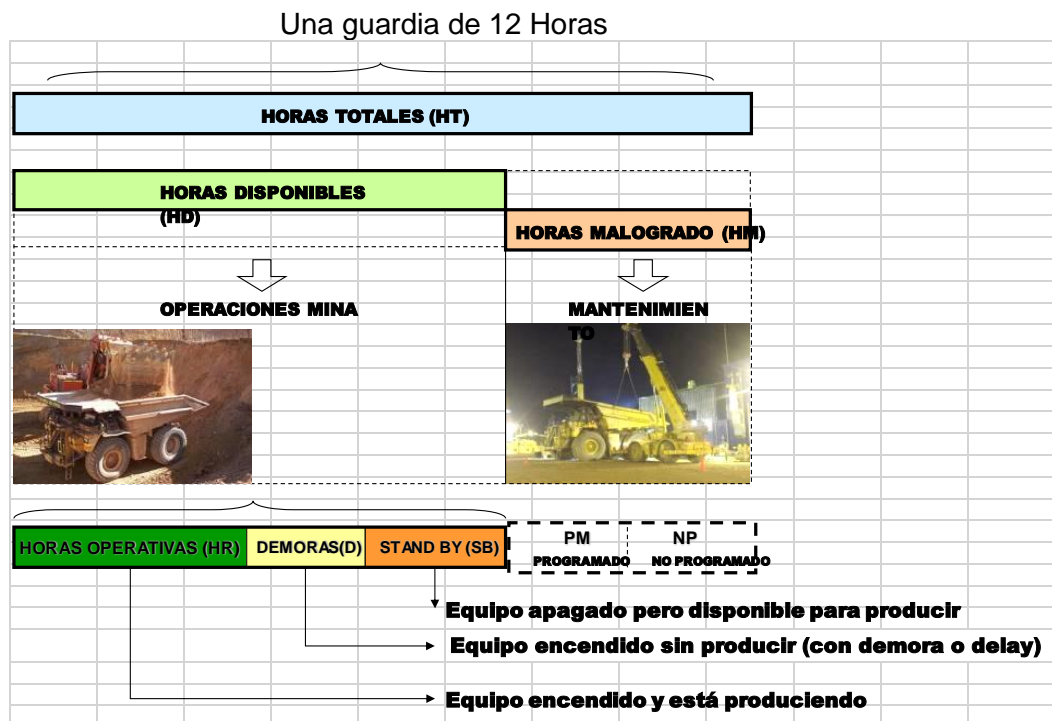


Fig. 2.3.-Estado de los equipos de C&A.
Fuente: Entrenamiento sistema JIGSAW, MYSRL.

Horas totales del equipo (HT).-

Son el total de las 24 horas del día, los 365 días del año. Debe considerarse para cada equipo.

Horas disponibles del equipo (HD)

Son las horas en que el equipo está disponible para producir, es decir, a disposición de Operaciones Mina.

Disponibilidad mecánica.- Es el porcentaje del tiempo total que el equipo está disponible para operaciones. Es una medida de la eficiencia de Mantenimiento, por lo que es controlada por ellos.

$$\text{Disponibilidad Mecánica} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas malogrado}}{\text{Horas totales}}$$

Horas del equipo malogrado (HM)

Son las horas en que el equipo no está disponible para producir, ya sea por reparación correctiva (NP) o preventiva (PM). Está a responsabilidad de Mantenimiento Mina.

Horas operativas (horas ready) (HR)

Son las horas en que el equipo está operativo y haciendo trabajo productivo
(Produciendo toneladas).

Demoras (*delay* (D))

Es el tiempo en que el equipo está operativo, pero no realizando trabajo Productivo. Algunas demoras son:

- ✓ Cambio de guardia
- ✓ Disparo
- ✓ Relleno combustible
- ✓ Cambio de operador

Equipo listo pero en espera (SB) (Stand-by)

Es el tiempo en que el equipo está disponible mecánicamente, pero apagado por consideraciones operativas. Ejemplos de paradas por stand-by son:

- ✓ Falta de equipo de carguío/acarreo
- ✓ Falta de grifo o cisterna
- ✓ Refrigerio
- ✓ Parada por condiciones insegura

2.2.4.2- Control de operaciones mina con el sistema Jigsaw / Mineops

Leica Jmineops es el software de gestión de flotas en el corazón de la solución Leica Jigsaw. Es la ventana a sus operaciones mineras proporcionando información crítica actualizada en tiempo real, lo que permite a despachadores, administradores y personal de mantenimiento interactuar perfectamente con las soluciones.

Mediante el *JigSaw* se puede observar información importante y en tiempo real como el estado de la máquina, la ubicación de los equipos de carguío y camiones posición del vehículo, el tonelaje de cargas de los camiones, los camiones asignados a cada destino sea descarga o palas, los tiempos de llegada estimados de los camiones a su destino, etc.

Leica Jmineops ayuda al supervisor dispatch y supervisor de campo mantener el KPI dentro de los parámetros establecidos y por lo tanto controlar los valores de Dig rate, *Payloads*, *Queue*, *Hang*, etc. proporcionando a los usuarios datos significativos para analizar, configurar, administrar y manipular las operaciones actuales de la mina para una máxima productividad.

Soporte de Dispatch en precisión de minado.

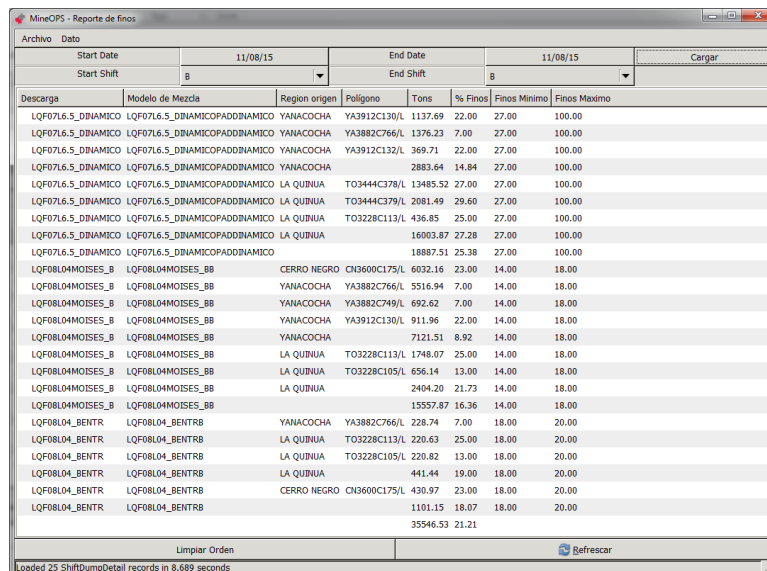
El despachador de Dispatch puede verificar en tiempo real el nivel y polígono que el equipo de carguío está minando, así como el tipo de material que el camión está acarreando y si su destino es correcto.

Se puede verificar el nivel de piso de cada equipo de carguío, si el equipo está sobre el nivel o debajo del nivel de minado para que el equipo pueda mantener el nivel dado por topografía.

Control de las descargas.

En los Pads de lixiviación se debe cumplir con un porcentaje de fino establecido por planeamiento, Por lo tanto, si tenemos una zona que ya no puede recibir un material determinado por tener una cantidad de finos que altere la mezcla y con ello la estabilidad del Pad, el Dispatch buscará otra opción de descarga que desafortunadamente representará una mayor tramo por recorrer en el siguiente grafico se muestra el reporte de control de finos en Pad.

Tabla 3.- Control de descargas de Finos en el Pad.



Descarga	Modelo de Mezcla	Region origen	Poligono	Tons	% Finos	Finos Minimo	Finos Maximo
LQF0716.5_DINAMICO	LQF0716.5_DINAMICOPADDINAMICO	YANACOCHA	YA3912C130/L	1137.69	22.00	27.00	100.00
LQF0716.5_DINAMICO	LQF0716.5_DINAMICOPADDINAMICO	YANACOCHA	YA3882C766/L	1376.23	7.00	27.00	100.00
LQF0716.5_DINAMICO	LQF0716.5_DINAMICOPADDINAMICO	YANACOCHA	YA3912C132/L	369.71	22.00	27.00	100.00
LQF0716.5_DINAMICO	LQF0716.5_DINAMICOPADDINAMICO	YANACOCHA		2883.64	14.84	27.00	100.00
LQF0716.5_DINAMICO	LQF0716.5_DINAMICOPADDINAMICO	LA QUINUA	TO3444C378/L	13485.52	27.00	27.00	100.00
LQF0716.5_DINAMICO	LQF0716.5_DINAMICOPADDINAMICO	LA QUINUA	TO3444C379/L	2081.49	29.60	27.00	100.00
LQF0716.5_DINAMICO	LQF0716.5_DINAMICOPADDINAMICO	LA QUINUA	TO3228C113/L	436.85	25.00	27.00	100.00
LQF0716.5_DINAMICO	LQF0716.5_DINAMICOPADDINAMICO	LA QUINUA		16003.87	27.28	27.00	100.00
LQF0716.5_DINAMICO	LQF0716.5_DINAMICOPADDINAMICO			18887.51	25.38	27.00	100.00
LQF08L04MOISES_B	LQF08L04MOISES_BB	CERRO NEGRO	CH3600C175/L	6032.16	23.00	14.00	18.00
LQF08L04MOISES_B	LQF08L04MOISES_BB	YANACOCHA	YA3882C766/L	5516.94	7.00	14.00	18.00
LQF08L04MOISES_B	LQF08L04MOISES_BB	YANACOCHA	YA3882C749/L	692.62	7.00	14.00	18.00
LQF08L04MOISES_B	LQF08L04MOISES_BB	YANACOCHA	YA3912C130/L	911.96	22.00	14.00	18.00
LQF08L04MOISES_B	LQF08L04MOISES_BB	YANACOCHA		7121.51	8.92	14.00	18.00
LQF08L04MOISES_B	LQF08L04MOISES_BB	LA QUINUA	TO3228C113/L	1748.07	25.00	14.00	18.00
LQF08L04MOISES_B	LQF08L04MOISES_BB	LA QUINUA	TO3228C105/L	656.14	13.00	14.00	18.00
LQF08L04MOISES_B	LQF08L04MOISES_BB	LA QUINUA		2404.20	21.73	14.00	18.00
LQF08L04MOISES_B	LQF08L04MOISES_BB			15557.87	16.36	14.00	18.00
LQF08L04_BENTR	LQF08L04_BENTR8	YANACOCHA	YA3882C766/L	228.74	7.00	18.00	20.00
LQF08L04_BENTR	LQF08L04_BENTR8	LA QUINUA	TO3228C113/L	220.63	25.00	18.00	20.00
LQF08L04_BENTR	LQF08L04_BENTR8	LA QUINUA	TO3228C105/L	220.82	13.00	18.00	20.00
LQF08L04_BENTR	LQF08L04_BENTR8	LA QUINUA		441.44	19.00	18.00	20.00
LQF08L04_BENTR	LQF08L04_BENTR8	CERRO NEGRO	CH3600C175/L	430.97	23.00	18.00	20.00
LQF08L04_BENTR	LQF08L04_BENTR8			1101.15	18.07	18.00	20.00
				35546.53	21.21		

Fuente: Dispatch- Reporte de Productividad.

Funciones a controlar con el sistema JigSaw en los equipos de acarreo:

Viajando vacío: El camión se encuentra viajando vacío cuando se dirige al equipo de carguío. Los camiones vacíos automáticamente entran en la actividad de Viajando después de haber partido más de 20 m de su punto de descarga.

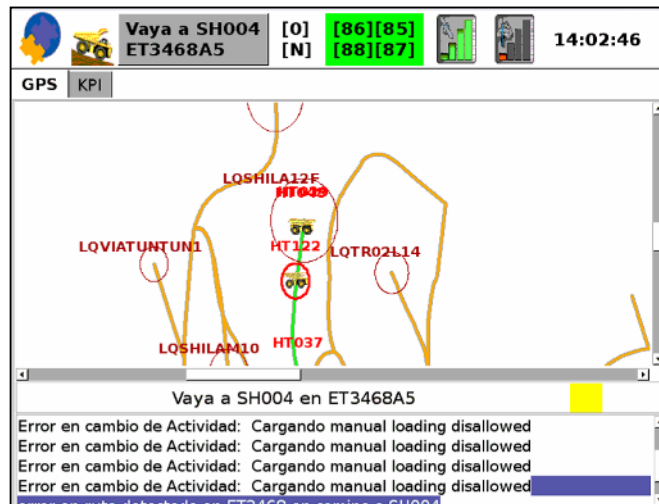


Fig. 2.5.-Estado viajando vacío

Fuente: Entrenamiento sistema JIGSAW, MYSRL.

Esperando: El camión se encuentra en espera a ser cargado por el equipo de carguío. Los camiones en la actividad de Viajando entran en la actividad de Esperando después de detenerse dentro de la distancia de espera (waiting_distance) a 60m de la pala.

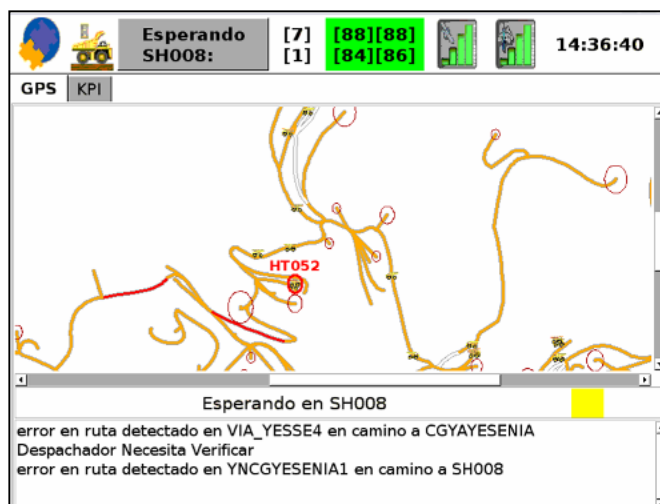


Fig. 2.6.-Estado esperando

Fuente: Entrenamiento sistema JIGSAW, MYSRL.

Cuadrándose: El camión en la actividad de Esperando entra en la actividad Cuadrándose cuando el GPS detecta que el camión ha iniciado

la reversa y se encuentra al frente del equipo de carguío dentro de la distancia de cuadrado (spotting_distance) a 20 m de la misma.



Fig. 2.7.-Estado cuadrándose
Fuente: Entrenamiento sistema JIGSAW, MYSRL.

Cargando: Cuando el camión está cargando en el equipo de carguío. Los camiones en la actividad de Cuadrándose entran en la actividad de Cargando cuando el VIMS del camión detecta que está cargando

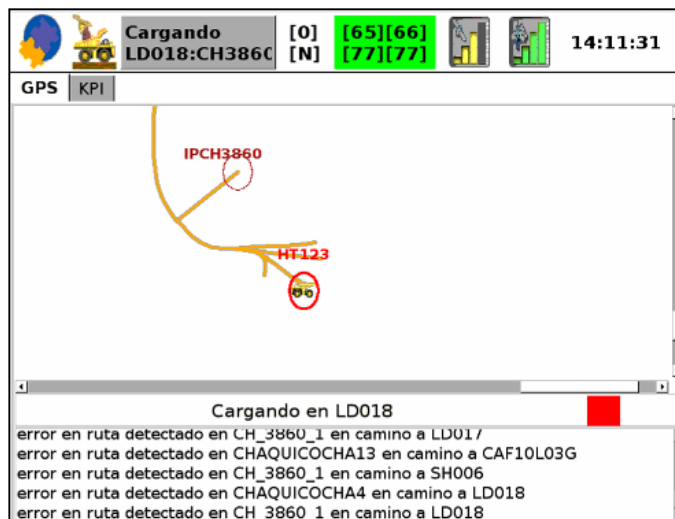


Fig. 2.8.-Estado cargando
Fuente: Entrenamiento sistema JIGSAW, MYSRL.

