

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA



“MEJORAMIENTO EN LA UTILIZACION DE COMBUSTIBLE”

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
ABEL EDUARDO ANCHORENA LOPEZ**

Lima – Perú

2009

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres que con su ejemplo me enseñaron a ser una persona de bien con valores y segura de si misma.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Ingeniería por la oportunidad que me dio al acogerme como uno de sus alumnos y darme una profesión, a mis compañeros de aula por sus consejos y por el interés demostrado en todo este tiempo, a mi familia por todo su apoyo en todo momento y por ser el motor que me impulsa a culminar todo lo que se empieza, por los valores inculcados y por todo su amor.

RESUMEN

La disminución en los costos operacionales es una de las principales preocupaciones en las compañías minera, se invierte mucho tiempo en estudios, capacitaciones, se forman equipos de trabajo, para poder realizar reducciones significativas de los mismos manteniendo altos estándares en seguridad y medio ambiente.

La mejora continua se ha convertido en una práctica común en todas las empresas mineras de talla mundial, en la mina Lagunas Norte se considera como uno de los valores de oro de la empresa al igual que la entrega de resultados. Sé invierte en tecnología de punta con la finalidad de aumentar la rentabilidad del negocio en el tiempo y la entrega de resultados es el indicador principal para medir cualquier inversión que se realice. En tal contexto surge el concepto de

KPIS (Indicadores Clave de Desempeño) los cuales existen para controlar un proceso operativo.

El propósito de este trabajo es reducir los costos operacionales de mina mejorando la utilización del consumo de combustible utilizando herramientas de control. El costo por combustible en el año 2008 significó el 31 % del costo total de los camiones siendo el segundo después del costo de mantenimiento.

Con el fin de disminuir este costo se realizó un plan de acción que se enfocaría principalmente en:

- Disminución de demoras evitables operativas.
- Mejoramiento en tonelajes transportados por camión.
- Mejoramiento en las prácticas operacionales.

Una vez identificadas las demoras operativas evitables más significativas se generan planes de acción que consisten en: una programación adecuada del sistema Dispatch y la utilización del Stock Pile principal como alternativa de descarga para disminuir los tiempos muertos y obtener un mayor tiempo neto operando.

El mejoramiento de las toneladas transportadas se produce por un control en el carguío de los camiones que consiste en reportes cada cuatro horas de sub-cargas y sobre cargas por pala y por camión que son dictadas por Radio (Canal 8 de Operaciones Mina) con la finalidad de que los operadores detecten posibles fallas en el carguío o mala calibración de las balanzas de los camiones, además de

una ventana en la pantalla de Dispatch que monitorea los tonelajes por cada pase de la pala.

El mejoramiento de las prácticas operacionales disminuyó el consumo innecesario de combustible, esto solo se pudo lograr con la participación de todo el personal de la operación, un trabajo en equipo que se inició con un cambio cultural y se pasó de ser un grupo de trabajo a un equipo de trabajo.

En el estudio se utilizará el sistema Dispatch como una herramienta multifuncional de: recolección de datos, reportes históricos almacenados en su servidor, interface entre supervisor Dispatch y operador de camión, solución de problemas en tiempo real.

Con una correcta programación operativa y utilización del Sistema Dispatch, el trabajo es en todo momento dinámico que interactúa con un “throughput” adecuado de Chancado (TM/hora), disminuyendo los tiempos muertos.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

INTRODUCCION

CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO

1.1	Ubicación y Acceso.....	2
1.2	Recursos Medioambientales de la Mina Lagunas Norte.....	3
1.2.1	Flora.....	3
1.2.2	Fauna.....	4
1.2.3	Hidrología.....	4
1.3	Medidas de Control Para la Protección de los Recursos Ambientales.....	5
1.3.1	Recurso flora.....	5
1.3.2	Recurso fauna.....	6
1.4	Reseña histórica.....	6

1.5	Geología Regional.....	7
1.6	Geología Local.....	8
1.7	Mineralización.....	10
1.7.1	Estilos de mineralización.....	11

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MINA

2.1.	Clasificación de materiales.....	13
2.2.	Stock de material.....	14
2.3.	Equipos de mina.....	15
2.4.	Características de los equipos de mina.....	16
2.4.1.	Equipos de carguío.....	17
2.4.2.	Equipos de acarreo.....	18
2.4.3.	Equipos auxiliares.....	19

CAPITULO III: DESPACHO Y MONITOREO (SISTEMA DISPATCH)

3.1	Funciones del Sistema Dispatch.....	20
3.1.1	Sistema Dispatch como colector de datos.....	21
3.1.1.1	Colector de datos interactivo.....	21
3.1.1.2	Colector de datos pasivos.....	21
3.1.2	El sistema Dispatch como base de datos.....	21
3.1.2.1	Base de datos de Mina.....	22
3.1.2.2	Base de datos de Turno.....	22
3.1.2.3	Base de datos Sumario.....	22
3.1.3	Sistema Dispatch en tiempo real.....	23
3.2	Componentes fundamentales del Sistema Dispatch.....	24
3.2.1	Torre de control.....	25

3.2.2	CPU principal.....	25
3.2.3	CPU secundario.....	26
3.2.4	Receptor digital.....	26
3.2.5	Spread spectrum data radio.....	26
3.2.6	Estación de terreno.....	26
3.2.7	Antenas.....	27
3.2.8	Antenas de G.P.S.....	27
3.2.9	Sistema de G.P.S.....	27
	3.2.9.1 Baja precisión.....	28
	3.2.9.2 Alta precisión.....	28
3.2.10	Data radio en los móviles.....	28
3.2.11	Puntos de accesos móviles.....	29
3.2.12	Punto de acceso fijo.....	29
3.2.13	Unidad Central (HUB).....	29
3.2.14	Consola gráfica de color (CGC).....	30
3.3	Principales Ventanas del sistema Dispatch.....	31
	3.3.1 Ventana de excepción.....	30
	3.3.2 Ventana Haul Road.....	31
	3.3.3 Ventana Pit Graphics.....	32
3.4	Asignación de camiones por el Sistema Dispatch.....	33
	3.4.1 Asignación fija.....	33
	3.4.2 Asignación dinámica.....	33
3.5	Algoritmos del Sistema Dispatch.....	33
	3.5.1 Programación mejor ruta.....	33

3.5.2	Programación lineal.....	34
3.5.3	Programación dinámica.....	34

CAPITULO IV: ANTECEDENTES Y PLANES DE ACCIÓN

4.1	Costo Horario de los equipos principales de mina año 2008.....	36
4.1.1	Costo mensual de camión 730 E período 2008.....	36
4.2	Oportunidades de mejora.....	37
4.3	Consumos de combustible en el periodo 2008.....	37
4.4	Promedios mensuales del consumo de combustible de los camiones en Galones/hora.....	38
4.5	Demoras operativas con mayor incidencia en operaciones mina.....	38
4.6	Demoras inevitables y evitables en la operación.....	39
4.6.1	Demoras evitables.....	40
4.6.2	Demora inevitables.....	41
4.7	Toneladas transportadas por camión.....	42
4.8	Tonelaje mensual transportado en el año 2008 y el consumo de combustible.....	43
4.9	Planes de acción para mejorar la utilización del combustible.....	44
4.10	Planes de acción.....	44
4.11	Disminución de las demoras operativas evitables.....	45
4.11.1	Utilización del stock pile principal como alternativa de descarga.....	45
4.11.2	Utilización del sistema Dispatch para disminuir las demoras en chancadora.....	46
4.12	Abastecimiento de la flota de camiones una vez por turno.....	47

4.13	Control de tonelajes transportados por camión.....	48
4.13.1	Sistema payload Meter III.....	48
4.13.2	Medidas de control del tonelaje de camiones.....	49
4.13.2.1	Información de cargas de los camiones incorporadas como una ventana en el despacho.....	49
4.13.2.2	Reporte operativo de cargas y sub cargas cada 4 horas.....	50
4.14	Mejora de las prácticas operacionales.....	51
4.14.1	Demoras excesivas con motor encendido.....	52
4.14.2	Plan de acción.....	52

CAPITULO V: RESULTADOS OBTENIDOS

5.1	Promedio mensual de las demoras evitables de mina periodo 2009.....	53
5.2	Operaciones Mina período 2008 vs período 2009.....	54
5.2.1	Demora espera en pala.....	54
5.2.2	Esperas en chancadora.....	55
5.2.3	Comparativo neto operando.....	56
5.2.4	Demoras por mantenimiento.....	57
5.2.5	Toneladas transportadas 2008 vs 2009.....	58
5.2.6	Porcentaje de carga año 2008 vs 2009.....	59

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es mejorar la utilización de combustible de los camiones de mina Komatsu 730-E para lo cual se determinó tres planes de acción que se enfocarían en:

- Disminuir las demoras evitables de la operación de mina, controlar los tonelajes de los camiones y mejorar las prácticas operacionales
- Para cumplimiento de estos planes de acción se utilizará el sistema Dispatch como herramienta de control y optimización de recursos.
- La mejora se producirá al disminuir las demoras aumentando el tiempo operativo de los camiones además de transportar tonelajes adecuados disminuyendo las sub cargas que generan pérdida de producción. Las mejores prácticas operativas originarán un ahorro en el consumo de combustible cuidando este valioso recurso.
- La mejor utilización del combustible se da en transportar más tonelaje comparando con el año 2008 y que costo nos generaría transportar el material ya movido en el año 2009.

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO

Lagunas Norte es un depósito de clase mundial, el primero en el distrito de Alto Chicama en el cual Barrick tiene gran parte de la propiedad minera y es una adición importante a sus recursos de bajo costo, el costo de capital proyectado fue aproximadamente de 500 millones de dólares y el costo efectivo promedio es de 135-145 US\$/oz.

1.1. UBICACIÓN Y ACCESO

La mina Lagunas Norte está ubicada en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad en el Norte del Perú a unos 90Km. al este de la ciudad de Trujillo, por carretera la distancia es de 130Km.



FIGURA 1 Ubicación Geográfica Mina Lagunas Norte

FUENTE: DEPARTAMENTO CONTROL DE PERDIDAS LAGUNAS NORTE

1.2 RECURSOS MEDIO AMBIENTALES DE LA MINA LAGUNAS NORTE

1.2.1 Flora

En La Mina Lagunas Norte existen especies de flora muy importantes y son consideradas como sensibles, las 4 especies más importante son:

- Orquídeas (Orquidaceae)
- Cactus globular (Oreocereus erectocylindrica)
- Quenuales(científico: Polylepsis)



FIGURA 2: Orquídea



FIGURA 3: Cactus

1.2.2 Fauna

Las especies animales que más abundan son:

- Zorros (*Pseudalopex culpoeus*)
- Vizcachas (*Lagidium peruanum*)
- Venados (*Odocoileus virginianus*)



FIGURA 4: Vizcacha



FIGURA 5: Zorro

1.2.3 Hidrología

Se han identificado áreas importantes para el hábitat acuático y de peces, siendo estos: Río Chuyugual y sus afluentes, particularmente donde hay flujo todo el año y Laguna el Toro. La especie más importantes es la trucha arco iris.

1.3 MEDIDAS DE CONTROL PARA LA PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS AMBIENTALES

Las medidas de control para proteger los recursos ambientales en Mina Lagunas Norte son:

1.3.1 Recurso flora

- Cualquier proyecto debe realizarse de preferencia en lugares ya impactados.
- Antes de realizar cualquier proyecto que involucra el desbroce de áreas no impactadas, se debe solicitar autorización al área del departamento de medio ambiente y llenar el formato de manejo del cambio.
- Se verifica si en el área a afectar no existe la presencia de especies sensibles. De tenerse alguna duda sobre alguna especie, se comunica al área de medio ambiente para su identificación.
- De existir alguna especie sensible ésta deberá ser retirada con mucho cuidado y trasladada rápidamente a un área protegida.
- Se controlan las emisiones de polvo. Si se identifica un área que viene generando demasiado polvo se comunica al departamento de medio ambiente para tomar las medidas de control.
- La conducción es por los accesos establecidos, no se ingresa por áreas vegetadas o revegetadas.
- En caso de observar un incendio dentro o cerca de la propiedad se comunica al Centro de Control de Seguridad.

1.3.2 Recurso fauna

- Se reduce el uso de iluminación en las estructuras altas durante la noche.
- De encontrarse animales silvestres muertos o heridos se comunica al área de medio ambiente y se llena el reporte de mortalidad de fauna silvestre.
- Se evita votar desperdicios que puedan atraer a especies no deseadas
- No se alimenta la fauna silvestre.
- Se construyen cercos a las pozas y reservorios y se implementan sistemas para alejar a los animales evitando que caigan en ellas.

1.4. RESEÑA HISTÓRICA

Mínera Barrick Misquichilca inicio un agresivo programa de exploración en Marzo del 2001 estableciéndose en el campamento de Callacuyan inicialmente un campamento minero de **Minero Perú**, construido a inicios de los 70's para explorar las concesiones de carbón.

El 15 de Abril del 2002, Barrick reportó el descubrimiento de **Lagunas Norte**, un depósito diseminado de oro ubicado en el denuncia N° 2 de la concesión de Alto Chicama.

El primer estimado de reservas de oro de Lagunas Norte fue de 3.3 millones de onzas de oro contenido en 55.5 millones de toneladas a una ley de 1.95 g/t Au,

este estimado estuvo basado en 12 000 metros de perforación diamantina en 63 taladros.

Después de este anuncio se movilizaron más equipos de perforación a la propiedad. En diciembre del 2002, Barrick presentó un estudio preliminar a Centromin y minero Perú en el cual se reportaba una reserva de 7.3 millones de onzas de oro (6.2 en óxidos y 1.1 en sulfuros) contenidas en 123.5 millones de toneladas a una ley de 1.83 g/t Au, esta reserva estaba basada en un total de 41 714 metros de perforación diamantina distribuidos en 172 taladros.

La reserva actual de Lagunas Norte es de 9.1 millones de onzas con un recurso adicional de 0.8 millones de onzas. El EIA fue aprobado por el gobierno peruano a mediados del 2004.

1.5 GEOLOGÍA REGIONAL

El marco geológico regional de Alto Chicama está conformado por las rocas metamórficas Precámbricas y los granitoides del complejo del Marañón hacia el este; el Batolito costanero del terciario inferior hacia el oeste y una cuenca de trend NNW dominada por rocas sedimentarias marinas y deltaicas de las formaciones Chicama y Chimú del Jurásico Superior al Cretáceo inferior, en la porción central.

1.6. GEOLOGÍA LOCAL

La geología del yacimiento de Lagunas Norte es un depósito epitermal de Alta Sulfuración de Au-Ag ubicado en el norte del Perú, una parte del yacimiento se encuentra parcialmente hospedado en los bordes de una brecha diatrema, así como también en pequeños cuerpos de brechas freáticas y tectónicas de diversa orientación. La buena exposición y preservación de las brechas freáticas, freatomagmáticas y tectónicas en Lagunas Norte brindan una oportunidad para conocer las relaciones entre los distintos eventos de brechamiento y su relación espacial y temporal en una sistema magmático hidrotermal.

En el cuerpo de la diatrema se tienen intercalaciones de asociaciones de litofacies de brechas monomícticas y polimícticas, con presencia de fragmentos de volcánicos juveniles envueltos generalmente en una matriz de polvo de roca carbonosa. Estas características son interpretadas como evidencia de que se trata de una sucesión de eventos freáticos y freatomagmáticos.

Hacia los bordes de la diatrema se observan asociaciones de litofacies de brechas polimícticas y monomícticas sin presencia de fragmentos juveniles y generalmente con cemento hidrotermal, muchas veces con arreglos jigsaw; lo cual es interpretado debido a la predominancia de eventos freáticos en los bordes de la diatrema. Aunque puede que hayan estado presentes asociaciones de facies freatomagmáticas, con la sucesión de eventos estos ya fueron erosionados.

Discordantes y distribuidas en el yacimiento se tienen brechas monomícticas, rara vez polimícticas, la mayoría con cemento hidrotermal y con arreglos jigsaw a crackle; de geometría tabular y asociados a estructuras de

rumbos E-W, N120 y en algunas ocasiones N-S. Estas brechas son producto de la actividad tectónica y posteriormente han sido cementadas por la precipitación de minerales hidrotermales.

Aunque si bien los eventos freáticos y freatomagmáticos son los miembros finales en los procesos de fragmentación complejos (Davies et al., 2000a) no descartamos la actividad tectónica previa que habría creado las estructuras primarias a través de las cuales se habría producido inicialmente la actividad magmática y posteriormente la actividad magmático hidrotermal. Siendo así el inicio de la actividad magmático hidrotermal habría dado comienzo, probablemente, con el emplazamiento de magma en profundidad en un sistema hidrotermal, esto habría gatillado primero explosiones freáticas, y luego explosiones freatomagmáticas resultando en la formación del cuerpo de diatrema.

Producto del emplazamiento del cuerpo de diatrema se incrementa el fracturamiento y la permeabilidad de la roca caja.

La composición carbonosa en la matriz de la diatrema hizo que esta se comportara de una manera relativamente impermeable, restringiendo la circulación de los fluidos, principalmente, a los bordes de la diatrema y a la red de fracturas hidráulicas y brechas tectónicas adyacentes a esta.

En el momento se encuentran realizando estudios para determinar el proceso por el cual se precipitaron los minerales en el yacimiento epitermal de Au-Ag de Lagunas Norte.

1.7. MINERALIZACIÓN

La geología se detalla en la columna estratigráfica, la secuencia de rocas presentes en el ámbito del yacimiento, desde edades Precámbricas a Terciarias y cobertura Cuaternaria.

Las rocas sedimentarias Cretácicas son areniscas intercaladas con limonitas y lutitas de grano fino que localmente gradan a mantos de carbón, la pila volcánica Terciaria es de espesor restringido y está caracterizado por chimeneas volcánicas relacionadas a actividad freato-magmática. Esta actividad volcánica estaría relacionada a la mineralización de oro, la que se aloja en el contacto entre las rocas sedimentarias Cretácicas y las rocas volcánicas Terciarias.

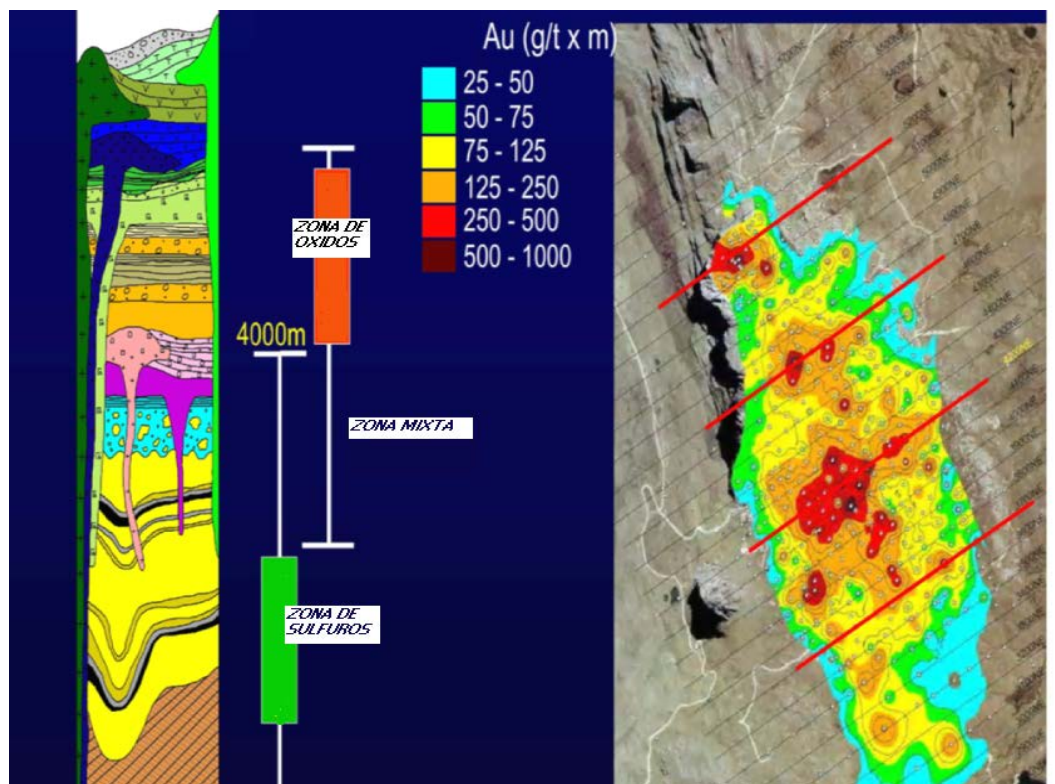


FIGURA 6: Columna estratigráfica mina Lagunas Norte

FUENTE: DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA LAGUNAS NORTE

1.7.1 Estilos de Mineralización

Las leyes de importancia económica están relacionadas a zonas de alteración silíceo residual en rocas volcánicas, también a zonas silíceas fracturadas y brechadas de rocas sedimentarias subyacentes (FIGURA 3). El oro se encuentra contenido principalmente en pirita, óxidos de hierro, pirita/cuarzo y óxidos de hierro/cuarzo.