Acarreando: Los camiones en la actividad Cargando entran en la actividad Acarreando cuando el GPS detecta que el camión ha viajado

más que la distancia de salida (departure_distance) de 20 m desde la zona de carga

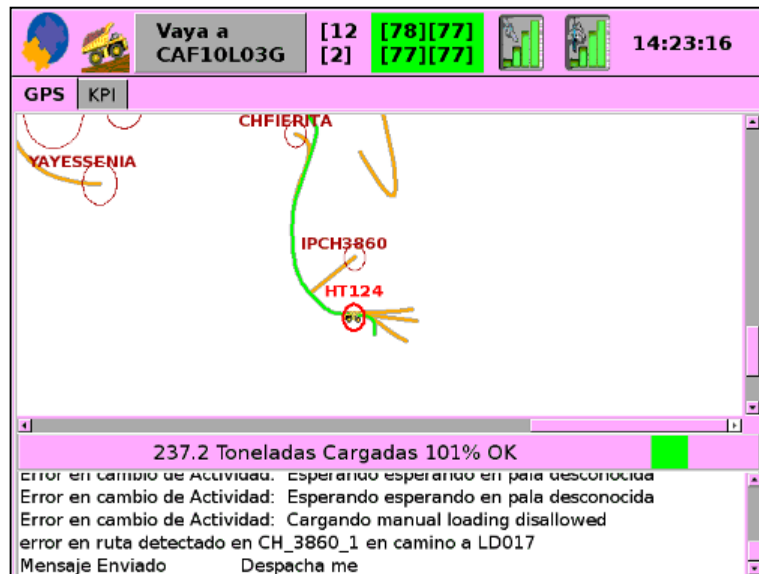


Fig. 2.9.-Estado acarreado

Fuente: Entrenamiento sistema JIGSAW, MYSRL.

En cola: Los camiones en la actividad de Acarreando entran en la actividad de En cola cuando el GPS detecta que el camión se ha detenido dentro de los límites de una locación de descarga.

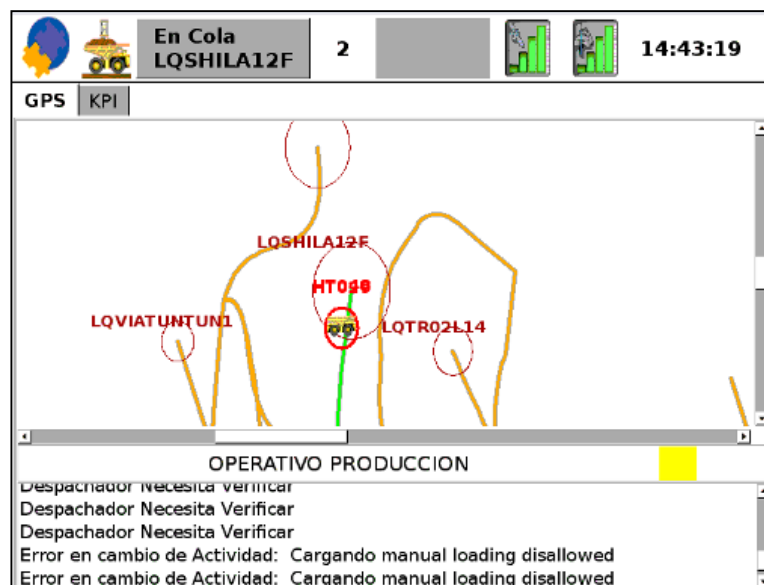


Fig. 2.10.-Estado en cola

Fuente: Entrenamiento sistema JIGSAW, MYSRL.

Retrocediendo: Los camiones en la actividad En cola entra en la actividad de Retrocediendo cuando el GPS detecta que el camión ha iniciado la reversa y se encuentra dentro de los límites de la descarga.

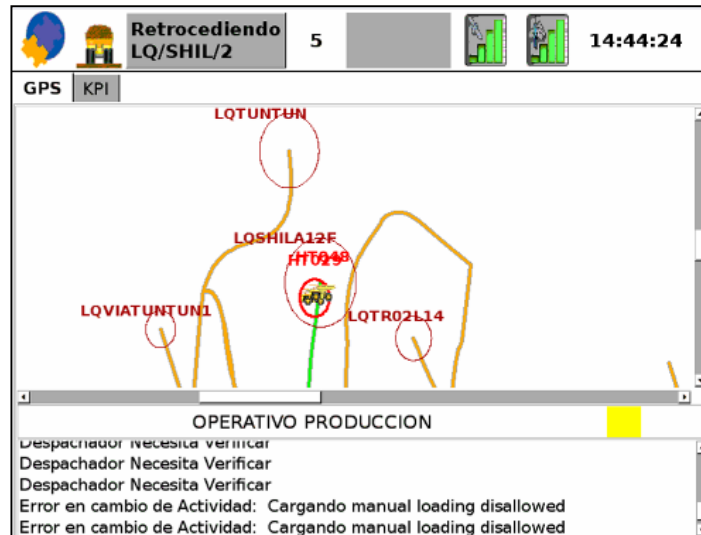


Fig. 2.11.-Estado retrocediendo
Fuente: Entrenamiento sistema JIGSAW, MYSRL.

Descargando: Los camiones en la actividad Retrocediendo entran en la actividad Descargando, cuando el VIMS informa que el camión está descargando.

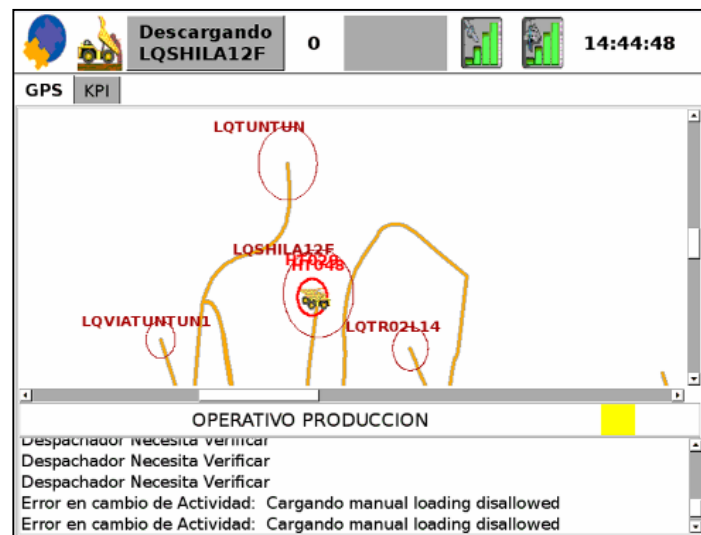


Fig. 2.12.-Estado descargando
Fuente: Entrenamiento sistema JIGSAW, MYSRL.

2.2.5.- Equipos auxiliares de apoyo.

La flota de equipos auxiliares de Minera Yanacocha en la tarea de limpieza de piso de pala son de la línea Caterpillar estos son tractores de oruga(D10T- D11R) y tractores de ruedas(844); Estos equipos son los encargados de dar las condiciones óptimas en el frente de carguío para que los equipos de carguío puedan producir y mantener las vías de acarreo para que los camiones se desplacen sin restricciones y en las áreas de descarga mantener los pisos estables y el área despejada para que los camiones descarguen con seguridad y sin demoras.



Fig. 2.13.- Tractores en operación. A la izquierda se muestra un modelo sobre ruedas y a la derecha, uno sobre orugas.

Estos dos tipos de equipo poseen una función principalmente de apoyo a los equipos principales. Los wheeldozers están montados sobre neumáticos (**Fig. 2.14**), mientras que los bulldozers lo están sobre orugas (**Fig. 2.15**), El wheeldozers se utiliza principalmente para la mantención de caminos, preparación de terrenos y mantención de botaderos. Los bulldozers pueden trabajar bajo condiciones muy difíciles, tales como altas pendientes, y se utilizan a menudo para abrir los accesos, hacer los trabajos iniciales para profundizar el tajo, es decir, iniciar un nuevo banco, así como mantener los caminos. El transporte de material se realiza por empuje en estos equipos. (MI57E – Explotación de Minas - Generalidades acerca del Manejo de Minerales -2008)

Equipo de apoyo a la limpieza de piso de pala-Tractor RT 844C



Fig. 2.14.-Tractor sobre ruedas.
Fuente: Manual de rendimiento Hanbook Caterpillar.

Equipo de apoyo a la limpieza de piso de pala-Tractor D10T



Fig. 2.15.- Tractor sobre oruga
Fuente: Manual de rendimiento Hanbook Caterpillar.

2.2.5.1- Cálculo de productividad de equipos mixtos móviles o auxiliares.

El cálculo de la productividad de un equipo depende por cierto del tipo de equipo, pero en general, puede enfrentarse mediante el cálculo de los siguientes ítems.

Capacidad del equipo: corresponde a la carga por ciclo que el equipo puede manejar. Depende del tamaño del lampón del equipo de empuje.

Se determina utilizando la capacidad nominal especificada para el equipo.

Tiempo de ciclo: al igual que en los casos anteriores, el tiempo de ciclo consta de cuatro componentes:

a. Tiempo de carga: generalmente, dependiendo de las condiciones de trabajo.

b. Tiempo de transporte: depende del peso transportado, potencia del equipo, esfuerzos de tracción, condiciones del camino (pendiente) y distancia de transporte.

c. Tiempo de descarga: este tiempo incluye maniobra y descarga.

d. Tiempo de retorno: difiere del tiempo de transporte en que el equipo vuelve descargado y con pendiente contraria a la etapa de transporte.

La velocidad máxima de los equipos puede restringirse al trabajar en pendientes fuertes, de manera de permitir un frenado seguro en esas condiciones. El tiempo de transporte debe entonces recalcularse considerando esta velocidad máxima restringida

Factores de corrección por condiciones de trabajo:

La capacidad calculada debe corregirse para considerar la habilidad del operador, condiciones climáticas, de operación, etc.

2.2.6- Factores que afectan el proceso de carguío y acarreo

2.2.6.1- Condiciones climáticas:

Lluvias: Las lluvias en la sierra caen de Noviembre a abril con fuerte precipitación y al caer en la mina produce que las vías se vuelvan inestables y “jabonosas” ya que el material por el cual está compuesto las vías es en su mayoría arcilloso, y en el tajo de gravas tiene alto contenido de arcillas, provocando que los camiones resbalen y queden enfangados provocando demoras por rescate.



Fig. 2.16.- Estado de piso de carguío por efecto de lluvias

Visibilidad: Los empozamientos de agua en las vías de acarreo son producto de dejar de lado el nivelado de las vías en su debido momento para cuando empiezan las lluvias, un mal lastrado con material que en vez de lograr una vía compactada solo logra tapar un desnivel momentáneamente. Son un riesgo potencial para el daño de llantas ya que el operador al no poder apreciar lo que se encuentra por debajo de esa “laguna”

Tormentas: Las tormentas eléctricas en yanacocha es considerado como un peligro de alto potencial y que muchas veces no están acompañadas con precipitaciones de lluvia, son los meses de Octubre a Abril de cada año alta probabilidad de presencia de tormentas eléctricas. Las tormentas eléctricas son condiciones atmosféricas adversas, producidas por descargas eléctricas de gran intensidad, conocidas como rayos. El rayo puede desplazarse hasta 13 Km, provocar una temperatura de más de 1.000°C, su velocidad puede llegar a 140.000 km/s. en Yanacocha se cuenta con dos tipos de alertas de emergencia con respecto a tormentas eléctricas:

Alerta Amarilla - indica la aproximación de una tormenta eléctrica.

Alerta Roja – indica presencia de tormenta eléctrica directamente en la zona.

Para poder determinar si una alerta es amarilla o roja se cuentan con equipos que conforman el sistema principal de detección de tormentas eléctricas de Yanacocha, estos detectores están administrados por Prevención de Pérdidas y se encuentran distribuidos en 8 zonas de la mina.

Neblina: La neblina afecta al normal desarrollo del proceso de carguío y acarreo, haciendo que los camiones transiten más lento de lo estándar y llegando a detener las operaciones por horas o por turnos casi completos si la visibilidad es menor a 40 m. Si la visibilidad es mayor a 40 metros, se reduce la velocidad, manteniendo una distancia mínima de equipo a equipo de 60 m. (se calcula por las balizas de señalización que están colocados en la berma, una tras otra a 20 m. de distancia).

Temperatura: La temperatura puede llegar hasta 28°C en un día soleado y hasta 5° en las madrugadas, a pesar que todas las cabinas de los equipos tienen un sistema de aire acondicionado y calefacción el operador no está trabajando concentrado en su tarea, esto genera que el operador tenga un bajo rendimiento laboral.

Las temperaturas altas ocasionan levantamiento de polvo de las vías por donde transitan los camiones generando la disminución de velocidades conforme a procedimientos de operación, afectando por lo tanto a la productividad. (Tumbay Antony S. 2011).

Otras condiciones

- Condiciones del área de carguío
- Condiciones del área de acarreo
- Factor humano
- Granulometría del mineral a cargar
- Pérdidas de Potencia
- Altura sobre el nivel del mar

2.2.6.2- Seguridad en carguío y acarreo.

Minera Yanacocha ha sido reconocida una vez más por su excelente desempeño en la prevención de accidentes y la seguridad de cada uno de sus trabajadores. En esta ocasión, la empresa recibió la Placa de Honor de Seguridad 2012, en la categoría “Minería Superficial”, por haber ocupado el segundo lugar en este importante rubro. Es considerada como una de las operaciones mineras más seguras en el Perú y también a nivel de todas las minas de la corporación Newmont en el mundo. El compromiso de Yanacocha con la seguridad es uno de los pilares sobre los que lleva a cabo sus operaciones, y este reconocimiento es una nueva muestra de ello. (Revista seguridad minera, septiembre, 2013).

El objetivo del año 2015 en seguridad es el Zero Harm y para lograr este objetivo uno de los controles es minimizar los riesgos.

2.3.- Planeamiento mina.

Según el área de Planeamiento Mina de Minera Yanacocha (2001). En la Planificación de una empresa minera, es donde se precisan los resultados deseados y se programan las actividades con sus tiempos y recursos asociados, con el propósito de concretar la misión. Particular importancia en el ámbito minero, constituye todo el proceso de generación de planes mineros de producción, en atención a que las definiciones de tonelajes a tratar, como el de sus leyes asociadas, establecen el rendimiento económico del negocio.

La planificación se puede entender como un desarrollo racional, mediante el cual los recursos humanos, físicos y financieros son orientados hacia la materialización de un objetivo previamente definido. Dicho de otro modo, es investigar (para generar opciones), elegir (una de ellas) y preparar las tareas pertinentes para materializar aquello que se desea realizar.

Definición de Planeamiento de Minado.

Según el área de Planeamiento de Minera Yanacocha 2001, es el proceso de planificación, el que permite identificar y pronosticar el que hacer, de modo de

alcanzar los objetivos de la empresa, junto con los presupuestos, los planes de ventas, los programas de inversión, las estimaciones de recursos y otros. Para el caso de una empresa minera, es la planificación la encargada de definir el plan minero de producción. Dicho plan identifica el origen, la cantidad y la calidad de material a beneficiar, como también las estrategias, tiempos, y recursos requeridos para la materialización de lo programado.