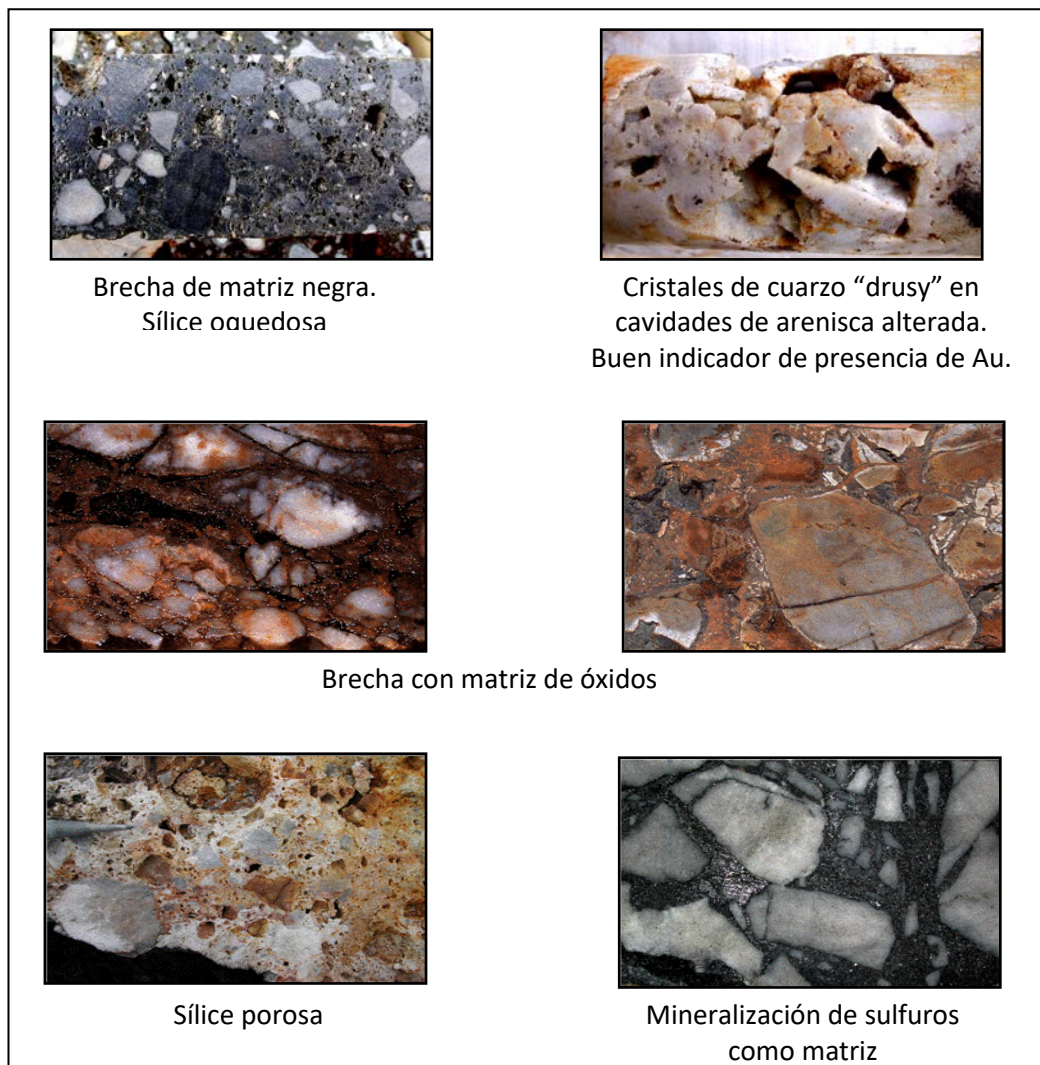


FIGURA 7: Mineralización en Mina Lagunas Norte

FUENTE: DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA LAGNAS NORTE

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MINA

En el área de operaciones mina Lagunas Norte se tienen niveles que van desde el 4010 msnm hasta el nivel 4180 msnm.

Existen 3 regiones en el Tajo: Alexa, Dafne y Josefa.

La zona de Alexa se encuentra al norte del tajo en los niveles 4140 msnm hasta el 4180 msnm, en ella se encuentra un stock de baja ley “stock 4140” de ley menor a 0.5 g/TM.

La zona de Josefa se encuentra al nor este del tajo y comprende los niveles 4080 msnm hasta el nivel 4130 msnm.

La zona de Dafne es la más baja de la mina, desde el nivel 4010 msnm hasta el nivel 4070 msnm.

La mina cuenta con tres haul road:

- a) **Haul Road A** que se inicia desde el ovalo de chancadora primaria cruzando el stock principal, stock 4121 de M3,y el parqueo de camiones y equipos auxiliares hasta el cruce de Alexa con Josefa
- b) **El Haul Road B** se inicia desde el ovalo de chancadora primaria cruza los stocks del 4050 de M3 arcilloso, el ingreso de tres alcantarillas hasta el botadero Este de desmonte.
- c) **El Haul Road C** rodea el cerro Shulcahuanca hasta la falda de Alexa termina en un bofedal.

2.1. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES

La clasificación de materiales es la siguiente:

CUADRO 1: Clasificación de Mineral y Desmonte

Material	Tipo	Descripción	Destinos	AU g/t	TCM (%)	S (%)	Cu (ppm)	% Recuperación
DESMONTE	D1	No generador de acido	Construcción, lastre			< 0.1		
DESMONTE	D2	Potencial generador de acido	Botaderos			>= 0.1		
DESMONTE	D3	Carbonoso (definición visual)	Botadero este					
MINERAL	M1	Limpio	Chancadora, leachpad, stockpile	>= 0.2	< 0.05	< 0.25		87.5
MINERAL	M1A	Limpio con poco sulfuro	Chancadora, leachpad, stockpile	>= 0.2	< 0.05	< 0.4	< 350	83.7
MINERAL	M2	Poco carbonoso	Single pass, stockpile	>= 0.36	>= 0.05 < 0.1	< 0.25		53.5

MINERAL	M2A	Carbonoso	Single pass, stockpile	≥ 0.35	≥ 0.1 < 0.5	< 0.25		54.5
MINERAL	M2B	Muy carbonoso	Single pass, stockpile	≥ 0.42	≥ 0.5	< 0.25		45.7
MINERAL	M3	Con sulfuro	Single pass chancado, stockpile	≥ 0.34	< 0.05	≥ 0.4	< 350	75
MINERAL	M3A	Con sulfuro y cobre	Single pass, stockpile	≥ 0.63	< 0.05	≥ 0.25	≥ 350	30.7
MINERAL	M3B	Con sulfuro y carbonoso	Single pass, stockpile	≥ 0.57	≥ 0.05	≥ 0.25		33.5

2.2. STOCK DE MATERIAL

Con el objeto de tener material roto almacenado se han diseñado diferentes stocks teniendo en cuenta el tipo de material y leyes de oro.

La existencia de estos Stocks también se debe a la necesidad de minar a chancadora determinados polígonos de alta ley para el cumplimiento de onzas propuestas en una campaña, para poder llegar a estos frentes se debe mover material a estos stocks.

Los stocks que se tienen operativos son:

- a) **Stock principal:** Se encuentra frente a chancadora en el nivel 4122 msnm, se almacena material M1 de ley mayor a 0.5 g/TM, este stock es muy dinámico y continuamente se está almacenando y minando esto se debe a su cercanía a chancadora y es muy utilizado en caso de neblina densa y es minado con el cargador WA1200.

- b) **Stock 4121:** Se encuentra en el nivel 4121 msnm, muy próximo al stock principal, en este stock se deposita material M3B y tiene dos zonas: zona norte y zona sur.
- c) **Stock 4121 zona norte:** Se almacena material M3B con mayor contenido de carbón esto es determinado por el geólogo de campo que lleva un control visual y por muestras de laboratorio.
- d) **Stock 4121 zona sur:** Se almacena material M3B con poco contenido de carbón al igual que el stock de la zona norte el geólogo de campo comunica al supervisor de operaciones mina el lugar de su almacenamiento.
- e) **Stock 4100:** Se encuentra en el nivel 4100 msnm, se almacena material M3 con poca arcilla, se mina cuando se realizan campañas de M3 a chancadora para cubrir la cuota de tonelaje proyectado.
- f) **Stock 4050:** Se almacena material M3 del tipo arcilloso, se encuentra en el nivel 4050 msnm en la zona de Dafne, se decidió crear este stock para separar el M3 arcilloso y minarlo blendeado (combinado) con otro material debido a que presenta problemas al ser chancado tales como campaneos en chancado primario y en los shutes del secundario.

2.3. EQUIPOS DE MINA

La mina de Lagunas Norte cuenta con los siguientes equipos:

Equipos de carguío:

- Dos Palas marca Komatsu PC 4000
- Un Cargador marca Komatsu WA1200

Equipos de acarreo:

- 11 Camiones Komatsu 730-E

Equipos Auxiliares:

- Seis tractores sobre oruga marca Komatsu D375A-3
- Cuatro Excavadoras Hidráulicas marca Komatsu PC300-7
- Dos Tractores sobre Ruedas marca Komatsu WD600-3
- Un Cargador Frontal marca Komatsu WA500-3
- Tres Moto niveladoras marca Komatsu GD825A-2

Equipo de Perforación:

- Cuatro Perforadoras marca Komatsu SKS-12
- Una Perforadora marca Komatsu ECM 370
- Perforadora marca Komatsu Ranger 700

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE MINA

La maquinaria con que se cuenta en operaciones mina es de marca Komatsu y fue adquirida en el año 2005.

2.4.1. Equipos de Carguío

EQUIPO		PALA	CARGADOR FRONTAL
MARCA		Komatsu	Komatsu
MODELO		PC 4000	WA 1200 – 3
	Modelo	Komatsu SDA 16V160	Cummins QSK60
	Cilindro	16	16
	HP	1875	1715
	Kw	1400	1280
	Rpm	1800	1900
Capacidad del cucharón	m3	21	18
	yd3	28	23.5
Peso operativo	T	370 a 385	208 a 213
	lb	816000 a 849000	459200 a 470200
Tanque Aceite Hidráulico	l	3900	
Sistema Hidráulico	l	5900	1200
Tanque de Combustible	l	6400 (1691 gl)	5100 (1347 gl)
Líquido refrigerante	l	420	500
Aceite Motor	l	290	260
Diferencial final	l		670
Torque Convertidor y Transmisión			350
Medidas			
Altura Equipo	m	8.26	6.87
Ancho Equipo	m	6.85	6.55
Largo Equipo	m	20.00	18.84

3.4.2. Equipos de Acarreo

EQUIPO		CAMIONES
MARCA		Komatsu
MODELO		730 E
	Modelo	Komatsu SSA16V160
	Cilindro	16
	HP	2000
	Kw	1492
	rpm	1900
	m3	111
Capacidad Tolva	yd3	145
	t	195 a 205
Peso Vehículo Vacio	kg	138369
	lb	305052
Aceite Carter de Motor	l	223
Sistema Hidráulico	l	731
Tanque de Combustible	l	3217
Líquido refrigerante	l	409
Aceite Caja de Engranajes	l	40
Medidas		
Altura Equipo	m	6.25
Ancho Equipo	m	7.54
Largo Equipo	m	12.83
Cantidad	unid	10

3.4.3. Equipos Auxiliares:

Tractores

EQUIPO		TRACTOR DE ORUGA
MARCA		Komatsu
MODELO		D375A – 5
	Modelo	Komatsu SA6D170E-3
	Cilindro	16
	HP	525
	Kw	391
	rpm	1800
Peso operativo	kg	66985
	lb	147680
Sistema Hidráulico	l	304
Tanque de Combustible	l	1050
Líquido refrigerante	l	165
Aceite Motor	l	55.5
Torque Convertidor y Transmisión	l	150
Medidas		
Altura Equipo	m	4.23
Ancho Equipo	m	4.695
Largo Equipo	m	10.33
Cantidad	unid	6

CAPITULO III

DESPACHO Y MONITOREO (SISTEMA DISPATCH)

El sistema Dispatch es una herramienta multifuncional, tres de sus funciones son: colector de datos, multi- gran base de datos, y como un componente que resuelve problemas en tiempo real. El sistema Dispatch optimiza la operación de mina y su principal beneficio esta en la asignación de camiones a los equipos de carguío para lo cual hace uso de algoritmos de programación lineal, programación dinámica y mejor ruta dando de esta forma la asignación optima para cada camión optimizando la producción y reduciendo costos.