Esta planificación minera debe reunir atributos de alta relevancia que es necesario asimilar, aceptar, y considerar en cada una de las tareas constitutivas, tales atributos son: La coherencia, que sea sistémico, y además Dinámico.

El sistema de planificación minero debe ser COHERENTE, en el sentido de asegurar una plena y permanente armonía entre la estrategia de producción de corto, mediano, largo plazo y la misión empresarial. Como consecuencia de lo anterior, los planes mineros deben constituir el camino base para acceder al objetivo del negocio, aceptando todas las restricciones técnicas y económicas que imponga el mercado, o que definan los propietarios de la empresa o finalmente las condiciones naturales del yacimiento.

El sistema de planificación minero debe ser SISTÉMICO, en el sentido de aceptar que la obtención del plan minero de producción, es el resultado de varias iteraciones y continuas retroalimentaciones que deben verificarse producto de los aportes que hagan los distintos sistemas constituyentes de la empresa.

El sistema de planificación minero debe ser además DINÁMICO, en el sentido de reconocer que esta tarea está soportada por las mejores estimaciones de las variables relevantes, para el mediano y largo plazo, por lo tanto resulta natural e imprescindible que la planificación esté sujeta a constantes revisiones en la medida que se disponga de mayor información.

Cambios en los costos, en los avances tecnológicos, en las restricciones de mercado, en las restricciones de disponibilidad de recursos, entre otros, implicarán revisión y modificación de los planes mineros de producción.

Minera Yanacocha opera la mina de oro más grande de Sud América, y como soporte para el logro de estos niveles de operación, el área de planeamiento de mina tiene

la tarea de buscar el máximo valor de sus recursos, lo cual no solo incluye al valor del yacimiento, sino además el valor de todas las inversiones realizadas y por realizar así como el valor de las relaciones entre la compañía y sus empleados, el medio ambiente y las comunidades aledañas. Todas y cada uno de estos componentes son críticos para la continuidad de las operaciones de MYSRL tanto en el corto como en el largo plazo.

El modelo geológico del depósito, su comportamiento metalúrgico y una buena información de costos son piezas importantes para un exitoso desarrollo del diseño del tajo y plan de producción de mina. Estos nos limitan o dan posibilidad de plantear estrategias mediante el planeamiento de minado.

En MYSRL el departamento de Ingeniería y Planeamiento tiene a su cargo la elaboración de los diseños de los tajos, depósitos de mineral (Pads de Lixiviación) y botaderos de desmonte así como de los planes de producción de mina. Son los encargados de preparar los programas a corto, mediano y largo plazo. Este departamento está dividido en las siguientes áreas: Planeamiento de Largo Plazo (incluye Modelamiento), Planeamiento de Corto Plazo (Incluye topografía), Soporte de Ingeniería (Geotecnia e Hidrología).

2.3.1- Alteraciones hidrotermales distrito minero Yanacocha.

La alteración hidrotermal en el distrito de Yanacocha es típica de los sistemas ácido-sulfato y/o alta sulfuración. La alteración es intensa y los límites del distrito están definidos por la extensión de las rocas alteradas. Existe un patrón zonal cerca de cada centro, con sílice granular la cual está cubriendo una alteración de sílice porosa y sílice masiva granular la cual está cubriendo una alteración de sílice porosa y sílice masiva en la parte central, que gradúa alejándose del centro, a sílice-alunita+pirofilita (Argílica avanzada), arcilla-caolinita (argílica), arcilla montmorillonita (argílica), y propilítica.

Volumétricamente el tipo de alteración más abundante es argílico, pero la alteración silíceo es la más importante para la mineralización de oro y plata.

Se han determinado edades sobre 10.9 a 11.46 millones de años para el evento e alteración hidrotermal, indicando un corto lapso de tiempo para la evolución volcánica e hidrotermal del distrito (Turner 1997).

En la **Fig. 2.17** podemos ver las alteraciones típicas en el Distrito Minero Yanacocha.

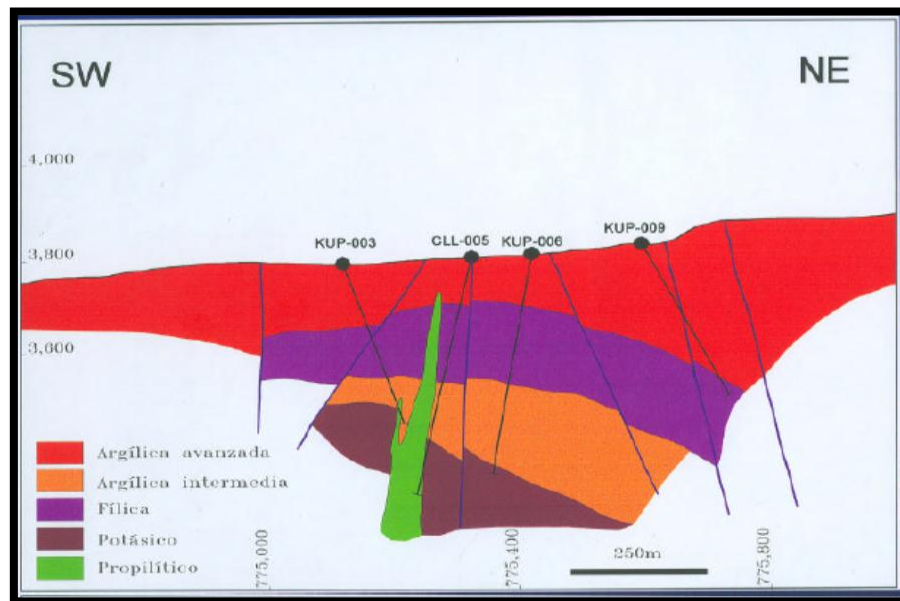


Fig. 2.17.- Sección de alteración típica Distrito Minero Yanacocha N 55° E.
Fuente: Turner Stephen 1997.

Como podemos ver en la Fig. 15, todas estas rocas han sufrido alteraciones hidrotermales tempranas como la típica alteración potásica, la cual tiene una sobreimposición de alteración como argílica intermedia en el nivel más profundo, pero también fílica y hasta argílica avanzada.

En la **Fig. 2.18** podemos ver la ubicación de los tajos en la Mina Yanacocha, donde se realizará el presente estudio.

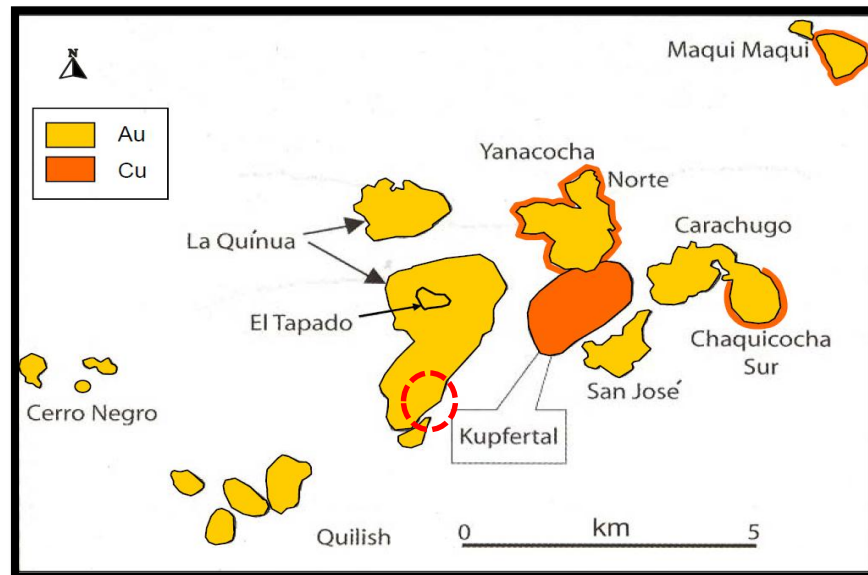


Fig. 2.18.- Ubicación de los tajos en Mina Yanacocha.

Fuente: Reportes internos para geología de exploraciones- Yanacocha.

En la **Fig. 2.19** podemos ver una fotografía panorámica del tajo, donde se puede detectar a simple vista la alteración argílica, la cual está asociada a elevados contenidos de distintos tipos de arcillas.



Fig. 2.19.- Fotografía del tajo donde se muestra la alteración argílica.

Fuente: www.yanacocha.com/proceso-de-produccion.

2.3.2- Geología Estructural.

La más importante característica estructural en la región es el lineamiento transandino que forma el corredor estructural Chicama – Yanacocha (Quiroz, 1997). Este corredor alberga una serie de fallas de dirección NE, emplazamiento de intrusivos, y controla la localización de varios pórfidos y yacimientos de alta sulfuración.

Un conjunto de fallas de rumbo general NW-SE se disponen con ligeras variaciones de rumbo, definiendo el corredor estructural Yanacocha – Hualgayoc, de 5 a 6 Km de ancho (Quiroz, 2002). A lo largo de este corredor se disponen coincidentemente una serie de ocurrencias de mineralización tanto dentro como fuera del distrito de Yanacocha.

Dentro del distrito de Yanacocha se observa un alineamiento de dirección NE definido por la sucesión de depósitos que constituyen parte del Complejo Volcánico Yanacocha. Entre ellos tenemos al Cerro Yanacocha, Carachugo, Maqui Maqui, Chaquicocha, Cerro Negro, Cerro Quillish, el Tapado y La Quinoa, según se muestra en la **Fig. 2.20**.

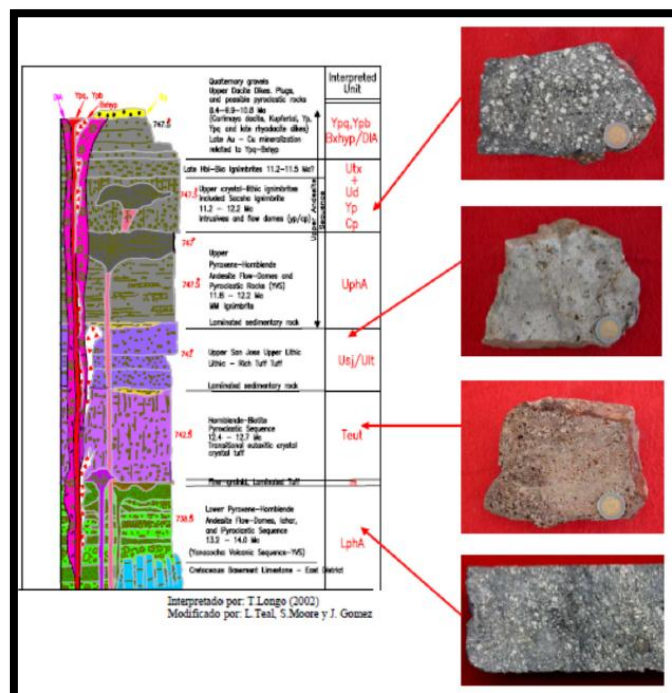


Fig. 2.20.- Geología estructural Mina Yanacocha.
Fuente: Quiroz, 1997. Lineamiento Trasandino.

Geología de producción del depósito de oro la Quinua.

La Quinua es uno de los varios depósitos de clase mundial que conforman el distrito minero de Yanacocha ubicado en el departamento de Cajamarca al norte del Perú. Diferente a los depósitos de oro del tipo ácido-sulfato emplazado en rocas volcánicas que caracterizan al distrito, La Quinua debe su formación a la erosión y está emplazado en gravas. En 1996, los geólogos de Newmont Mining Corporation y Minera Yanacocha descubrieron las gravas que contenían oro durante la perforación de una cuenca aluvial que tenía el objetivo de evaluar el basamento debajo de las gravas. Las perforaciones de exploración y desarrollo siguieron rápidamente; un año después del descubrimiento inicial las reservas y los recursos crecieron a 7M onzas. La producción comenzó en Agosto del 2001.

Los sedimentos clásticos de La Quinua llenan dos cuencas estructurales situadas al oeste de los depósitos de oro de Yanacocha Sur y Oeste. El abanico de gravas llega a un máximo de 350 metros de espesor en el lado donde la cuenca está muy cerca a la falla La Quinua. Los sedimentos varían desde bloques ubicados en la facies proximal a sedimentos areno-limosos en la facies distal. La presencia de capas de sedimentos finos sub-horizontales es más frecuente en la facies distal a medida que va disminuyendo el espesor total de las gravas. Se reconocen cinco tipos de unidades estratigráficas. Estas incluyen, de abajo hacia arriba, regolito que yace directamente sobre el basamento rocoso, depósitos de alta a baja energía de gravas y arenas compuestas por sílice, alunita y arcillas, depósitos de baja energía de lodos ricos en materia orgánica y de pantanos de hierro, gravas ferruginosas, y depósitos de alta energía de gravas de tamaños de bloques, guijas y guijarros gradando hacia la facies distal a sedimentos limo-arcillosos.

La voladura es utilizada para mejorar la eficiencia del minado. El mineral es enviado al pad de lixiviación de la quinua. La mayoría del oro es recuperado en columnas de carbón con una pequeña porción recuperada en una planta de Merrill-Crowe.

El monitoreo del frente de minado que se realiza diariamente es la actividad más importante del geólogo de producción la cual consiste en observar cambios geológicos que afecten la calidad del material que se está extrayendo a fin de decidir el destino correcto de dicho material.

La clasificación granulométrica del material es hecha de manera visual por el geólogo, sin embargo el muestreo secuencial del material para análisis granulométrico es parte del trabajo para poder afinar las apreciaciones visuales. La elaboración de los polígonos de mineral y desmonte es responsabilidad del Departamento de Planeamiento. Para este efecto se usan las leyes de oro y plata de los detritos de los taladros perforados para la voladura y el mapeo del geólogo de estos detritos. En este mapeo también se evalúa la granulometría de modo que los polígonos son denominados como ROM, GB, BB o WASTE.

2.3.3- Geología del tajo la quinua

2.3.3.1.-Geotecnia de suelos con alta arcilla.

Desde el punto de vista geotécnico los suelos se pueden dividir según el tamaño de los granos que lo componen, de acuerdo a la granulometría presentan distintos comportamientos, una primera clasificación de los mismos puede ser en: Suelos Gruesos: Partículas mayores a los 74 μ (0,074 mm) y Suelos Finos: Partículas menores a los 74 μ .

Suelos Gruesos: Las fuerzas que gobiernan su comportamiento son fundamentalmente las de gravedad. (Gravas y arenas) y los Suelos Finos: Las fuerzas que gobiernan su comportamiento en las arcillas son las de atracción y repulsión de origen físico - químicas. (Arcillas y limos).

Suelos Finos: Dentro de los suelos finos, conformados por partículas de tamaños menores a 74 μ (Tamiz menos malla 200) tenemos:

Limos: Partículas que van desde los 74 μ hasta los 2 μ Arcillas: Partículas menores a los 2 μ

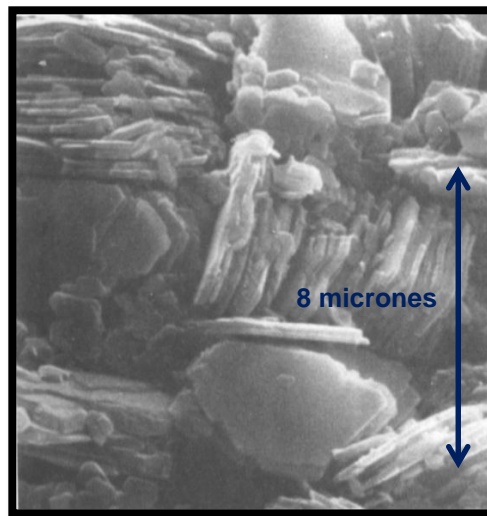


Fig. 2.21.- Partículas de arcilla (Kaolinita)
Fuente: GEOTECNIA I Capítulo 1 “Depósitos naturales de suelos” Ing. Augusto José Leoni.