El sistema DISPATCH es muy dinámico y modular por diseño, y también es muy configurable sea con sus componentes o software. El sistema DISPATCH puede adaptarse a cualquier ambiente y situación operacional en la mina, más adelante se profundizara en la aplicación del Sistema Dispatch en la operación minera.

3.1 FUNCIONES DEL SISTEMA DISPATCH

Tres de las funciones principales del Sistema Dispatch son:

- Colector de Datos
- Multi Gran Base de Datos
- Resolver problemas en tiempo real

3.1.1. Sistema Dispatch Como Colector de Datos

El sistema Dispatch constantemente está recibiendo, refiriendo y almacenando datos y recibe datos de dos formas: interactiva y pasiva.

3.1.1.1. Colector de Datos Interactivo

El Sistema Dispatch colecta datos de forma interactiva cuando el operador por medio del Goic (pantalla táctil) responde a una pregunta del Sistema, por ejemplo “operativo”, “llegada” .El sistema Dispatch requiere una cantidad de interacción por los operadores y el despachador para actualizar sus archivos, manteniendo sus datos sin errores.

3.1.1.2. Colector de Datos Pasivos

El Sistema Dispatch colecta datos automáticamente en muchas formas. Ubicaciones actuales de equipo en tiempo real son posibles con información pasivo. Usando el sistema de Gps avisa al Sistema Dispatch las ubicaciones de los equipos sean palas o camiones. La utilidad de Gps lo logra automáticamente (Pasivo).

Otros ejemplos de colección de datos pasivos incluyen información de toneladas, combustible, neumáticos, y señales virtuales.

3.1.2. Sistema Dispatch Como Base de Datos

El sistema Dispatch almacena todos los datos que colecta en la operación en tres bases de datos principales y son:

- Base de Datos Mina
- Base de Datos Turno
- Base de Datos Sumario

3.1.2.1. Base de Datos Mina

La base de Datos Mina contiene información en tiempo real y constantemente se está actualizando. Contiene la imagen de la mina, todo lo que es operacional, mantenimiento y Stand by. La base de datos de Mina es lo que usa el Sistema Dispatch para resolver problemas operacionales como asignaciones de camiones.

3.1.2.2 Base de Datos Turno

La Base de Datos Turno contiene todo los eventos que ocurrieron y toda la información generada en el turno. Cada actividad y evento generado en el campo es almacenado por el Sistema Dispatch, son archivados con la hora, minutos, y segundos en que se genero, y sirve como referencia histórica. La Base de Datos Turno también se actualiza en tiempo real y se cancela cuando el turno se termina.

3.1.2.3 Base de Datos Sumario

La base de datos sumario contiene datos estadísticos, son generada por la base de datos de turno y pueden ser muy útiles para el manejo operacional de la mina.

El Sistema Dispatch re-ubica esta información generada a la base de datos sumario. Esta información es compilada después del turno y es archivada en base de mes a mes.

3.1.3. Sistema Dispatch en Tiempo Real

El sistema Dispatch constantemente está recibiendo datos y actualizando la base de datos, especialmente la Base de Batos Mina, por lo que su uso **resuelve problemas en tiempo real**

Siempre está calculando tiempos de acarreo, cargar, tiempos de cuadro, niveles de combustible, usuario de neumáticos, cuentas de cargas, y otras cantidades de eventos que afectan la mina.

En base de la información en la Base de Datos de Mina, el Sistema Dispatch constantemente está actualizando el modelo de la mina, y siempre está listo para resolver problemas que se presenta entre los parámetros ingresado por el despachador.

Por ejemplo:

¿Cuál es la mejor asignación para cada equipo en tiempo real para maximizar las metas en la mina?

¿Es mejor mandar un camión al taller de combustible ahora o después cuando hay menos camiones en el taller de combustible?

¿Es mejor mandar un camión vacío a una pala cercana o retirada? ¿Cuáles son los parámetros de la Mezcla en la trituradora, y si la asignación del camión va afectar estos parámetros en el futuro?

Equipado con los datos actualizados en la *Base de Datos de Mina*, el Sistema Dispatch usa tres modelos de computación para resolver problemas.

Estos tres programas son los siguientes: la Mejor Ruta(MR), Programación Linear (PL), y Programación Dinámica (PD), los cuales los veremos más adelante.

3.2. Componentes Fundamentales del Sistema Dispatch

Los componentes fundamentales del sistema Dispatch son: el CPU principal, la plataforma DS, antenas (data, omni, sector), estación de GPS, puntos de accesos, Master Link Hubs, y consola gráfica de colores (CGC).

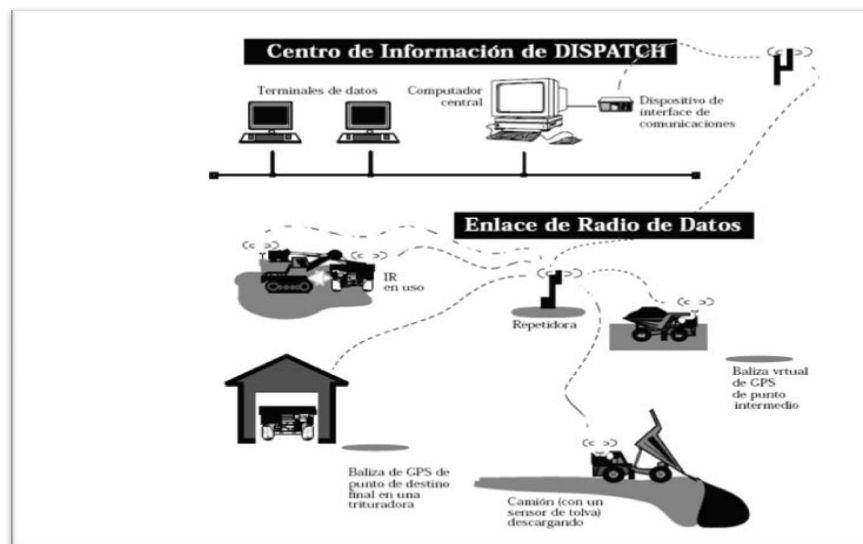


FIGURA 8: Componentes del Sistema Dispatch

FUENTE:MANUAL DE MODULAR CURSO DE DISPATCH

3.2.1. Torre de control

La Torre de control es donde se ubican los componentes importantes del Sistema Dispatch .En la torre de control se encuentran el CPU principal, CPU secundaria, los servidores, es la central donde el despachador controla la operación de mina.

En lagunas norte se encuentra en el nivel 4200 donde se tiene una visión de toda la operación minera.

3.2.2 C.P.U. Principal

Ubicada en la Torre de Control, el CPU principal es responsable de hacer el trabajo principal para todo el Sistema Dispatch y contiene el software principal para operar el sistema Dispatch. Este es el mecanismo donde todos los componentes se comunican y es la interface para el despachador con el sistema. Parte de los procesos de Sistema Dispatch son operados por OMS.

El objetivo de este proceso es de enviar y recibir mensajes desde el Sistema Dispatch hacia el terreno y también procesa información para las base de datos.

El CPU principal siempre es conectado a un tipo de energía constante que es UPS (Uninterruptible Power Source) o Energía sin Interrupción.

El flujo de datos es relacionado al CPU principal. Datos saliendo del CPU principal al campo son definidos como downstream o bajando, y datos saliendo desde el campo hacia a DISPATCH, son definidos como upstream o subiendo.

3.2.3. C.P.U. Secundario

El CPU Secundario también es un computador IBM o SUN. La responsabilidad del CPU Secundario es de servir como respaldo para el CPU principal en caso que el sistema principal fallara.

3.2.4. Receptor Digital

El Sistema Dispatch recibe la información a través de un radio Spread Spectrum de 2.4 GHz que transporta la información entre los Hubs Móviles y el proceso del Sistema Dispatch.

3.2.5. Spread Spectrum Data Radio

El sistema tiene un área de cobertura dependiente a repetidoras móviles espaciadas en toda la mina. La comunicación entre DISPATCH y el campo es por data radio. El data radio transmite y recibe datos del Sistema Dispatch en tiempo real.

3.2.6 Estación Terrena

Para los Sistemas de Dispatch (MasterLink) con la opción de GPS, un MasterLink Hub es usado para la GPS Estación Terrena. La Estación Terrena contiene un microprocesador, una Spread Spectrum data radio, OMS software, receptor de GPS, y una antena de GPS identificada como antena choke ring antena.

3.2.7. Antenas

Existen múltiples de antenas para configurar el sistema y cada uno tiene su trabajo importante. Se tiene dos tipos de antenas de comunicación, y cada una tiene características independientes. Cada Punto de Acceso sea fijo o móvil tiene su antena designada. El objetivo es optimizar la señal de cada antena. La clasificación de antenas de comunicación es la siguiente:

- Omni
- Sector

El protocolo 2.4 Ghz Spread Spectrum radio transmite información (rpc) entre el equipo y el sistema DISPATCH. Cada equipo se asocia por línea de vista a cada punto de acceso por las antenas de comunicación.

3.2.8. Antena de G.P.S.

El sistema de MasterLink tiene dos sistemas de GPS configurado en el sistema para operaciones múltiples. El sistema usa dos servicios de satélites disponibles mundialmente, que son los siguientes:

- **Navstar = Estados Unidos**
- **Glonass = Rusia**

3.2.9. Sistema de G.P.S.

Las opciones de GPS son: baja precisión y alta precisión y cada opción tiene sus beneficios.