Características físico - químicas de una partícula de arcilla.

La superficie de toda partícula de arcilla conlleva una carga eléctrica negativa, cuya intensidad depende de sus características mineralógicas y de su tamaño.

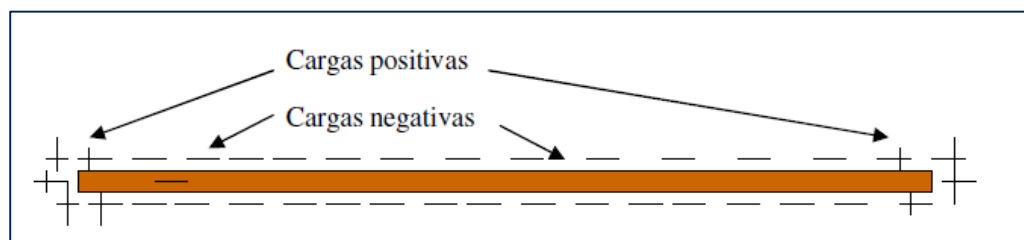


Fig. 2.22.- Esquema de cargas positivas y negativas en una lámina de arcilla.

Fuente: GEOTECNIA I Capítulo 1 “Depósitos naturales de suelos” Ing. Augusto José Leoni.

La forma de lámina de las partículas de arcilla hace que las mismas tengan una gran cantidad de cargas eléctricas.

Estas cargas eléctricas, se reducen en su cantidad a medida que el tamaño de las partículas aumenta y cambian de forma, partículas no

laminares, esféricos o prismáticas y que presentan una menor superficie expuesta (superficie específica), conllevan una menor carga eléctrica.

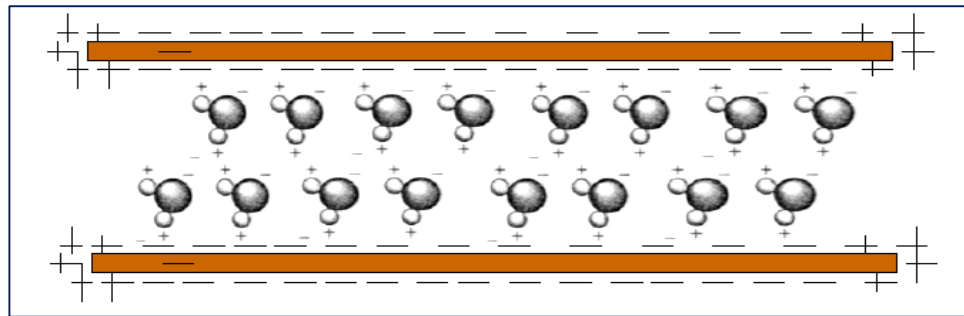


Fig. 2.23.- Distribución esquemática de las moléculas de agua que forman dipolos debida a la ubicación de átomos de H+.

Fuente: GEOTECNIA I Capítulo 1 “Depósitos naturales de suelos” Ing. Augusto José Leoni.

Las moléculas de agua forman un dipolo debida a la ubicación de sus átomos de H+, por lo tanto las mismas se orientan y se “pegan” sobre la cara de las partículas de arcilla.

Esta capa de moléculas de agua orientadas sobre la lámina de arcilla tiene una viscosidad mayor a la del agua libre o de humedad (se piensa que tiene la viscosidad del hielo) tiene un espesor del orden de los 10 Å y no se elimina fácilmente. $1\text{Å} = 0,1\ \mu\text{m} = 10^{-7}\ \text{mm}$.

Algunos fenómenos importantes de las arcillas son la absorción, que es un proceso físico ligado a la capilaridad y a la porosidad de la masa de arcilla; otro es la adsorción, que es un proceso químico ligado a la carga electroquímica de los cristales de arcilla que atraen las moléculas de agua dipolar en el espacio interlamilar. Dentro de este espacio y juntamente con el agua de contacto, van los Iones de Intercambio presentes en el agua libre que está en contacto con el suelo. Dependiendo del ión que prevalezca en la solución, se puede predecir el comportamiento de la arcilla ya que la fuerza de fijación de los iones dependerá de la valencia del mismo

Distintos estados del suelo en función de la humedad.

Otra forma de representar los estados del suelo es función de la humedad, cuando el suelo no contiene agua podemos tener un suelo seco y firme, a medida que se incrementa el contenido de agua en el suelo se puede formar un suelo plástico y finalmente líquido, esto lo podemos observar en la Fig. 2.24.

Estos estados del suelo están limitados, pueden ser representados como límites de Atterberg. En la Fig. 2.25 podemos ver los límites Líquido (w_L), límite Plástico (w_P) y el índice Plástico I_p

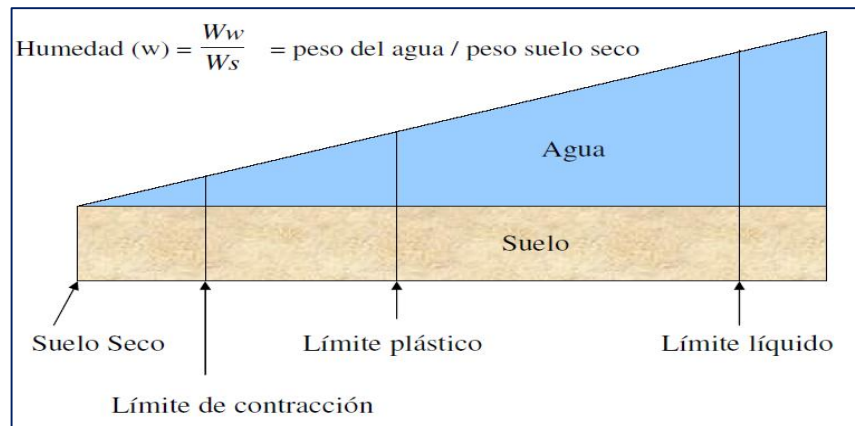


Fig. 2.24.- Distintos estados del suelo en función de la humedad
Fuente: GEOTECNIA I Capítulo 1 “Depósitos naturales de suelos” Ing. Augusto José Leoni.

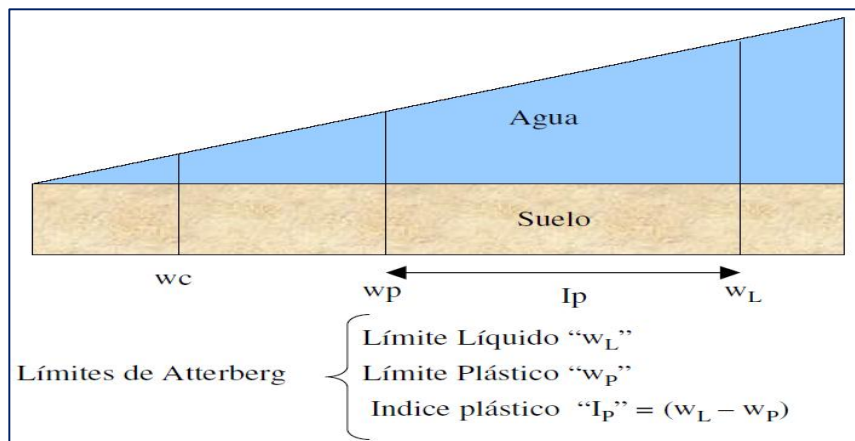


Fig. 2.25.- Estados del suelo en función de la humedad y Límites de Atterberg.
Fuente: GEOTECNIA I Capítulo 1 “Depósitos naturales de suelos” Ing. Augusto José Leoni.

2.4- Definición de términos básicos

Según en www://MI57E – Explotación de Minas, define algunos conceptos:

Arcilla: La arcilla es un suelo o roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.

Acarreo: Transporte de materiales a diferentes distancias en el área de la obra.

Acceso: Ingreso y/o salida a una instalación u obra de infraestructura vial.

Capacidad de tolva: Se refiere al volumen de material que una unidad de carguío o transporte puede contener en un momento dado (por ejemplo, el volumen del balde de una pala o de la tolva de un camión). **Se da en dos maneras:**

- **Capacidad rasa:** El volumen de material en una unidad de carguío o transporte cuando es llenado hasta el tope, pero sin material sobre los lados o llevado en algún accesorio externo como los dientes del balde.
- **Capacidad colmada:** Máximo volumen de material que una unidad de carguío o transporte puede manejar cuando el material es acumulado sobre los lados del contenedor.

Capacidad nominal (de fábrica) Capacidad de un determinado equipo, en términos del peso máximo

Ciclo: Al igual como la explotación de minas se describe generalmente como un ciclo de operaciones unitarias, cada operación unitaria tiene también una naturaleza cíclica. Las operaciones unitarias de carguío y transporte pueden dividirse en una rotación ordenada de sub operaciones. Por ejemplo, los componentes más comunes de un ciclo de carguío con unidad discreta son: cargar, transportar, botar y regresar.

Disponibilidad: La porción del tiempo de operación programado que un equipo está mecánicamente preparado para trabajar.

Eficiencia: El porcentaje de la tasa de producción estimada que es efectivamente utilizado por el equipo.

Granulometría: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas. GRAVA: Agregado grueso, obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

Lastrado: Se define como la colocación de una capa de material inerte y granulado de manera que los desniveles de una vía sean corregidos con material de lastre.

Lastre: Capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables. Piedra en lajas resquebrajadas, ancha y de poco grueso, que está en la superficie de la cantera, y sirve para las obras de mampostería.

Berma: Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

Producción: Volumen o peso total de material que debe manejarse en una operación específica. Puede referirse tanto al mineral con valor económico que se extrae, como al estéril que debe ser removido para acceder al primero.

Tasa de producción: Corresponde al volumen o peso de producción teórico por unidad de tiempo de un equipo determinado. Generalmente se expresa en términos de producción por hora, pero puede también utilizarse la tasa por turno o día.

Productividad: Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema.

Tipo de material: Mineral que será tratado en la planta. Mineral de baja ley que será depositado en stock para su posterior tratamiento. Lastre que se está removiendo para acceder al mineral.

Utilización: La porción del tiempo disponible que el equipo realmente está trabajando. Capacidad nominal (de fábrica): Capacidad de un determinado equipo, en términos del peso máximo

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

Aplicando un lastre adecuado en frentes de trabajo con alto contenido de arcillas incrementaremos la productividad en el Carguío y Acarreo.

3.2. Variables

3.2.1.- Variable independiente.

Lastrado adecuado en frentes con alto contenido de arcillas.

3.2.2.- Variable dependiente.

Incremento de productividad en Carguío y Acarreo.

3.2. Operacionalización de variables

Proceso por el cual se convierte a una variable en un elemento capaz de ser directamente medible a través de un conjunto de operaciones secuenciales. Requiere del establecimiento de dimensiones e indicadores específicos de medición. (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Lastrado adecuado en frentes con alto contenido de arcillas.	Acción de retirar materiales finos y arcillas del frente carguío, los cuales provocan una mala calidad del suelo, y conformar una capa de material de aporte en el piso de carguío, este material debe ser inerte y competente.	Limpieza de finos y arcilla con tractor de oruga.	Volumen de finos y arcillas a retirar (m ³ o yd ³ u otra unidad de volumen)
		Conformación de una capa de lastre en el frente de carguío.	Volumen del lastre (m ³ unidad del volumen por unidad de tiempo)
		Tiempo de Carguío.	Minutos por carga (Min./ camión)
		Tiempo de Acarreo	Minutos de Acarreo (Min./ Camión)

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Incremento de productividad en Carguío y Acarreo.	Es la capacidad de lograr el efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles viable, y siendo eficaz mejorando la capacidad de cumplir con los objetivos.	Costos de carguío y acarreo.	Dólares utilizado por mover una tonelada de mineral (USD/t)

Fuente: Elaboración propia de la investigación.

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación.

Según el diseño de investigación el tipo de investigación es no experimental, descriptivo, transversal, aplicativo.

4.2. Material.

4.2.1. Unidad de estudio.

La unidad de estudio es el carguío y acarreo de los equipos en un frente de trabajo con alto contenido de arcillas del tajo La Quinoa Gravas, de Minera Yanacocha.

4.2.2. Población.

La población serán los distintos frentes de carguío y acarreo del tajo La Quinoa Gravas de Minera Yanacocha.

4.2.3. Muestra.

Un frente de carguío y la vía de acarreo hacia la pala en forma aleatoria para esto se ha tomado la pala Hitachi ex5500 en un frente de trabajo con altos contenidos de arcillas.

4.3. Técnicas Procedimientos e instrumentos.

Para el desarrollo del presente estudio, se tuvo que recopilar datos de Dispatch y datos de campo, para hacer un análisis de la información mediante técnicas y herramientas estadísticas, que permitieron determinar la utilización neta y la productividad del equipo de carguío, con el fin de determinar cuáles son los principales factores que afecta a la productividad de las palas, se concluyó que las demoras operativas más influyentes son por condiciones inseguras en el área de carguío.

Se hizo observación de tarea al equipo auxiliar en la tarea de limpieza de piso de pala, identificando un uso ineficiente del equipo en la tarea y un uso ineficiente en el uso adecuado de lastre, se podía reducir estas demoras mediante alternativas en la

tarea de limpieza de piso de pala en frentes de carguío con alto contenido de arcillas y en condiciones de clima adverso (lluvia), tarea que ayuden a eliminar paradas por condiciones inseguras y ayuden a mejorar la productividad.

El estudio fue realizado en 2 frentes de carguío en diferentes niveles del mismo tajo de la quinua- Gravas, siguiendo con el cronograma que se describen a continuación.

4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

Detalla los métodos e instrumentos que se utilizarán para recopilar y analizar la información, de tal modo que se facilite la réplica del estudio. Los instrumentos elaborados por el autor o autores deben describirse y justificarse. Los instrumentos estandarizados deben referenciar la fuente original. Todo instrumento debe haber sido validado antes de su aplicación.

4.3.1.1. Condición de los equipos

En el proceso productivo de este estudio se utilizan: palas Hitachi 5500, Camiones CAT 793C, son equipos de mayor capacidad de carga y Tractor de orugas CATD10T. Estos equipos para un trabajo eficaz deben cumplir con las especificaciones de fábrica de cada equipo, (la capacidad de carga, el peso de los equipos, la velocidad de desplazamiento).

Lo que se hace con las mediciones es comprobar si es que estos equipos, bajo las especificaciones que poseen, y las condiciones de trabajo sub estándar con pisos inestables son capaces de cargar y acarrear el mismo tonelaje que la producción en condiciones con pisos estables.

4.3.1.2. Control de productividad del Dispatch

La manera de estar informado de la productividad se mide en toneladas movidas por hora durante las 12 horas de trabajo que dura este reporte es productividad de cada equipo de carguío y producción por mina, el despachador también reporta las incidencias de cada equipo de carguío como demoras por frente duro, relleno de combustible disponibilidad mecánica del equipo de carguío o condiciones climáticas, agrega al reporte el proyectado que tendremos al final del turno.

Nos muestra las velocidades de vacío y velocidades de cargado de los camiones

La productividad es evaluada por guardia (son 4 guardias), que se muestra a continuación.

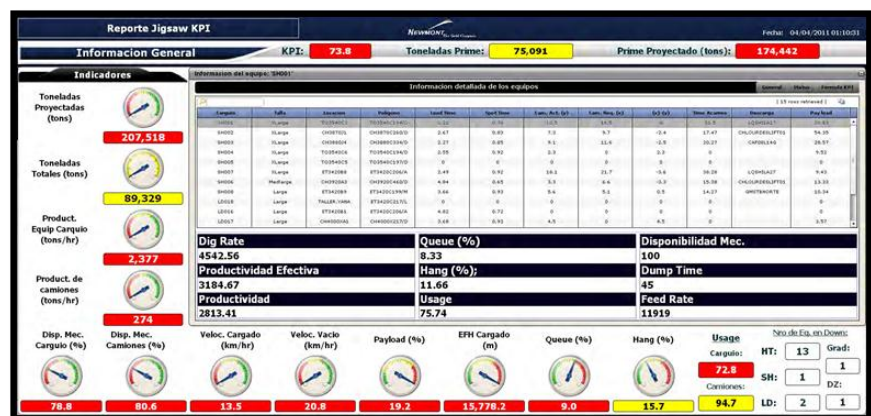


Fig. 4.1.- Control de productividad.

Fuente: Dispatch - Reportes de productividad.

Se tomó muestras en campo considerando los tiempos de carguío y tiempo de las demoras operativas para reducir costos en el área de operaciones mina. Para lograr tener pisos estables en el frente de carguío y como resultado óptimo incrementar la productividad es importante tener en cuenta aspectos importantes, mencionados y detallados a continuación:

4.3.1.3. Técnica de recolección de información en campo

Consistió en verificar el procedimiento de carguío de pala en condiciones óptimas de operación con pisos estables, se determinaron y clasificaron previamente todas las actividades productivas y las no productivas (interrupciones) en la operación del equipo de carguío; Se utilizará básicamente Excel para el análisis de datos e histogramas de frecuencia.

En la siguiente tabla se detalla la producción de la pala con piso estable

Tabla 4.1 Mediciones de tiempo de carguío pala 1

TAJO CERRO NEGRO		Observaciones
Camión CAT 793-Nº De Camión	Tiempo de Carguío (minutos)	
144	02:46	Observaciones: Hora de Inicio : 8:38 pm Hora Final : 9:37 pm Las condiciones son optimas con pisos estables fecha: 10/09/15 El frente de carguío es material volado
147	02:31	
152	02:28	
138	02:38	
140	02:36	
153	02:25	
150	02:50	
121	02:28	
149	02:00	
144	02:30	
116	02:26	
147	02:25	
152	02:39	
138	02:47	
153	02:25	

Fuente: Elaboración propia de la investigación.

4.3.2. Fase para procesar datos

Para esta fase, se utilizó el software Microsoft Excel en donde se almacenaron y se procesaron los datos de la investigación, el análisis de la información se realizó mediante procesos lógicos – secuenciales para la obtención de resultados válidos. Se descifran tablas, gráficas y se interpretan los resultados finales, principalmente, para ver qué efecto tuvo el procedimiento de limpieza de piso de pala cargando el material inestable y las evidencias cuantitativas y cualitativas en el incremento de la producción de carguío y acarreo, en frentes de minado con alto contenido de arcillas para operaciones de tajo abierto, se utilizó Microsoft Word para redactar el informe de investigación.

CAPÍTULO 5. DESARROLLO

La propuesta de investigación, fue incrementar la productividad de las palas, con la información de campo y de Dispatch, se determina la utilización neta y la productividad actual del equipo de carga, para determinar qué factores afectan la productividad, y proponer alternativas que ayuden a tener una producción segura y eficaz. Para esto se presenta una línea base y las actividad y las tareas realizadas en el área de carguío, servicios mina en la operación del tractor de oruga con su costo de operación y análisis de rendimiento, optimización de los equipos pala -tractor, el control de pisos de pala haciendo uso de lastre en forma eficiente en material arcilloso.

5.1. Línea Base

En el área de carguío y acarreo ya se tiene un procedimiento establecido para cada equipo en determinada tarea, estos PSTs han ido actualizándose de acuerdo a la necesidad de la operación y a resultados anteriores, que para el área de carguío y acarreo, esta tarea (lastrado de piso en las palas) significaba un problema que se tenía que mejorar porque hacía que el trabajo de la pala se realice de una manera muy ineficiente (entrevista al operador de pala y al supervisor de tajos que se muestra detallada en Anexos) el costo de operar en estas condiciones era muy levado pero no era inconveniente por los precios de los metales que cubrían este tipo inconvenientes, pero hoy el mercado minero está pasando por una etapa crítica del bajo precio de los metales(oro) y los elevados costos de producción; El Ingeniero de minas tiene que hacer que este proceso sea más eficiente incrementando la producción y reduciendo costos operativos. A continuación solo mencionaremos los PSTs de las tareas a estudiar y en el grafico X se muestra el PST de lastrado de piso en palas con tractor de oruga.

Procedimiento estándar de tarea lastrado de pisos en las palas con tractor de orugas.

Procedimiento estándar de tarea cuadrado de camión en pala.

Procedimiento estándar de tarea carguío de camión en pala.

Procedimiento estándar de tarea carguío de camiones.

Procedimiento estándar de tarea mantener el frente ordenado.

Procedimiento estándar de tarea coordinación y comunicación.

Yanacocha		MINERA YANACOCHA S.R.L.		PST MI 1006	
		PROCEDIMIENTO STANDARD DE TAREA		Pg. 1 de 21	
TAREA	: Operación del tractor sobre orugas	Fecha de Revisión	01/05/2011		
Cargo	: Operador de Tractor de Orugas	Fecha de Publicación	31/05/2011		
Gerencia	: Mina				
Area	: Carguío y Acarreo	Sub-Area	Equipo auxiliar		
Prerrequisitos de competencia:		Referencias relacionadas:			
<ul style="list-style-type: none"> Haber llevado el curso de Inducción específica y/o repaso anual. Estar autorizado por el área de entrenamiento MYSRL. 		<ul style="list-style-type: none"> Libro I general de Operaciones Mina Manual de Prevención de Pérdidas Manual de Medio Ambiente Reglamento Interno de Trabajo 			
OBJETIVO		EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL			
<ul style="list-style-type: none"> Realizar el trabajo seguro y eficiente. 		<ul style="list-style-type: none"> EPP Básico EPP específico según la condición: (Respirador, protección auditiva, guantes) 			
HERRAMIENTAS		EQUIPOS Y MATERIALES			
		<ul style="list-style-type: none"> Tractor de orugas 			
Nc.	PASO (QUÉ)	EXPLICACIÓN (CÓMO)	Pasos ejecutados (✓) completado (x) No completado		
32.	Trabajos en Tajo: Cargo: Operador de Tractor de oruga DH07 Lastrado de piso en las palas	<ol style="list-style-type: none"> Comunique a su supervisor inmediato sobre la necesidad de lastrado del piso de la Pala. Comunique radialmente al Operador de la Pala y a la operación en general, el inicio del lastrado. Espere confirmación del Operador de la Pala, a 15 metros detrás del mismo. Asegúrese que el Operador de la Pala haya comunicado radialmente al Supervisor y Operadores de camiones que se iniciará el lastrado del piso al lado que corresponda. Asegúrese que durante este trabajo, el carguío sea solo por el lado opuesto al lastrado. Inicie el trabajo retirando el material inestable y asegúrese en todo momento, mientras dure el trabajo, que no haya presencia de otros equipos por este lado, detenga el trabajo si los hay. Coordine claramente con el Operador del camión para la descarga del material de lastrado. Siempre que lastre el piso cerca de la pala, tome como referencia el contrapeso e ingrese siempre a 2 metros de ésta. Extienda el material de afuera hacia adentro en forma de capas de acuerdo a la configuración (cota) del piso y/o a la necesidad requerida. Nunca empuje material al área de carguío en forma paralela al Talud. Comunique al Operador de la Pala y al Supervisor el término del lastrado, para el reinicio del carguío por ambos lados. 			

Fig. 5.1.- PST de operación de tractor de oruga en la tarea de lastrado en piso de palas.

Fuente. Área: Carguío y Acarreo - Sub Área: Equipo Auxiliar - mayo 2011

5.2. Área de carguío y acarreo

Es el área encargada de extraer el material de la mina (Tajo con bancos de 12 metros de alto) hacia un lugar específico (botadero, planta, pad de lixiviación) de acuerdo al tipo de material (desmote, argilico y mineral) con palas y camiones gigantes (250 Ton de carga) Todos los camiones y las palas están controlados a través de un sistema computarizado que permite conocer por satélite su estado y ubicación exacta en todo momento fig. 5.2



Fig. 5.2.- Carguío y acarreo de material minado

Fuente: www.yanacochoa.com/proceso-de-produccion

5.2.1.- Productividad de los equipos de carguío.

Los componentes de la productividad permiten la definición de eficiencia y eficacia, midiendo los recursos empleados a través del tiempo total y los resultados mediante la cantidad de productos generados en buenas condiciones Los factores que están relacionados directa e indirectamente con la productividad son:

- ✓ Material de frente de carguío.
- ✓ Estado de la máquina
- ✓ Velocidad carguío
- ✓ Velocidad de penetración del cucharón en el frente de carguío
- ✓ Estado del piso de carguío

5.2.2.- Importancia del Dispatch.

Una de las funciones del sistema Dispatch es controlar el balance de los camiones con equipos de carguío de forma que el carguío y acarreo esté siempre correcto, esto conlleva a que el queue (es el resultado de dividir la sumatoria de todos los tiempos operativos en que los camiones están en cola entre la sumatoria del total de horas operativas de todos los camiones) y el hang (Es el resultado de dividir la sumatoria de minutos operativos en que la pala no tiene camiones entre la sumatoria de minutos operativos de la pala) mantengan parámetros de 8% y 15% respectivamente. Esto se lograba no permitiendo que los equipos de carguío se quede sin camiones y tengan que esperar o viceversa, que los camiones hagan cola para ser cargados. Es así como si en algún momento ocurre un desbalance en el ciclo de carguío de acarreo, en la cual haya insuficientes equipos de carguío para los camiones, se deberán alargar las distancias para evitar las colas en las palas y cargadores, provocando un mayor tiempo de viaje vacío o cargado de los camiones.

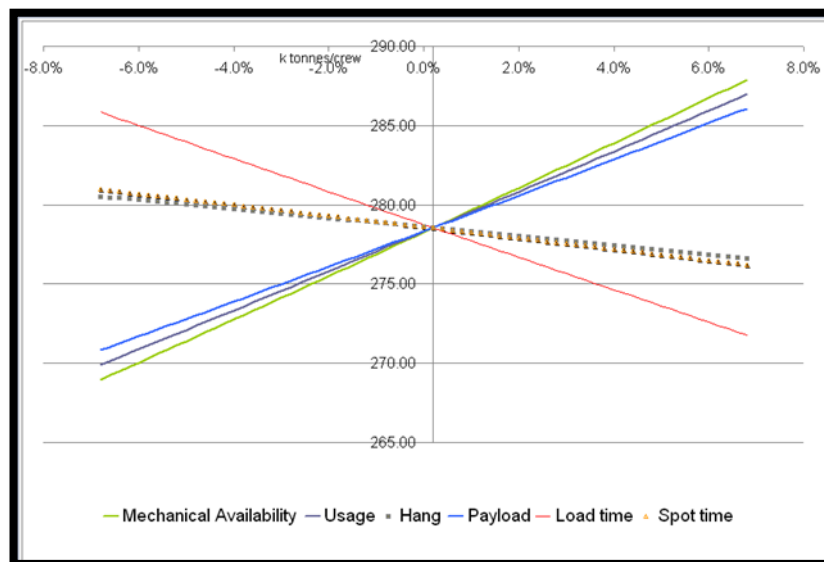


Fig. 5.3.- Análisis de sensibilidad de las palas.

Fuente: Entrenamiento del sistema JIGSAW, MYSRL.

5.3. Equipo Auxiliar

Según (Tumbay Antony S. 2011). La productividad equipos móviles en Minera yanacocha. Es una sub área de C&A cuyo objetivo del proceso es dar soporte a los equipos de carguío en los frentes de minado y dar condiciones estándar en los pisos de pala, mantener en buenas condiciones de operación las vías de acarreo para el tránsito de los camiones y dar condiciones óptimas a las zonas de descarga de camiones, limpieza de plataformas de perforación, etc. Este proceso asegura que cada tarea en la operación se realice eficazmente y con seguridad.

Los equipos auxiliares de Minera Yanacocha son todos de la marca CATERPILLAR y son de diferente tipo en cada línea de equipos, (motoniveladoras 16 H y 24 H, cargadores 966, rodillos, tractores de ruedas 844, tractores de oruga D10T y D11R) la producción de los equipos de producción dependen mucho de estos equipos porque son los que dan las condiciones estándares de trabajo.

5.3.1 Tractor de orugas D10T

La estructura durable del D10T se adapta perfectamente a las condiciones de trabajo más exigentes. Combinada con el motor C27 para suministrar mayor rendimiento, proporciona economía de combustible y cumple con los objetivos de emisiones con la ayuda de la tecnología ACERT, mantiene el material en movimiento con la confiabilidad y los bajos costos de operación que usted espera de los tractores Cat.(Manual Caterpillar D10T).

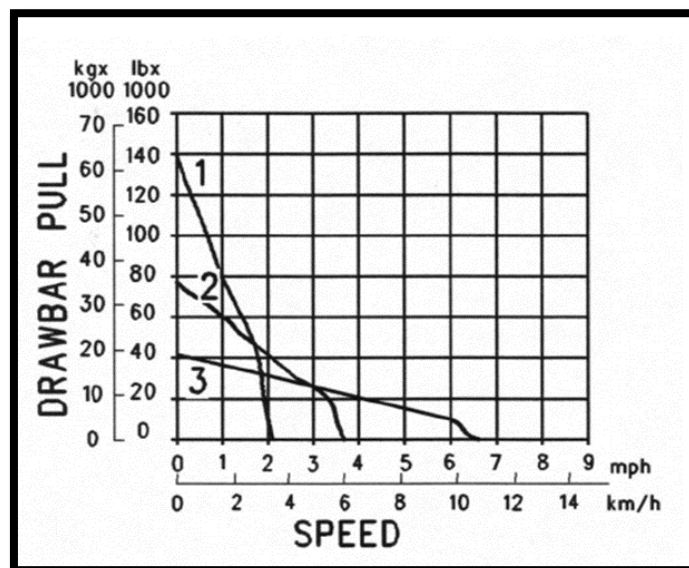
5.3.1.1. Funciones de los tractores

La función de este equipo es básicamente de empuje con movilidad lenta pero con fuerza de trabajo alta para tareas en descargas(pads y botaderos), Nivelación y corrección de pisos (pala),conformación y corrección de vías de acarreo), nivelación de plataformas de perforación, construcción de rampas, accesos, ripeo (pad si es el caso), en las Palas se utiliza cuando hay necesidad de lastrar el piso por presencia de barro o por frente duro para aflojar el material a la pala (toes) o para bajar la altura del frente de carguío a su nivel estándar.

5.3.1.2. Selección de velocidad

Optimizar la cantidad de trabajo que se realiza mediante la selección de la mejor velocidad para la carga, con algunas cargas, la maquina se moverá más rápidamente en primera velocidad que en una marcha más alta, lo cual se puede ver en la siguiente tabla 5.1 Servo transmisión con embrague de dirección y freno.