3.2.9.1. Baja Precisión

Todos los equipos con componentes de DISPATCH vienen con baja precisión y se puede usar para ubicar equipos, mantenimiento de grafica sea avance de botaderos, caminos, y avances palas. Tipo de receptor y antena usados son SK8.

3.2.9.2. Alta Precisión

Es usada para el manejo de niveles de bancos con las excavadoras. Es importante el manejo de piso para la eficiencia de la mina. Entre menos trabajo en el piso del banco, menos trabajo para estabilizar caminos, reduciendo costos para cada proyecto. También los tractores tienen la opción de alta precisión donde un diseño de una rampa puede ser archivado en el sistema del tractor. El operador simplemente selecciona el plan y sigue el diseño para hacer un trabajo óptimo. Tipo de antena y receptor es GG-24.

3.2.10. Data Radio en los Móviles

En vista que el Sistema Dispatch tiene que mantener una área de cobertura grande, la comunicación entre el sistema Dispatch y los equipos en el campo son por Spread Spectrum Data Radio, los cuales transmiten y reciben datos del Sistema Dispatch en tiempo real.

En los camiones, los Spread Spectrum Data Radios están ubicados externamente, enfrente de cada lado, para mantener una cobertura óptima. Cada Spread Spectrum Data Radio tiene un microprocesador con varios componentes y una antena de comunicación interna para una cobertura máxima.

La línea de vista es lo más óptimo para mantener una cobertura maximizada en la mina. Dos radios están ubicadas en cada camión para lograr este objetivo. Cada camión está garantizado para una cobertura constante especialmente en áreas de la mina con obstáculos como bancos, botaderos, y edificios, etc.

3.2.11. Puntos de Accesos Movibles

Para una mejor distribución de datos y cobertura más uniforme, los Puntos de Accesos Movibles están ubicados en zonas óptimas en la mina para maximizar el transporte de datos al Sistema Dispatch y equipos en la mina.

Durante el desarrollo de la mina, cada Punto de Acceso Movable pueden ser re-ubicados para mantener la cobertura máxima durante la vida de la mina.

3.2.12. Punto de Acceso Fijo

Los Puntos de Acceso Fijos tienen la misma función que tiene los puntos de acceso móviles y más. Depende de cómo este configurado, puede ser el Punto de Acceso Principal el cual está conectado con fibra óptica.

Existen Punto de Acceso Fijo configurados para AC (corriente alterna) o DC (corriente directa) dependiendo del lugar donde esté instalado para su alimentación.

3.2.13. Unidad Central (HUB)

El Hub de MMS es un componente que se mantiene solo y contiene un Microprocesador, un procesador genérico, receptor de GPS, sistema de monitoreo de signos vitales. Cada Hub es programado con software específico para su uso.

El Hub procesa información que recibe desde el Sistema Dispatch y desde el operador vía el monitor grafico (Consola Grafica de Color) y toma la acción adecuada.

3.2.14. Consola Gráfica de Color (C.G.C.)

La pantalla de CGC es la interface del operador de equipo con DISPATCH. La pantalla grafica despliega imagen en forma grafica simplificando el uso para el operador. También es la fuente de información para el operador cuando el Sistema

Dispatch envía los mensajes. Ejemplos de mensajes son: las asignaciones, llegadas, etc. La consola grafica es conectado a través del puerto CAN para MasterLink.

3.3. PRINCIPALES VENTANAS DEL SISTEMA DISPATCH

Las ventanas principales del Sistema Dispatch son:

- Ventana de Excepciones
- Ventana Rutas de Acarreos o Haul Road
- Ventana Pit Graphics

3.3.1. Ventana de Excepciones

Es la ventana que el despachador constantemente está atendiendo. En ella se generan excepciones producto de una ruptura del ciclo lógico de la operación.

En un ciclo de acarreo se tiene la llegada a la pala, el carguío del camión, el lleno del camión, la asignación, la llegada al destino, la descarga y la nueva

asignación a un punto de carguío que podría ser la misma pala. Sin embargo en algunas ocasiones se producen eventos que no están contemplados en este ciclo continuo de acarreo por ejemplo al llegar a la chancadora el camión debe esperar en cola a que salga otro camión, entonces el operador del camión coloca una **demora en chancadora** este código aparece en la ventana de excepciones y el despachador debe aceptar o rechazar dicha demora.

Existen muchas formas de generar una excepción como son las demoras operativas, demoras por mantenimiento, el estado stand by, el estado de malogrado, también cuando un operador accidentalmente pulsa en su Goic (pantalla) un evento que no está realizando o que no debería realizar por corresponder otro evento según el ciclo de acarreo, el sistema lo identifica y envía una excepción al Despachador para que la acepte o rechace.

3.3.2. Ventana Haul Road (Rutas de Acarreo)

La Ventana Rutas de Acarreo es la principal interface entre el Sistema Dispatch y el despachador de la mina. Es un despliegue gráfico, en tiempo real, que permite monitorear la ubicación y estado de cada camión (con estado de Listo y Demora) en las rutas de acarreo y puntos de destino (como palas, puntos de descarga, talleres, parqueo, áreas de cambio de turno, grifo) en forma continua.

Desde esta pantalla es posible realizar tareas de administración de la flota, como: crear asignaciones fijas entre camiones y palas, enviar camiones al grifo, cambiar el estado de una ubicación, inhabilitar a una pala y generar asignaciones para camiones en forma manual. La pantalla proporciona, además, acceso a varios módulos del Sistema Dispatch.

La pantalla Rutas de Acarreo presenta una visión clara de la operación de acarreo. En la pantalla Rutas de Acarreo hay tres secciones desde las cuales es posible monitorear la actividad de acarreo: pala a botadero, botadero a pala, y puntos de destino. Desde dichas secciones es posible ver cuáles rutas son activas, cuáles son inactivas y dónde están haciendo cola los camiones. También es posible ver, rápidamente, la ubicación y estado de cada equipo y punto de destino.

3.3.3. Ventana Pit Graphics

La ventana Pit graphics muestra un modelo de la mina, en esta ventana se observan de forma grafica las rutas de la mina, además se pueden ubicar los equipos según la necesidad del Despachador. Esta ventana es muy importante porque en ella se pueden ubicar los equipos en tiempo real por un comando de GPS.

Los caminos se actualizan a medida que cambia la mina, los equipos dejan unas huellas que son ubicadas en esta ventana y se puede modificar las rutas según cambia el desplazamiento de los equipos. Las huellas de los equipos son de diferente color y las que más inciden en el cambio del modelo son las huellas de los camiones.

En esta ventana se puede observar las mallas de perforación, además el avance en los taladros, cuantos taladros del proyecto faltan perforar.

Los gráficos presentados por esta ventana tienen una similitud con los graficados en diseñados en Autocad y modificarlos es rápido y sencillo.

3.4. ASIGNACIÓN DE CAMIONES POR EL SISTEMA DISPATCH

Existen dos formas de trabajar las asignaciones de los camiones con el Sistema Dispatch: asignaciones fijas o asignaciones dinámicas

3.4.1. Asignación Fija

Las asignaciones fijas consisten en utilizar un solo equipo de acarreo y un solo destino de descarga para un cierto número de camiones, el ciclo de carguío y acarreo se mantiene constante y solo es alterado si el despachador cambia las asignaciones de los camiones.

3.4.2. Asignación Dinámica

Las asignaciones dinámicas son aquellas que optimizan la producción. El despachador elige una programación según su criterio operativo y da alternativas al sistema Dispatch para que haciendo uso de sus algoritmos computacionales optimice la operación logrando una mayor producción.

3.5. ALGORITMOS DEL SISTEMA DISPATCH

3.5.1. Programación Mejor Ruta

El Modulo de Mejor Ruta es la programación que usa el Sistema Dispatch para determinar la ruta más corta entre dos puntos.

El Sistema Dispatch re calcula las rutas más cortas (por distancias no-tiempo) en cada punto en la mina a otros puntos entre la mina. Cuando un cambio es actualizado en la red de caminos o cuando un cambio es hecho en el modelo de

Programación Lineal, una re-calculación es forzado y la programación de Mejor Ruta hace una reevaluación de las rutas seleccionando las mejores rutas.

3.5.2. Programación Lineal

La Programación Lineal genera un *Plan Maestro Teórico* para maximizar la productividad de la mina. El plan de la Programación Lineal contiene circuitos óptimos entre palas a destinos que indican lo siguiente:

- Cuales palas deberían enviar camión a ciertos destinos y cantidad de camiones requerido a cada ruta desde la pala al destino.
- Cual puntos de descargue deberían enviar camiones a palas y también la cantidad de camiones en cada ruta a palas.

El modelo de Programación Lineal ve el circuito desde la pala al botadero como flujo constante. La Programación Lineal observa las rutas desde las palas a los botaderos como una correa de material o plomería de agua constante. Manteniendo el flujo de material constante entre palas y botaderos.

3.5.3. Programación Dinámica

La Programación Dinamia trata de lograr los flujos de material definido por la Programación Lineal, asignando recursos de camiones en tiempo real. Cuando los camiones piden asignaciones desde el campo a una pala, la Programación Dinámica trata de cumplir el plan de flujo de producción generado por la programación Lineal.

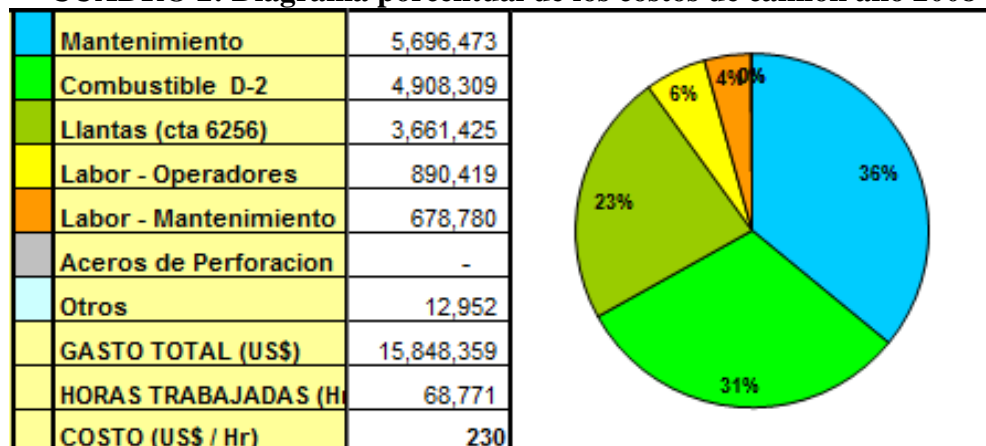
CAPITULO IV

ANTECEDENTES Y PLANES DE ACCIÓN

El costo de transportar el mineral del frente de minado hacia chancadora, a los diferentes stocks, botaderos o el transporte de mineral chancado del orebin a las celdas de lixiviación del pad es un costo muy significativo en la operación de la mina. El costo de acarreo es el costo operacional más alto con 0.4 \$/TM.