Tabla 5.1.- Servo transmisión con embrague de dirección y freno



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento Tractor de Cadenas D10T

A medida que aumentan las cargas en el tractor, el D10T ofrece capacidad de sobrecarga inigualable y cambios más suaves a medida que se presenta la necesidad de hacer cambios de marcha bajo cargas variadas. La transmisión de 3 velocidades de avance y 3 velocidades de retroceso ofrece unas velocidades de desplazamiento excelentes.

Empuje en línea recta - Mantenga un corte horizontal para obtener el mejor rendimiento. Llene la hoja topadora. Transporte la carga a la zona de descarga.

- Evite la sobrecarga o el calado de la máquina.
- Evite el patinaje excesivo de las cadenas.
- Si es necesario hacer girar la máquina con una hoja cargada, use los cilindros de inclinación de la hoja topadora en vez de la palanca de dirección para conducir la máquina.

Al hacer trabajo de nivelación, una hoja topadora llena se puede manejar mejor que una parcialmente cargada.



Las mediciones de eficiencia del tractor están a cargo del supervisor de tajo y los eventos de la maquina se registran en el módulo de visualización gráfica Advisor de CAT. Para el análisis de los resultados se usa el programa Airweight (Software de Atlas Copco), para obtener las curvas comparativas de peso nominal y real.

Descripción y análisis de pruebas de campo

Las pruebas de campo se realizaron en diferentes Niveles del tajo de gravas nivel: Tajo El Tapado Layback - TO3516 con la pala SH004 y el nivel Tajo La Quinoa Gravas - Nv. 3444, con la pala SH007, para lo cual se realizó siguiendo los programas de producción sin retrasar los trabajos de producción de la pala.

Para el desarrollo de estas pruebas, la mina dispuso de la colaboración de los recursos del dispatch, para la recolección de la información de demoras operativas y producción de las palas, la cual es materia de estudio. El proceso para realizar la tarea de limpieza de piso con tractor de oruga de pala en frentes con alto contenido de arcillas para nuestro trabajo ha sido bajo los procedimientos estándar es de la tarea (lastrado de piso en las palas- PETs de tractor de orugas) y los estándares de seguridad de Minera Yanacocha.

A continuación se presentan el estado de los pisos de palas y las pruebas en campo de cada tractor en la tarea de lastrado de piso en las palas que se realizaron en diferentes tipos de pisos, PSTs actuales

para la tarea y PST opcional analizando los resultados que se obtuvieron al final de las 12 horas del turno de trabajo, pisos estables para un trabajo seguro y mejoras en la productividad.

5.4. Lastrado

El lastrado se define como la colocación de una capa de material inerte y granulado de tal manera que los desniveles de una vía sean corregidos para su posterior relleno con una capa de material fino.

Un lastrado de vías debe realizarse con la plena seguridad de que se esté realizando con el material correcto y en el lugar correcto, ya que si usamos un material muy fino para lastrar, la lluvia y los mismos camiones con su paso harán que el tiempo usado para este trabajo sea en vano al ser este material fino deshecho. Por otro lado, si usamos un material muy grueso, generarán mayores desniveles que una motoniveladora no podrá refinar con su cuchilla, provocando nuevamente pérdidas de tiempo.

Los trabajos de lastrado se realizan tanto en botaderos, vías de acarreo y zonas de carguío. Un correcto lastrado debe realizarse con tractores ya sean de ruedas o de orugas, los cuales estirarán todo el material descargado en la zona que se quiere reparar. Ya posteriormente las motoniveladoras deben ser usadas solo para refinar el terreno lastrado, de tal forma que las piedras que puedan quedar sobresalidas luego del trabajo de lastreo sean eliminadas y la superficie que totalmente plana y sin desniveles.

El control de pisos en palas y botaderos tienen como base principal el indicador de alta precisión que manejan los topógrafos en el campo, ya que ellos son los encargados de colocar si un terreno necesita corte, relleno o se encuentra a nivel.

5.4.1- Lastrado de pisos de pala realizadas en el tajo de la quinua- Gravas con el tractor de orugas CAT D10T

Muestra N° 1: piso de pala SH004

Esta tarea se realizó en el mes de Agosto del 2015 en el Tajo el Tapado Layback en el nivel 3516, en coordinación con el supervisor de campo y una correcta aplicación de los procedimientos de seguridad establecidos por el área de carguío y acarreo.

Visita de Campo

En esta primera visita de campo, se puede observar la cantidad de lastre que es usada en el piso de pala, se ha subido más de 2 metros el nivel del piso, se ha llegado a un momento en que la pala ya no puede cargar por que la pala se hunde y los camiones tenían que descargar en el mismo lugar de carguío (demora por condiciones).



Figura 5.4.- Condición de piso de pala SH004.

Fuente: Equipo de investigación

Información Dispatch

Trabajar en el área de carguío y acarreo en la quinua siempre ha sido uno de los problemas los pisos inestables de las palas, por lo que se pide información a dispatch para ver el cumplimiento los target de producción, demoras operativas y control de pisos.

Tabla 5.2.- Reporte de producción el Tapado N° 1

Toneladas por Region		NOVIEMBRE	14/08/2015
Chaquicocha	Prime Ktons	0	39
Yanacochoa	Prime Ktons	0	
Maqui Maqui	Prime Ktons	0	
Tapado Oeste/Gravas	Prime Ktons	62	
Cerro Negro	Prime Ktons	0	
total Turno (Ktons)			
Target	Prime Ktons	94	81
	Total Ktons	121	100

Fuente: Dispatch- Reporte de Producción.

Tabla 5.3.- Reporte de control de pisos de carguío N° 1

Control de pisos			
PALA	SH 002	SH004	SH007
NIVEL	YA-3012	TO-3516	TO-3444
PISO	0.24	2.4	0.7

Fuente: Dispatch- Reporte de Producción.

Muestra N° 2: piso de pala SH007

Esta tarea se realizó en el mes de Agosto del 2015 en el Tajo La Quinoa Gravas en el Nivel 3444, en coordinación con el supervisor de campo y una correcta aplicación de los procedimientos de seguridad establecidos por el área de carguío y acarreo.

Visita de Campo

En esta segunda muestra, se observa el lastrado que se ha hecho sin quitar todo el barro, que con el peso de los camiones se forman colchones que cada vez se hacen más grandes quedando inestable el piso de carguío.



Figura 5.5.- Condición de piso de pala SH007

Fuente: Equipo de investigación

Para evitar que el camión quede enfangado el operador de tractor rellena el piso con lastre haciendo que los niveles de pisos se eleven, pero si demora el lastre llega el momento en que queda enfangado el camión y tiene que descargar en el mismo lugar de carguío.



Figura 5.6.- Condición de piso de pala SH007

Fuente: Equipo de investigación

Información Dispatch

En este tajo se puede observar el piso inestable de la pala 07, generando demoras operativas al equipo de carguío, por lo que se pide información a

Dispatch para ver el cumplimiento los target de producción, demoras operativas y control de pisos.

Tabla 5.4.- Reporte de producción el Tapado N°2

Toneladas por Region		NOVIEMBRE	14/08/2015
Chaquicocha	Prime Ktons	0	
Yanacocha	Prime Ktons	0	
Maqui Maqui	Prime Ktons	0	
Tapado Oeste/Gravas	Prime Ktons	62	39
Cerro Negro	Prime Ktons	0	
total Turno (Ktons)			
Target	Prime KTons	94	81
	Total KTons	121	100

Fuente: Dispatch- Reporte de Producción.

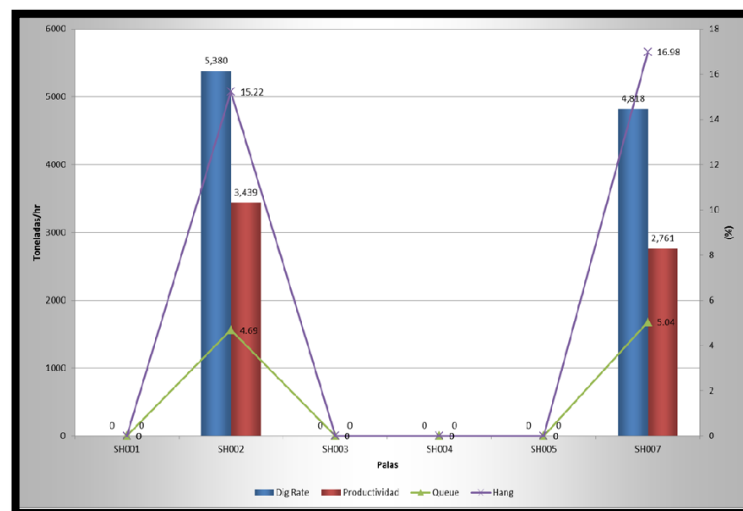


Figura 5.7.- Medición de pala SH007

Fuente: Dispatch- Reporte de producción

Tabla 5.5.- Reporte de control de pisos de carguío N° 2

Control de pisos			
PALA	SH 002	SH004	SH007
NIVEL	YA-3012	TO-3516	TO-3444
PISO	0.24	2.4	0.7

Fuente: Dispatch- Reporte de Producción.

Observaciones:

Como se llegó a esta condición:

El supervisor de tajo no hace un ATS para esta tarea desde inicio de turno, muchas veces solo deja a criterio del operador del tractor cómo hacer el trabajo y que cantidad de lastre va a usar, confiando en su capacidad como tractorista. El operador de tractor realiza la tarea de acuerdo a su criterio y experiencia, bajo cumpliendo del PST de Lastrado en piso de pala, lastra el piso para que la pala siga cargando y cumplir la producción, sin medir las consecuencias o como afecta el trabajo que estoy haciendo hoy para que la pala siga cargando el resto del turno, entonces lastra sin sacar todo el barro.

El operador de pala es medido por su producción y para el mientras más camiones cargue este índice de medición va a ser mejor, y es cuando apura al operador de tractor que no demore en la limpieza y en el lastrado para que los camiones se cuadren más rápido.

El tajo de la quinua por su formación geológica es zona con alto nivel de humedad del material y tiene alto porcentaje de arcillas, limonitas, que con presencia del agua se forman (barro).

Consecuencias:

No se tiene buen control del nivel del piso.

Al lastrar sobre el barro con el peso de los camiones se forman colchones y llegan a enfangarse, haciendo que las paradas por condiciones van a ser mayores

Al utilizar argilico como lastre al llover se vuelve inestable todo el piso de carguío, pero lastrando con arguilico sin mezclarse con la arcilla y sobre un piso firme el área de carguío es más estable

5.4.2- INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN FRENTE DE CARGUÍO CON ALTO CONTENIDO DE ARCILLAS AL UTILIZAR UN DISEÑO EFICIENTE DE LASTRADO DE PISO DE PALA.

El supervisor de tajo es el encargado de hacer que se cumpla los target de producción, para cumplir con el objetivo debe ser usar eficientemente los recursos materiales, equipos y el factor humano.

El supervisor debe dar las condiciones y colocar correctamente la pala en su frente de trabajo. El operador de la pala es el responsable de cargar rápido y adecuadamente al camión.

El operador de tractor es el responsable directo de dar condiciones estándares de operación a la pala.

El supervisor de dispatch es el responsable de un correcto flujo de camiones a las palas.

Tareas de Lastrado de piso de pala con tractor CAT D10T

El mes elegido para realizar las pruebas con el método propuesto y la comprobación de los resultados fue el mes de noviembre los días (7 y 8), del 2015, días de trabajo con presencia de lluvias ligeras (Tajo de La Quinua), si bien es cierto existen parámetros que influyen en la productividad que se basan en la disponibilidad mecánicas de los equipos, como ya se mencionó en capítulos anteriores del presente trabajo, solo se tomará los parámetros operacionales que influyen en el carguío.

En adelante se describirán las tareas de limpieza de piso de pala para las 2 palas tomadas en cuenta para el presente trabajo como también consideraremos la productividad de cada pala para su respectiva diferencia y análisis.

Muestra N° 1: Lastrado de piso de pala SH004

Esta tarea se realizó en el mes de Noviembre del 2015 en el Tajo El Tapado nivel 3516, con una correcta aplicación de los procedimientos de seguridad establecidos por el área de carguío y acarreo.

En esta primera prueba, se puede observar la cantidad de lastre que es utilizada en el piso de la pala, Para dar las condiciones estándar de trabajo a la pala se empieza por coordinar con el supervisor de campo la tarea que se realizará y comunicar al supervisor de dispatch para que restrinja si es necesario los camiones a la pala durante el tiempo que dure el lastrado (8 min.) y coordinar con el operador de pala la tarea de lastrado (según PST) con la propuesta de lastrado que ya se mencionó anteriormente, asegurándonos que nos ha entendido correctamente.

Para realizar este trabajo se siguen los siguientes pasos:

Pedir el lastre con anticipación al supervisor de campo calculando el tiempo de su llegada al piso de pala.

El supervisor coordina con dispatch para asignar camiones con lastre al piso de la pala.

La pala debe cargar el material inestable del piso del lado derecho de la pala (barro acumulado) de su frente de carguío, mientras puede seguir cargando por un solo lado.



Fig. 5.8.- Material inestable del piso de pala

Fuente: Equipo de investigación

El tractor debe cortar el material inestable en el lado opuesto donde carga la pala, en diagonal hacia el frente de carguío de la pala (45°), la pala tiene que cargar el material que acumula el tractor como se muestra en la figura 5.9

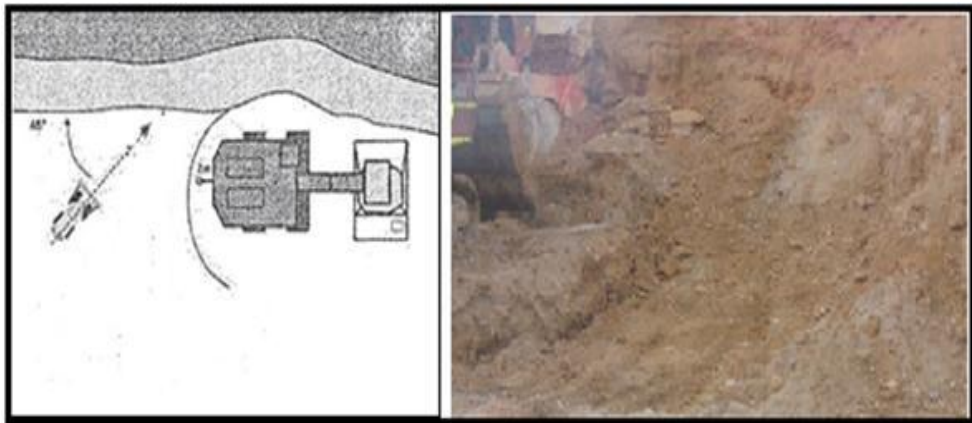


Fig. 5.9.- Empuje de material inestable al frente de carguío de la pala
Fuente: PST – Equipo auxiliar - Limpieza de piso de pala.

El tractor debe cortar el piso inestable (arcilla) y dejar el área a lastrar sin arcillas sueltas o mejor aún hasta que se encuentre el piso sólido para que el lastre sea usado eficientemente.



Fig. 5.10.- Carguío de material inestable del piso de pala
Fuente: Equipo de investigación

Al camión con lastre hacerlo descargar a una distancia segura de la pala y de la zona cortada, extender el material y corregir gradualmente el nivel del piso.