Como se puede apreciar en el gráfico inferior dentro del costo de acarreo el costo por consumo de combustible representa el 31 % del costo total siendo el segundo costo más alto del camión.

CUADRO 2: Diagrama porcentual de los costos de camión año 2008



FUENTE: DEPARTAMENTO DE COSTOS MINA LAGUNAS NORTE

4.1. COSTO HORARIO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES DE MINA AÑO 2008

Se muestran los costos horarios de los diferentes equipos de mina los mismos que se han tomado de base en el presente trabajo.

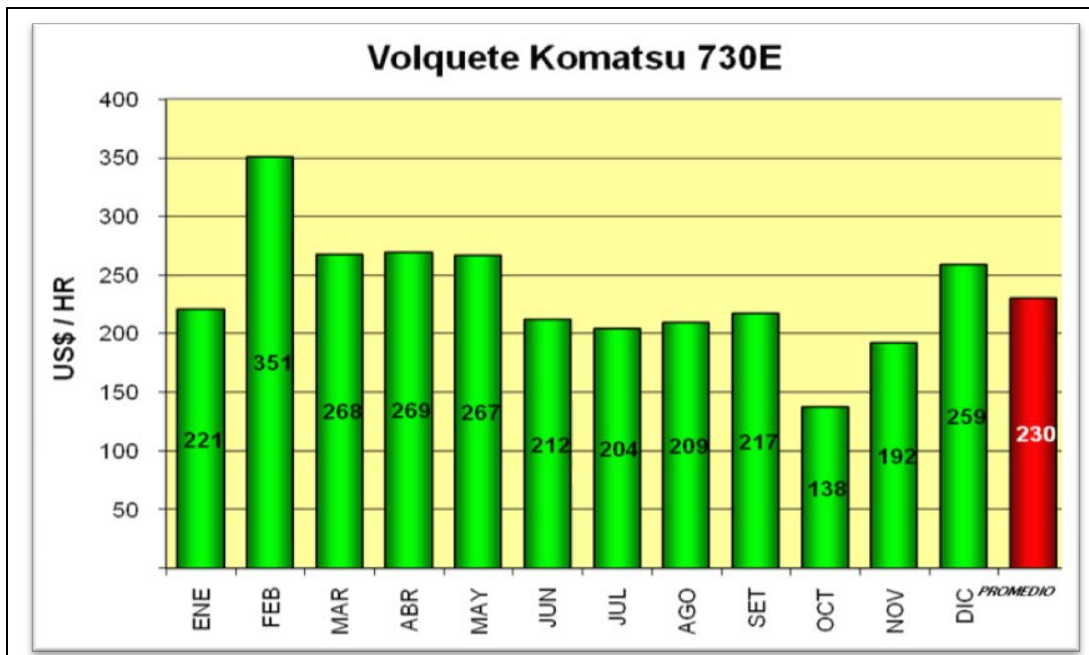
CUADRO 3: Costos Principales Equipos de Mina

Equipos Principales	US\$ / HR
Pala Hidráulica PC4000	815.57
Cargador WA1200	505.04
Volquete Komatsu 730E	230.45
Perforadora Reedrill SKS-12	292.06

FUENTE: DEPARTAMENTO DE COSTOS MINA LAGUNAS NORTE

4.1.1. Costo Mensual del Camión 730 en el Periodo 2008

CUADRO 4: Costo Promedio del Camión Periodo 2008



FUENTE: BASE DE DATOS DISPATCH

4.2. OPORTUNIDADES DE MEJORA

El objetivo de este trabajo es mejorar la utilización del consumo de combustible en La flota de camiones Komatsu 730 E para lo cual se identificará las oportunidades de mejora y se generará planes de acción desde el inicio del periodo del año 2009. Para este propósito se creó un TEAM de mejora de la utilización del combustible como parte del departamento de mejora continua de la Mina Lagunas Norte. Los planes de acción deben estar direccionados al control y la disminución de lo siguiente:

- Disminución de las demoras operativas evitables.
- Control del tonelaje transportado por camión.
- Mejora de las prácticas operacionales.

4.3. CONSUMOS DE COMBUSTIBLE EN EL PERIODO 2008

En el periodo 2008 se ha registrado un consumo cuyos promedios se encuentran entre 18,75 y 21,74 gl/h

CUADRO 5: Consumo de Combustible Mensual por Camión

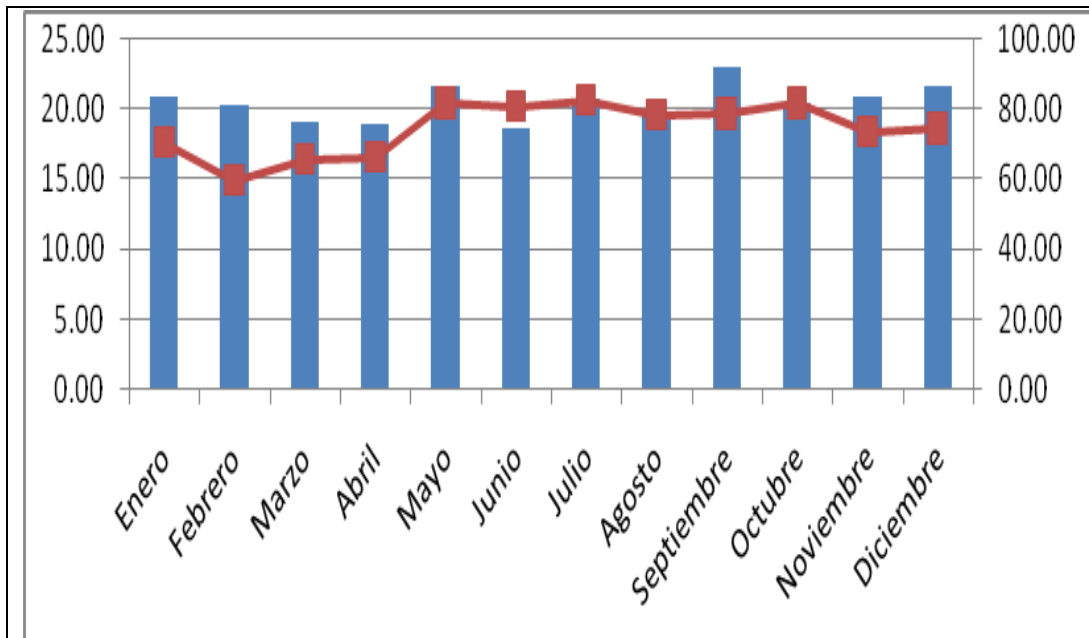
CAMIONES	g/h AÑO 2008											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
TK 01	21.11	20.31	19.26	18.68	19.97	18.21	21.09	19.47	22.75	20.76	21.65	21.75
TK 02	22.06	20.83	18.44	19.77	22.80	18.57	21.87	20.62	22.23	21.74	20.19	21.47
TK 03	20.37	20.18	18.25	19.18	20.52	18.50	20.70	19.30	20.71	19.79	21.15	21.69
TK 04	20.93	20.11	20.06	19.93	22.15	19.26	21.60	19.12	22.05	21.68	22.14	22.79
TK 05	21.83	20.18	19.37	19.52	21.23	16.95	20.68	19.62	22.80	20.05	20.24	21.46
TK 06	21.82	21.73	22.13	17.76	24.43	20.73	20.34	19.57	30.91	19.99	20.39	
TK 07	19.80	20.53	18.09	19.61	20.13	18.38	20.65	18.93	21.14	19.86	21.51	21.15
TK 08	21.33	20.03	17.84	18.30	21.72	19.11	19.95	19.95	24.11	20.75	20.52	22.58
TK 09	18.87	19.44	19.61	17.71	21.36	19.88	20.83	20.49	21.17	19.68	20.42	21.45
TK 10	20.94	20.00	17.87	18.88	21.85	17.86	20.09	19.36	22.29	20.43	21.65	21.31
Promedio	20.91	20.33	19.09	18.93	21.62	18.75	20.78	19.64	23.02	20.47	20.99	21.74

FUENTE: BASE DE DATOS SISTEMA DISPATCH

4.4. PROMEDIOS MENSUALES DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LOS CAMIONES EN GALONES/HORA

Según los datos obtenidos de la base de datos del sistema Dispatch se observa un consumo promedio combustible de 20 galones en época seca y 21 galones en época de lluvias. A continuación se observa un gráfico de barras que muestra los consumos promedio de combustible en galones por hora en el año 2008.

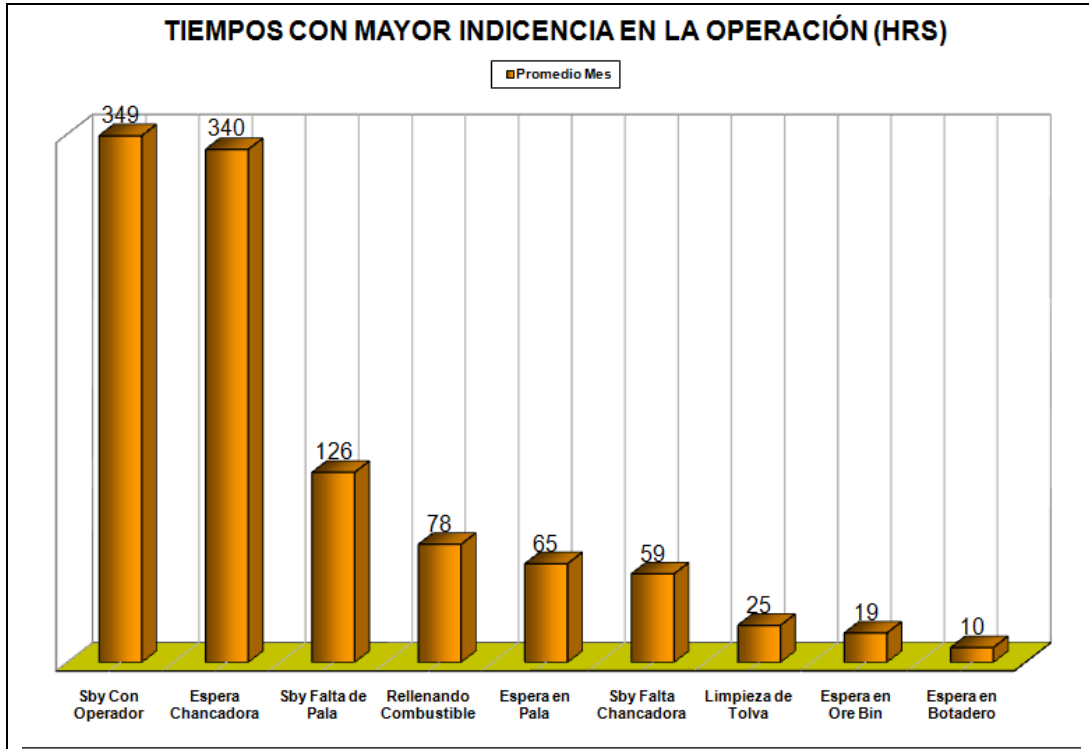
CUADRO 6: Consumo de Combustible en gl/h para el año 2008



FUENTE:BASE DE DATOS SISTEMA DISPATCH

4.5. DEMORAS OPERATIVAS CON MAYOR INCIDENCIA EN OPERACIONES MINA

Las demoras operativas en el año 2008 con mayor incidencia en operaciones mina son:

CUADRO 7: Tiempos con Mayor Incidencia en la Operación

FUENTE: DEPARTAMENTO DE MEJORA CONTINUA

4.6. DEMORAS INEVITABLES Y EVITABLES EN LA OPERACIÓN

Para determinar los planes de acción a seguir y poder disminuir las demoras operativas se agrupó las demoras en dos grupos:

- Demoras evitables
- Demoras inevitables

La oportunidad de mejora se centra en disminuir las demoras evitables, los planes de acción están encaminados en disminuir este tipo de demoras.

Una vez identificadas las demoras de mayor incidencia y de tipo evitables se determinara un límite teórico, un límite técnico y se compara con la situación actual para determinar un gap o diferencia sobre la cual se trabajara la mejora.

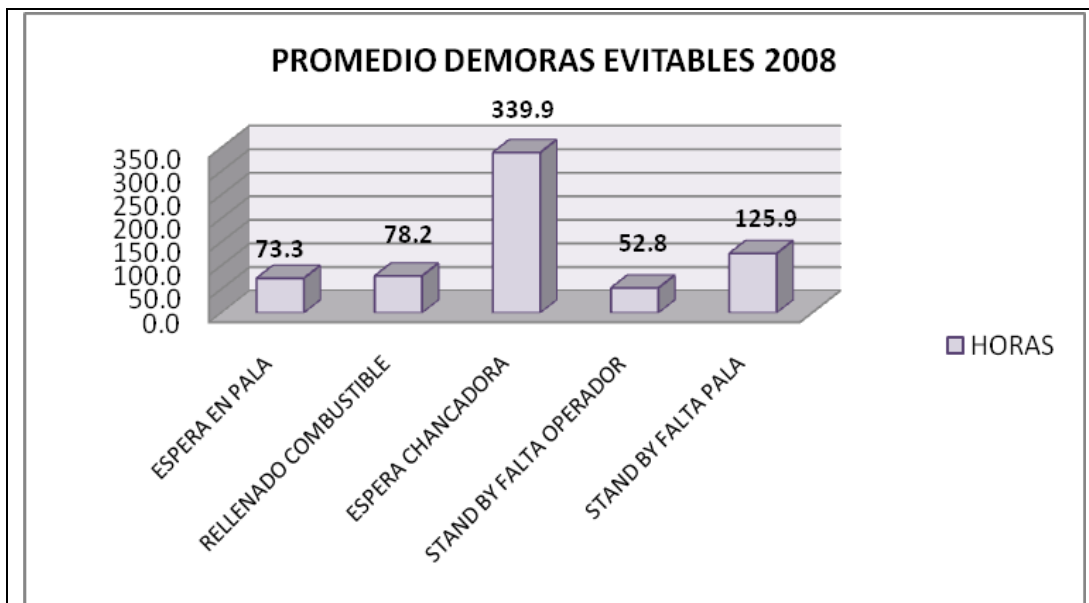
4.6.1. Demoras Evitables

Las demoras evitables son aquellas demoras sobre las cuales se tienen control, la oportunidad de mejora se encuentra en disminuir este tipo de demora.

Las cuales son: Espera en chancadora, rellenando combustible, espera en pala, espera en orebin, espera en botaderos, espera en stocks, demora por limpieza, demora por charla de seguridad.

A continuación se muestra un gráfico con las demoras evitables en la operación de mina del año 2008. Esta data fue recopilada del la base de datos del Sistema Dispatch.

CUADRO 8: Principales Demoras Evitables año 2008



FUENTE: BASE DE DATOS SISTEMA DISPATCH

4.6.2 Demoras Inevitables

Son aquellas demoras que están predeterminadas en duración y que siempre existen en la operación, además se incluyen las demoras sobre las cuales no se tienen control y ocurren repentinamente, tales como: demora por refrigerio, cambio de turno, limpieza de tolva, demora por disparo, cambio de operador, liberando la zona del disparo, necesidades fisiológicas, etc.

CUADRO 9: Duración de las Demoras Inevitables Año 2008

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total	Promedio
Refrigerio	204.7	218.6	205.7	178.6	145.1	136.5	142.7	175.7	109.0	148.9	149.8	123.7	1,939.0	161.6
Cambio de Turno	55.6	43.3	43.8	49.9	53.9	51.8	72.6	70.9	52.0	65.0	59.9	49.2	667.9	55.7
Limpieza de tolva + otras oper	55.6	43.3	43.8	49.9	53.9	51.8	72.6	70.9	52.0	65.0	59.9	49.2	667.9	55.7
Limpieza de Tolva ***	0.0	0.0	0.0	0.0	17.4	36.2	81.4	62.6	23.2	37.8	29.3	6.6	294.5	24.5
Otras Operaciones ***	54.7	30.0	45.7	61.3	33.7	8.3	2.5	2.2	0.3	1.9	10.3	2.5	253.4	21.1
Disparo	4.2	5.6	7.3	4.5	16.5	7.4	9.4	12.7	4.3	19.4	10.3	8.7	110.3	9.2
Cambio de Operador	7.5	3.8	3.2	3.4	4.0	5.7	8.8	6.9	8.1	6.5	2.9	5.4	66.2	5.5
Liberando Disparo	3.4	1.6	2.8	0.5	2.2	1.0	4.4	2.0	2.4	9.9	6.5	2.3	39.0	3.3
Necesidades Fisiologicas	3.3	2.5	2.9	2.6	3.6	2.0	3.1	2.2	3.7	2.4	3.8	1.2	33.3	2.8
Instrucciones	1.0	1.5	2.4	1.2	0.5	0.7	2.6	1.1	1.2	4.4	2.5	2.8	21.9	1.8
Inspección por Operador	0.6	0.0	0.4	0.0	0.6	0.8	0.7	0.9	1.5	2.3	4.6	3.0	15.4	1.3
Carretera Obstruida	0.2	0.0	0.7	0.4	2.7	0.4	2.2	0.6	1.5	0.2	1.0	0.4	10.3	0.9
UNDEF	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.1	0.0	1.1	3.9	8.0	0.7
Limpieza área Trabajo	0.9	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	4.8	6.7	0.6
Atoro Ore Bin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.7	0.1

FUENTE: BASE DE DATOS DEL SISTEMA DISPATCH

4.7. TONELADAS TRANSPORTADO POR CAMIÓN

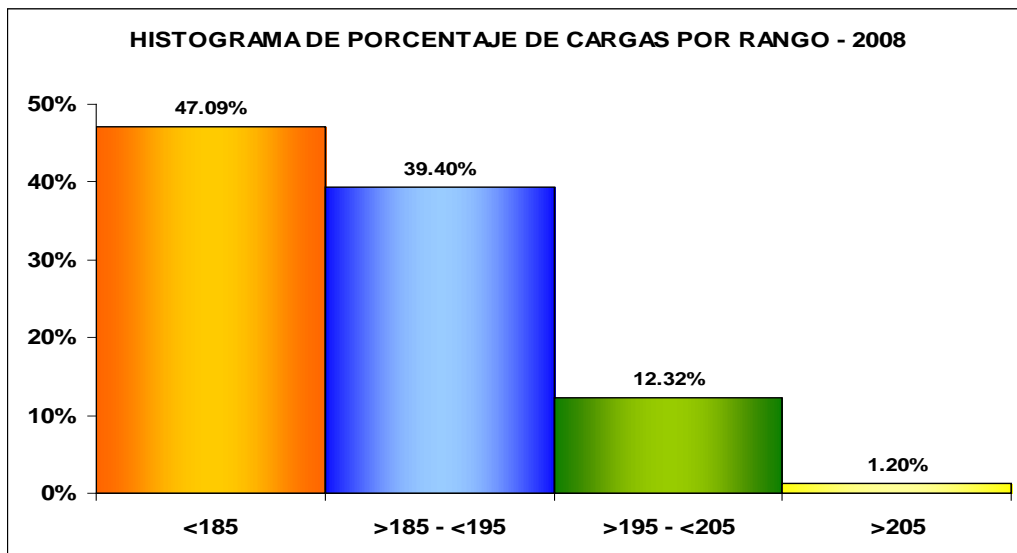
El tonelaje transportado por los camiones Komatsu 730-E debe ser en promedio 188 TM. Las cargas por debajo de 185 TM se consideran como sub cargas, estas sub cargas son perjudiciales para la producción puesto que el camión transporta menos toneladas por ciclo de minado.

En el año 2008 se produjeron 114 702 cargas por debajo de 185 TM, lo que representa el 47.09% del total de las cargas realizadas ese año.

El problema se genera al transportar cargas menores a las esperadas consumiendo igual combustible y moviendo menos tonelaje.

A continuación se puede observar una gráfica del periodo 2008 donde se observa los tonelajes transportados.

CUADRO 10: Histograma porcentual de distribución de cargas 2008



FUENTE: DEPARTAMENTO DE ENTRENAMIENTO MINA

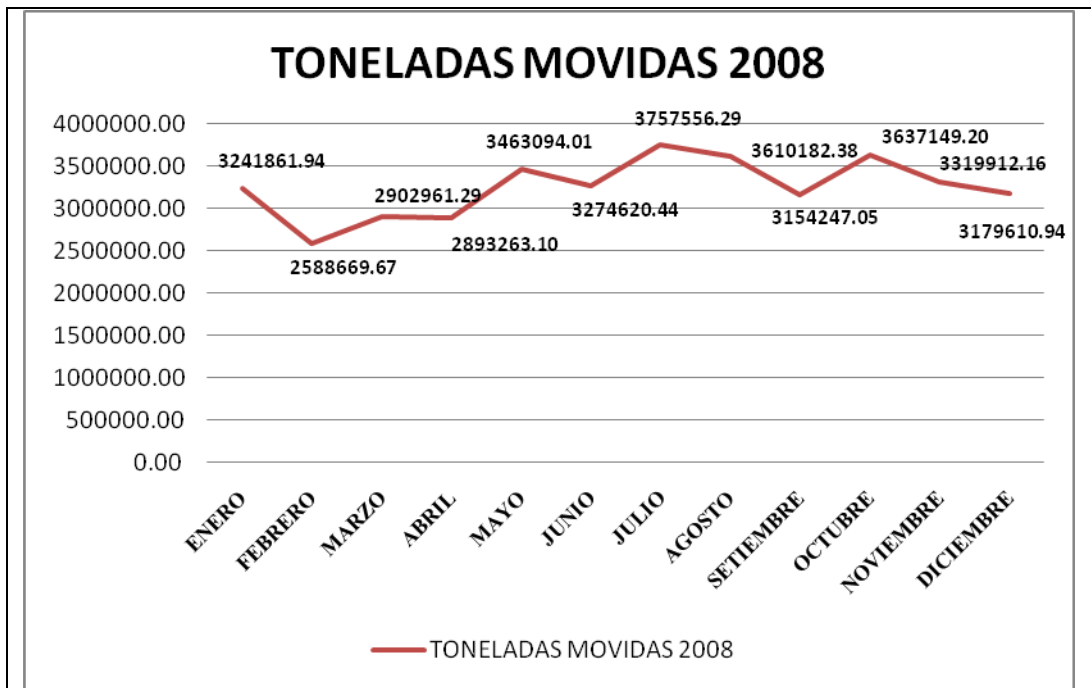
Estas sub cargas mostradas en la figura originó que se dejara de transportar 919 495.6 TM en el periodo 2008.