Fig. 5.11.- Lastrado del piso de pala

Fuente: Equipo de investigación

Al tener un piso lastrado sin arcillas sueltas la pala tendrá un piso firme para que cargue los camiones sin restricciones.



Fig. 5.12.- Estado final del piso de pala

Fuente: Equipo de investigación

Muestra N° 2: Lastrado de piso de pala SH007

Esta tarea se realizó en el mes de Noviembre del 2015 en el Tajo El Tapado nivel 3516, con una correcta aplicación de los procedimientos de seguridad establecidos por el área de carguío y acarreo.

En esta segunda prueba, se puede observar el mal estado del piso de la pala, se observa la mezcla de material de lastre con la arcilla, por coincidencia la pala tenía que salir por formula formula (relleno de combustible, y lubricantes) por 40 minutos, Para dar las condiciones óptimas de piso a la pala se empieza por coordinar con el supervisor de campo la tarea que se realizará. Para realizar este trabajo se siguen los siguientes pasos:

Pedir el lastre con anticipación al supervisor de campo antes que la pala salga a formula, calculando el tiempo de su llegada al piso de pala.

El supervisor de campo coordina con dispatch para asignar camiones con lastre al piso de la pala, la cantidad que el operador de tractor crea conveniente.

La pala debe cargar el material inestable del piso del frente de carguío en sus últimos camiones asignados.



Fig. 5.13.- Estado Inicial de piso de pala

Fuente: Equipo de investigación

El tractor debe cortar el material inestable en el lado opuesto donde carga la pala, en diagonal hacia el frente de carguío de la pala (45°), la pala tiene que cargar el material que acumula el tractor como se muestra en la figura Fig. 5.14

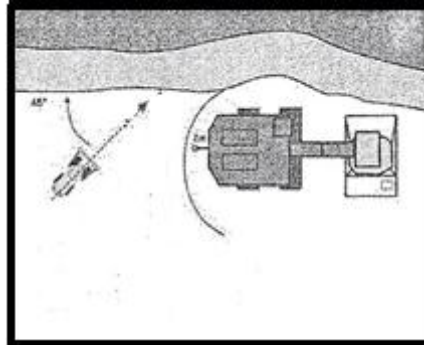


Fig. 5.14.- Angulo de empuje de material al frente de carguío de la pala
Fuente: PST – Equipo auxiliar - Limpieza de piso de pala.

Al estar todo el piso del frente de minado en malas condiciones, después que sale la pala del frente de minado, el tractor debe cortar del piso lo que quedo de arcillas sueltas (barro) hacia un costado acumulando en un solo lugar y lo ideal sería hasta que se encuentre el piso sólido para que el lastre sea usado eficientemente.



Fig. 5.15.- Piso muestra la arcilla (barro), que hace inestable al piso de carguío

Fuente: Equipo de investigación

Al camión con lastre hacerlo descargar a una distancia segura y de la zona cortada, extender el material y corregir gradualmente el nivel del piso



Fig. 5.16.- Lastrado del piso de carguío

Fuente: Equipo de investigación

Al tener un piso lastrado sin arcillas sueltas la pala tendrá un piso firme para que cargue los camiones sin restricciones.



Fig. 5.17.- Carguío de camiones en piso estable

Fuente: Equipo de investigación

CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1- Comparación de costos lastre y tractor planeados y no planeados.

6.1.1- Incremento de la productividad de las palas al planificar el lastre.

En la Fig. 6.1 Se puede notar las diferencias en productividad de las palas 1, 2, 4, 7. Las palas 1 y 2 presentan productividades cercanas al proyectado, mientras que las palas 4 y 7 se alejan del proyectado y tienen un 69% de cumplimiento debido a la falta de planificación de lastre.

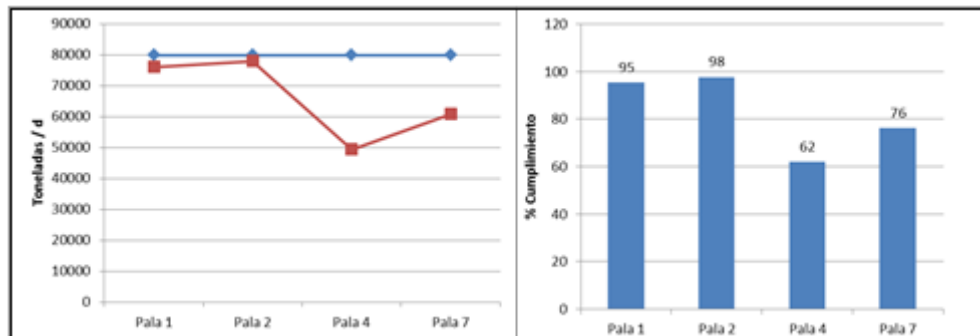


Fig. 6.1.- Comportamiento de palas en distintos frentes de carguío sin planificación de lastre.

En la Fig. 6.2 se presenta los resultados operativos de las mismas palas al planificar el lastre, se puede ver el incremento de la productividad en las palas 4 y 7, en promedio el incremento de la productividad para ambas palas es de 69 a 91%, más adelante se calculará lo que se deja de ganar al no planificar el lastre.

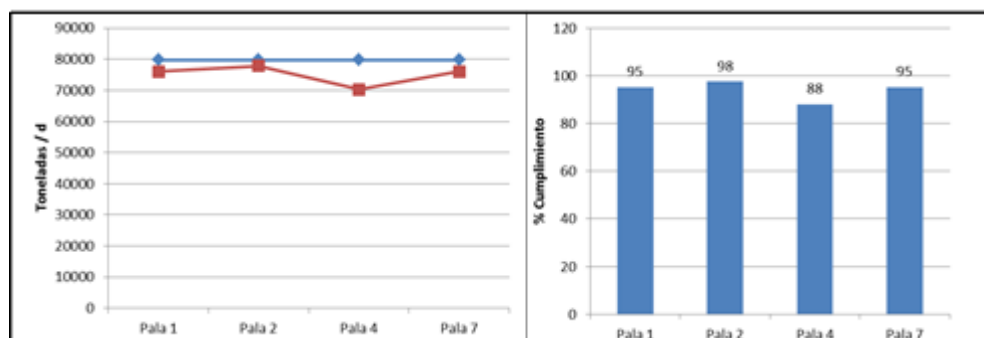


Fig. 6.2.- Comportamiento de palas en distintos frentes de carguío planificando el lastrado.

6.1.2. Oportunidad de producir más onzas mejorando la planificación de lastre.

En el punto anterior se pudo demostrar que la planificación del lastre genera ahorros y más importante es la oportunidad de producir más onzas con la misma flota.

Podemos estimar la mayor producción en oz para la pala 4 y 7, lo que significa alrededor de 1 millón de dólares por pala por día.

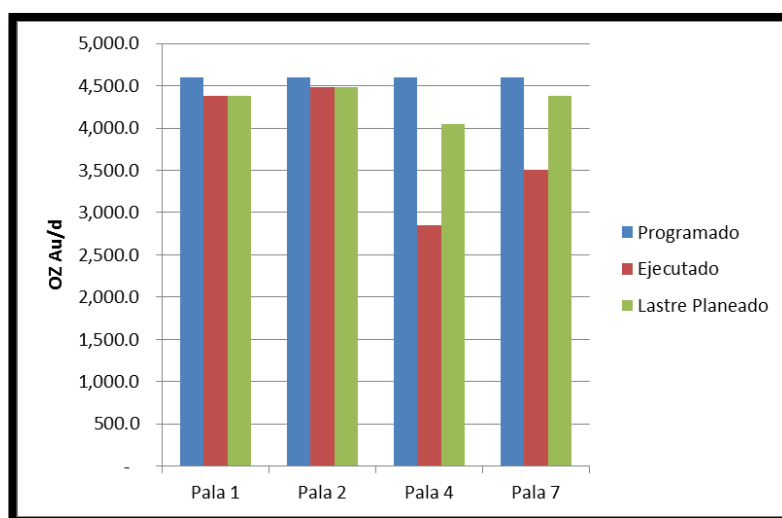


Fig.6.3.- Oportunidad de producir más onzas mejorando la planificación de lastre.

6.1.3. Costos adicionales por toneladas de lastre y horas operativas de tractor.

Producto de la evaluación, se compara los costos de lastrado con tractor de modo convencional y planificado; en el gráfico 6.3 se puede notar un ahorro cuando el lastrado es planeado, en la pala 4 y 7 se tiene un ahorro por día de USD 8,400 por pala, lo cual es insignificante en relación a la oportunidad de extraer más onzas de oro, tal como se mostró previamente.

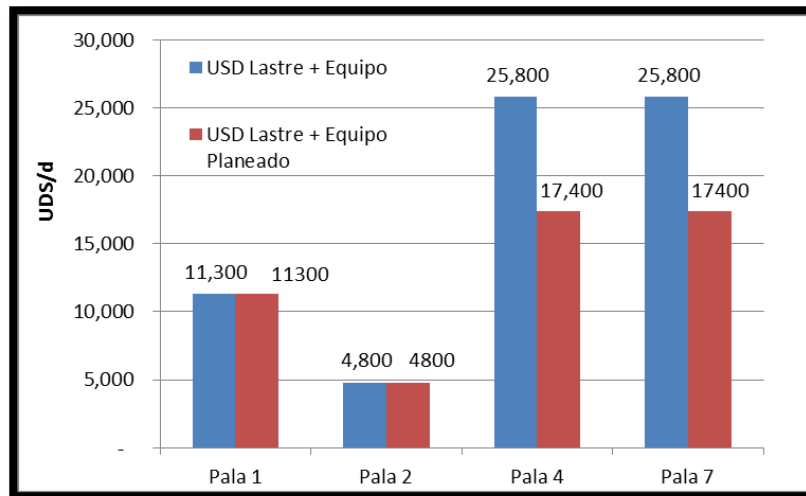


Fig.6.4 Costos adicionales por toneladas de lastre y horas operativas de tractor.

6.2.- Comparación de costos lastre y tractor planeados y no planeados.

Con el reporte de productividad por hora podemos comprobar que la pala SH004 su Dig Rate y productividad es más eficiente que la pala SH002 y que la pala SH007, estas 2 últimas tienen un Dig Rate y productividad casi igual.

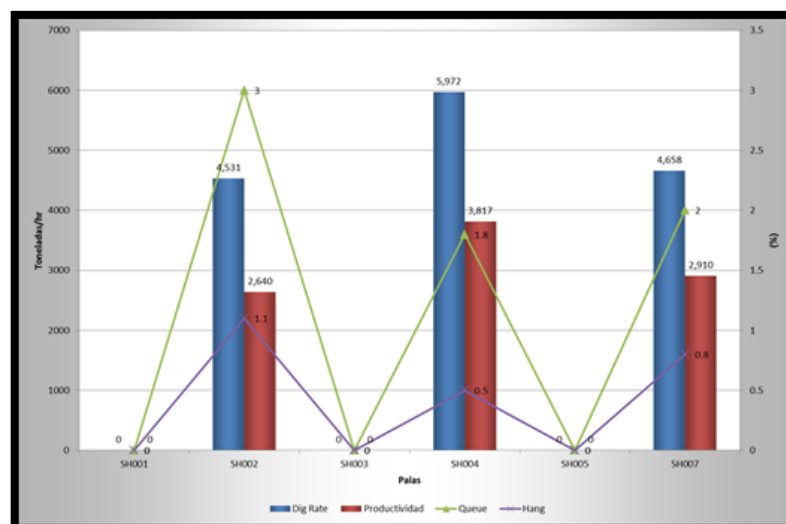


Fig. 6.5.- Reporte de producción por hora
Fuente: Dispatch- reporte de producción

En el reporte de control de pisos se puede observar que la pala SH002 está 50 Cm sobre el nivel de piso, la pala SH004 todavía está 1.8 M sobre el nivel del piso, la pala SH007 está en piso (10 Cm)

Tabla 6.1.- Reporte de pisos

Control de pisos			
PALA	SH 002	SH004	SH007
NIVEL	YA-3882	TO-3516	TO-3444
PISO	0.5	1.8	0.1

Fuente: Dispatch- Reporte de producción.

CONCLUSIONES

Al terminar la investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Al realizar un lastrado de piso de pala sin retirar todo el material contaminado con arcillas, el lastrado solo dura para unas horas y luego hay que hacer re trabajos.
- Se pudo determinar diferencias importantes en productividad del equipo de carguío en frentes donde se planificó el lastre; por ejemplo en las palas Hitachi 4 y 7 se incrementó la productividad de 69 a 91%.
- Se ha podido demostrar que la planificación del lastre genera ahorros y más importante es la oportunidad de producir más onzas con la misma flota. Se pudo estimar la mayor producción en oz para la pala 4 y 7, lo que significa alrededor de 1 millón de dólares por pala por día.
- Se pudo comprobar que es beneficioso económicamente la planificación de lastre y que mediante el uso eficiente de equipo auxiliar se reducen los tiempos por demoras operativas.
- Después de planificar el lastre las operaciones de carguío y acarreo son más seguras, contribuyendo a cumplir el ZERO HARM.

RECOMENDACIONES

- Actualmente existe un procedimiento de tarea para el lastrado de pisos en las palas, al ser una tarea de alto riesgo se seguirá con este procedimiento pero implementar que el empuje de barro sea en dirección a la pala para que pueda ser cargado y no se mezcle con el lastre.
- Es importante que se capacite a los operadores de tractor y pala en trabajar bajo estos estándares de lastrado de piso de pala.
- En el área de planeamiento a mediano y corto plazo sabe que cantidad va a minar de un tajo específico, se recomienda que el área de operaciones en coordinación con planeamiento establecer un aproximado de lastre que se va a necesitar para que la operación tenga un ritmo continuo.
- Proyectarse el avance del equipo de carguío durante el turno. Para así saber que materiales y equipos necesita para el trabajo eficiente de la pala.
- En el planeamiento a corto plazo debe incluirse el lastre.
- Realizar un diseño de lastre para frentes de minado con alto contenido de arcillas y finos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alarie, S., M. Gamache. 2002. Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment* 16(1) 59–76.
2. Augusto, Leoni- 2008, GEOTECNIA I Capítulo 1 “Depósitos naturales de suelos”.
3. Benavides, V. 1956 Geología de Cajamarca: Sociedad Geológica del Perú, tomo 30.
4. Bergmann, 1983. Effect of explosive properties, rock type and delays on fragmentation in large model blasts, 1st International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, Sweden.
5. Conciencia Tecnológica No. 42, Julio-Diciembre 2011- Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Fierro a Cielo Abierto.
6. Dávila, & Quiroz 2010. Influencia de la Voladura en el Throughput del Molino. *Symposium Perforación y Voladura de Rocas - Huaraz*.
7. Dispatch- Reportes de productividad.
8. Educar Chile- productividad de los equipos de transporte
9. Entrenamiento del sistema JIGSAW, MYSRL.
10. Manual de Rendimiento- Hanbook Caterpillar.
11. Manual de Operación y Mantenimiento- Pala Hitachi 5500
12. Metodología de la Investigación - Roberto Hernández Sampieri 6ta edición.
13. MINERA YANACOCHA SRL. PST - EQUIPO AUXILIAR Manual prevención de perdidas, 2011.
14. Pinto, Rita, y Klein, Thomas, 1999-2000. Reportes mensuales Internos para Geología de Exploraciones – Yanacocha.
15. Quiroz, 1997. Lineamiento Trasandino.

16. Rivera, Reyes L., 1980. Carta geológica nacional. Boletín N°31. Sector Energía y Minas, Instituto Geológico Minero Metalúrgico.
17. Turner Stephen, 1997, The Yanacocha epithermal gold deposits: high sulfidation mineralization in a flow dome setting. Unpublished PhD thesis. Colorado School of Mines.
18. Tumbay Anthony S. - Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Chaquicocha bajo clima severo - Minera Yanacocha.

WEBGRAFIA:

PERUMIN 30 CONVENCION MINERA Optimización de la carga útil de acarreo en Minera Yanacocha SRL en Minera Yanacocha SRL. (Ing. Yuri Sáenz More)

PERUMIN 31 CONVENCION MINERA Gestión Exitosa del Manejo de la Inestabilidad del talud Norte del Tajo El Tapado – Minera Yanacocha (Franz Soto Molina)

https://www.u-cursos.cl/usuario/.../r/Apunte_Mineria_Rajo_Abierto.pdf

<http://www.codelcoeduca.cl> (Sistemas de Carguío y Transporte)

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1150>

<http://www.editec.cl> (Planificación y operación de un sistema de carguío y transporte)

<http://www.tecnologiaminera.com/tm/d/novedad.php?id=251>

www.yanacocha.com/proceso-de-produccion

[www://MI57E](http://www.MI57E) – Explotación de Minas.(Generalidades acerca del manejo de minerales)

ANEXOS

Anexo 1

Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

Entrevistas exploratorias: En esta entrevista se deja a la persona que responda a la pregunta original sin proponerle alternativas de respuesta.

Una vez definido el tema de investigación, se ha identificado a una persona conocedoras del tema que han trabajado en el área, aun un supervisor de tajo.

Guía de Entrevista Exploratoria

Persona Entrevistada: Ing. Justo, RAMOS CHOQUE

Fecha de entrevista: 08 de agosto del 2015

Tema de interés: Como reducir las demoras operativas de los equipos de carguío en frentes de minado con alto contenido de arcillas.

Persona que realiza la entrevista: César, Marín Aguilar.

El objetivo es demostrar que realizando de manera eficiente y eficaz se reducirá las demoras operativas de los equipos de carguío y equipos de acarreo por condiciones sub estándar, o inseguras.

1.- ¿En qué contexto se ha relacionado usted con el tema de: Demoras operativas en frentes de minado con altos contenidos de arcillas? ¿Puede decirnos desde que fechas estuvo relacionado y en qué empresa?

- Estoy relacionado con el área de carguío y acarreo más de 15 años en la supervisión, en el área de operaciones debemos tener las mejores condiciones para cumplir con las metas de producción y seguridad.

2. ¿Cree que este tema es importante para las empresas mineras? ¿Por qué?

- Es importante para las empresas mineras porque al mejoraran procesos y siendo más eficientes se reducirá costos en el área de operaciones.

3.- ¿Podría darme ejemplos concretos sobre la importancia?

- Ejemplos:

- Sirve de guía para los frentes de minado con alto contenido de arcillas y finos.

- Incluir el proceso en los planes de corto plazo, para determinar cantidad de material de lastre que se va a usar en mejorar los pisos de minado.

4.- ¿Usted nos recomendaría realizar nuestra tesis en este tema? ¿Por qué?

- Si, porque al ser más eficientes los procesos entonces los costos de producción van a disminuir.

5.- ¿En qué empresa minera se podría realizar?

- la aplicación se puede realizar en Gravas del tajo la quinua. Ya que se encuentra en la etapa de explotación.

6.- ¿Cree usted que los gerentes estén dispuestos a compartir su información sobre este tema?

- si se presenta un plan de trabajo profesional creo que sería aceptado por la gerencia, y podrían compartir información de interés.

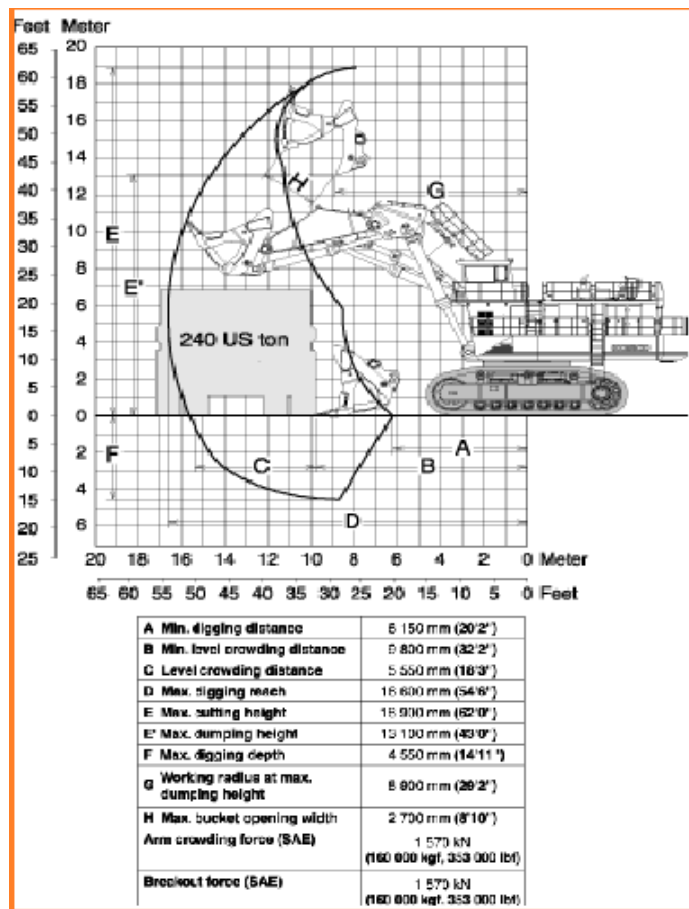
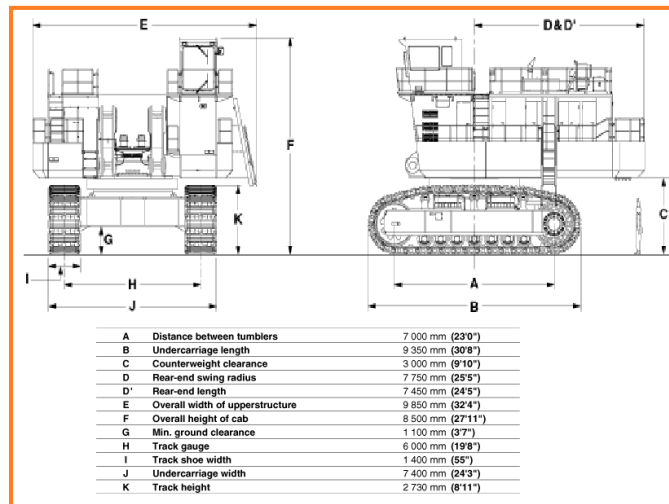
6.- Otros comentarios o sugerencias.

- Trabajar en frentes con alto contenido de arcillas en épocas de lluvia son elevadas las demoras operativas por condiciones sub estándar y aun se llega a sacar la pala a otro frente de carguío.

ANEXO 2

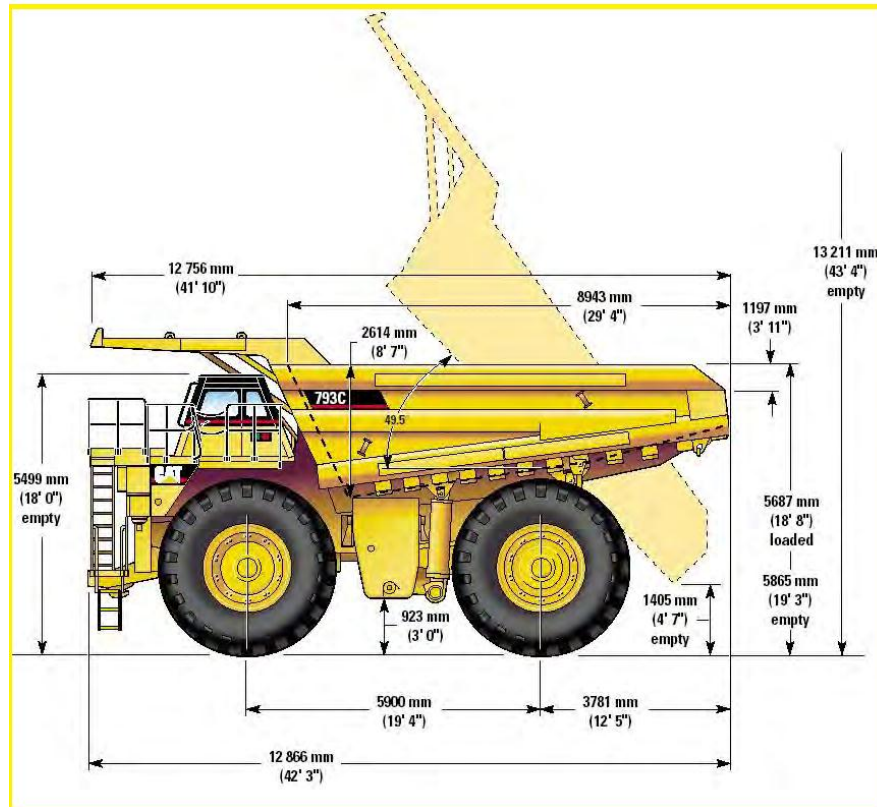
Especificaciones de equipos de mina

PALA HITACHI. Movilidad 2.2 km/h, Baldes hasta 27 m³.



ANEXO 3

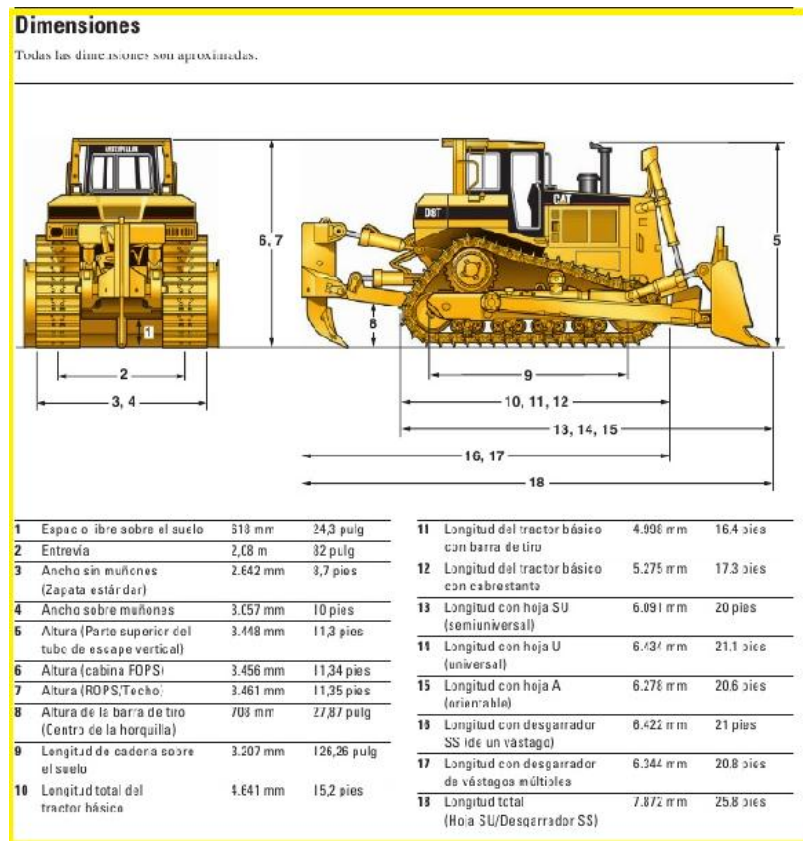
CAMION CAT 793C



CARACTERISTICAS	
PESOS: APROXIMADOS	
· Peso en orden de trabajo bruto de la máquina	383749.0 kg
· Peso del chasis	116707.0 kg
ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN	
· Capacidad de carga útil nominal	218.0 TM
· Velocidad máxima: cargado	54.3 km/h
DIMENSIONES	
· Altura del techo delantero	6494.0 mm
· Altura hasta la parte superior de la ROPS	5584.0 mm
· Longitud total	12862.0 mm
· Ancho en orden de trabajo	7680.0 mm

ANEXO 4

TRACTOR CAT D10T.



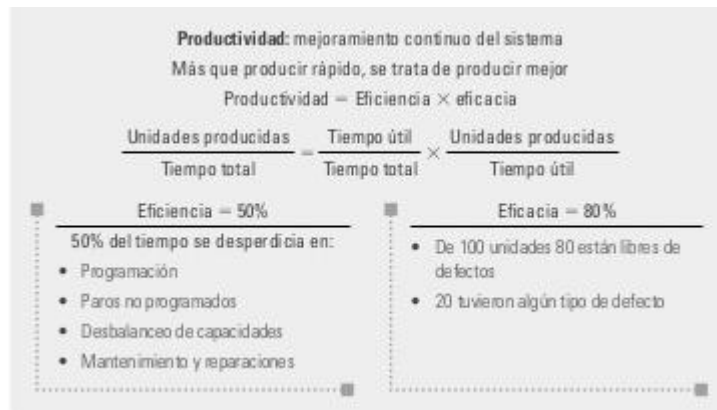
CARACTERÍSTICAS

Motor	
Modelo de motor Cat	C27 ACERT™
Potencia bruta	512 kW 687 hp
Potencia en el volante	468 kW 627 hp
Especificaciones de operación	
Capacidades de la hoja	15,9-30,7 m ³ 20,7-40,2 yd ³
Pesos	
Peso en orden de trabajo	70.815 kg 156.120 lb

La hoja semi universal es más agresiva para penetrar y cargar material que la hoja universal. Los flancos de la hoja se han diseñado para lograr retención superior de la carga y penetrar en materiales muy compactados, así como para aplicaciones de acabado

ANEXO 5

Productividad como tema general



La productividad y sus componentes (Calidad total y productividad 3ra edición- Humberto Gutiérrez).

Para incrementar la productividad: Mejorar la eficiencia reduciendo los tiempos desperdiciados por paradas de los equipos, falta de material, mantenimiento no programado, reparaciones , según una encuesta en los sectores metal-mecánico, muebles textil en México(Giral et al, 1998)la eficiencia promedio detectada fue de 50% es decir se desperdiciaba la mitad del tiempo, en aspectos inherentes a fallas de planeación y organización de la producción , de aquí que toma sentido la afirmación en la fig. Anterior, que dice que más que producir rápido es mejor hacerlo reduciendo los tiempos desperdiciados a lo largo de los procesos.

- La mejora de la eficacia. Cuyo propósito es optimizar la productividad del equipo, los materiales y procesos , así como capacitar a la gente para alcanzar los objetivos planteados mediante la disminución de productos con defectos, fallas en arranques y en disminución de procesos, y deficiencias en materiales, diseños, y en equipos. La eficacia busca debe buscar incrementar y mejorar las habilidades de los empleados y generar programas que les ayuden a hacer mejor su trabajo. Según la encuesta la eficacia promedio detectada fue de 80%, quiere decir en un tiempo útil en que se producen 100

unidades, solo 80 están libres de defectos las otras 20 se quedaron a lo largo del proceso por algún tipo de defecto

De esta manera si se multiplica eficiencia por eficacia, se tiene una productividad promedio del orden de 40%, lo que indica el potencial y el área de oportunidad que existe en mejorar el actual sistema de trabajo y en organizar por medio de programas de mejora continua.

- Cual es la causa de la mala productividad en la producción, las causas deben buscarse a lo largo del proceso, cual es la causa y como puede remediarse y evitarse.