4.8. TONELAJE MENSUAL TRANSPORTADO Y EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL PERIODO 2008

La tabla mostrada a continuación muestra el tonelaje movido en los meses del año 2008 por los camiones Komatsu 730 E.

El promedio transportado mensualmente es de 3 251 927TM, y el tonelaje total movido el año 2008 es de 39 023 028 TM.

CUADRO 11: Tonelaje Movido en el Año 2008



FUENTE: DATOS OBTENIDOS DE LA BASE DE DATOS DEL SISTEMA DISPATCH

4.9. PLANES DE ACCIÓN PARA MEJORAR LA UTILIZACIÓN DEL COMBUSTIBLE

Con el fin de mejorar la utilización del combustible en los camiones Komatsu 730-E se detecto los principales problemas operativos que originaban un mal uso del combustible, estos problemas son:

- Exceso de las demoras operativas.
- Sub cargas de los camiones.
- Malos hábitos operativos.

Identificados estos problemas se procedió a realizar los planes de acción que mejorarían estos tres puntos identificados.

4.10. PLANES DE ACCIÓN

- Asignaciones de camiones en Dinámico colocando un “*throughput*” a chancadora en función al dato obtenido del Delta V. El software Delta V muestra las toneladas por hora que está pasando chancadora primaria en tiempo real. El sistema Dispatch indicará los camiones necesarios que requiere el ciclo de minado para satisfacer el requerimiento de chancadora.
- Cambiar el “**paradigma**” cobertura a chancadora por cumplimiento de producción.
- Reportes cada 4 horas de las sub cargas y sobrecargas de los camiones y equipos de carguío detectando posibles fallas en las calibraciones de las balanzas de los camiones.

- Apagado de motor de los camiones a partir del quinto minuto en mínimo. Esto ocurre principalmente por campaneo de chancadora teniendo los camiones cargados.
- Buscar alternativas de minado ante cualquier eventualidad con el fin de utilizar el mayor número de camiones operativos de forma eficiente.
- Al no tener palas operativas se verificará que los camiones estén 100% operativos.
- Abastecimiento de combustible a los camiones una vez al día.

4.11. DISMINUCIÓN DE LAS DEMORAS OPERATIVAS EVITABLES

Identificadas las demoras operativas evitables, y determinas aquellas demoras con mayor incidencia en la operación se procedió a generar un plan de acción que disminuya estas demoras.

El plan de acción contempla dos alternativas:

- Utilización del Stock pile principal como alternativa de descarga.
- Abastecimiento de la flota de camiones por turno.

4.11.1. Utilización del Stock Pile Principal Como Alternativa de Descarga

Con el objetivo de disminuir los tiempos de demora en chancadora se debe considerar la opción de otro punto de descarga, el Stock pile principal que se encuentra frente de chancado es el lugar elegido por su cercanía y por tener ley similar a la que se descarga en chancadora primaria, además al ser un stock es conveniente tenerlo siempre con material ante cualquier eventualidad de palas

averiadas o en caso de neblina densa que impida la circulación fluida de los camiones.

4.11.2. Utilización del Sistema Dispatch para Disminuir las Demoras en Chancadora

Para disminuir las demoras en chancadora utilizando el stock principal como alternativa de descarga sin descuidar la alimentación y cobertura a chancadora se debe realizar una aplicación en el sistema, aprovechando del recurso de programar dinámicamente el sistema asignándole un “throughput” adecuado a chancadora de acuerdo a las toneladas por hora que está pasando y habilitando el stock principal como punto de descarga.

Los pasos para realizar esta programación son los siguientes:

En el menú Keypad ingresar al menú Dumps (descargas) y habilitar la opción SP-Principal (stock principal), esto será tomado por el sistema como un destino en el cual se puede descargar como el tipo de material es M1 (mineral limpio) tiene las mismas características del mineral de chancadora el sistema lo asume como un posible destino de mineral.

En el menú Keypad ingresar al menú Shovel priority y colocarle un límite a chancadora, este límite se coloca de acuerdo al dato obtenido del Sistema Delta V. El Sistema Delta V es una pantalla donde se tiene datos de cuanto está pasando chancadora primaria, cual es el nivel del orebin y sirve al despachador de ayuda para tomar decisiones de cuantos camiones colocar en cada equipo de carguío o en el orebin para que no se eleve el nivel de material chancado, además da

información del nivel de la pila del chancado secundario la cual debe estar por encima del 50 % de lo contrario parará el circuito de chancadora secundaria hasta tener más material en la pila.

Teniendo las rutas actualizadas y la baliza virtual del recalcu de la programación dinámica ubicada estratégicamente se procede a correr el sistema en dinámico, el sistema requerirá el número de camiones necesarios para satisfacer los requerimiento de chancadora y al tener la opción de descargar en el SP principal evitará las colas en chancadora asignando automáticamente a los camiones excedentes en chancadora al stock principal.

Este procedimiento se puede emplear con uno o más equipos de carguío puesto que el sistema requerirá un número de camiones adecuados para cumplir las toneladas por hora que exige chancadora, si los camiones son excesivos el sistema colocara automáticamente camiones en stand by o de darle la opción LP MATCHTRUCK colocará una pala en stand by.

4.12. ABASTECIMIENTO DE LA FLOTA DE CAMIONES UNA VEZ POR TURNO

Con el fin de optimizar los abastecimientos de los diez camiones Komatsu 730-E en la operación se realizó estudio que involucre el relleno de combustible en dos turnos al día cinco camiones en el turno día y 5 camiones en el turno noche de esta forma los camiones abastecen una vez al día.

En el año 2008 no se tenía un control de abastecimientos por tal motivo los camiones abastecían cuando el operador lo solicitaba o cuando e grifo se

encontraba vacío, lo que originaba que un camión abasteciera 2 veces en un día y en algunas ocasiones hasta tres siendo esta práctica contraproducente.

Para enero del 2009 se acordó el abastecimiento por turnos y se emplea hasta la fecha. Con este método se disminuyó las demoras en *relleno de combustible* dando más tiempo de operación a la flota de camiones.

4.13. CONTROL DE TONELAJES TRANSPORTADOS POR CAMIÓN

4.13.1 Sistema Payload Meter III

Los camiones Komatsu 730-E cuentan con un sistema electrónico que monitorea y graba toda la información de carga a este sistema se le denomina PAYLOAD METER III.

Este sistema es de fácil comunicación para la transferencia de información con el sistema Dispatch.

El Sistema PAYLOAD METER III puede grabar hasta 5208 ciclos de carga y es de fácil visión al operador de estos valores cuando sea requerido.

Etapas del ciclo de carga y transporte

El sistema PAYLOAD METER III funciona de la siguiente manera:

Diez segundos después de la última descarga el sistema chequea que el camión este vacío para empezar un nuevo ciclo de carga para esto debe detectar que la carga restante sea menor al 20 % de la carga que ha sido transportada.

Mientras que el camión se transporta vacío a una velocidad mayor a 5 KPH un nuevo *sprung weight* (peso encima de las suspensiones) vacío de camión es calculado. Esta información es usada para poder calcular el *carry back* (carga pegada).

Durante la carga los frenos de traba deben ser aplicados. En ese momento se inicia el trabajo del *swingload* (pases de la pala), el Sistema PAYLOAD METER III cuenta los pases de la pala.

En la zona del equipo de carguío ya cargado el camión se tiene 160 metros para ubicarse nuevamente, cuando el camión recorrió más de 160 metros y alcanzó más de 5 KPH comienza a calcular un nuevo *sprung weigh* con carga.

La carga final del camión es calculada por la diferencia del *sprung weigh* cargado y el vacío.

4.13.2. Medidas de Control del Tonelaje de Camiones

Se consideraron las siguientes medidas de control:

4.13.2.1. Información de Cargas de los Camiones Incorporadas Como Una Ventana en el Despacho

Una de las medidas de control implementadas fue la incorporación de una ventana en el control de mina (Control Dispatch) para que el despachador pueda visualizar en tiempo real los tonelajes con los que están siendo cargados los camiones.

De esta manera se tiene el control visual del operador que está controlando su carga depositada por el equipo de carguío pase por pase y el control del despachador que está constantemente observando los tonelajes depositados en los camiones.

Este control por parte del despachador se realizó con el fin de generar un hábito en los operadores de chequear las cargas que están transportando y a medida que se convertía en una buena práctica y se hacía menos necesario este control.

4.13.2.2. Reporte Operativo de Cargas y Sub Cargas Cada 4 Horas

La segunda medida de control para controlar las sub cargas y sobre cargas es dar un reporte por canal 8 (canal de operaciones mina)

Los rangos de los tonelajes son:

- Menores a 185 TM como sub cargas
- De: 185 TM a 195 TM como cargas óptimas
- De: 195 TM a 205 TM como cargas aceptables que no deben ser mayores al 10% del total
- Mayores a 205 TM como sobrecargas, inaceptables.

El reporte radial incluye (canal 8 de operaciones) el total de sub cargas y sobrecargas por pala, cargador y orebin además del total de sub cargas y sobre cargas por camión.

Este control nos permite mejorar las cargas óptimas debido a la participación activa de los operadores de pala y de los operadores de camión así como detectar posibles fallas en las calibraciones de las balanzas de los camiones.

4.14. MEJORA DE LAS PRÁCTICAS OPERACIONALES

Este plan de acción consiste en capacitar y concientizar al personal en algunas técnicas operativas que contribuirán con la mejor utilización del combustible.

Se detectó dos principales eventos de consumo de combustible innecesario:

- Demoras excesivas con motor encendido.
- Los estados de Stand by con motor encendido.

Un motor de camión Komatsu 730-E consume un promedio de 3.13 Gal/h estando en mínimo es decir detenido (dato obtenido de Mantenimiento Mina, del software MineCare).

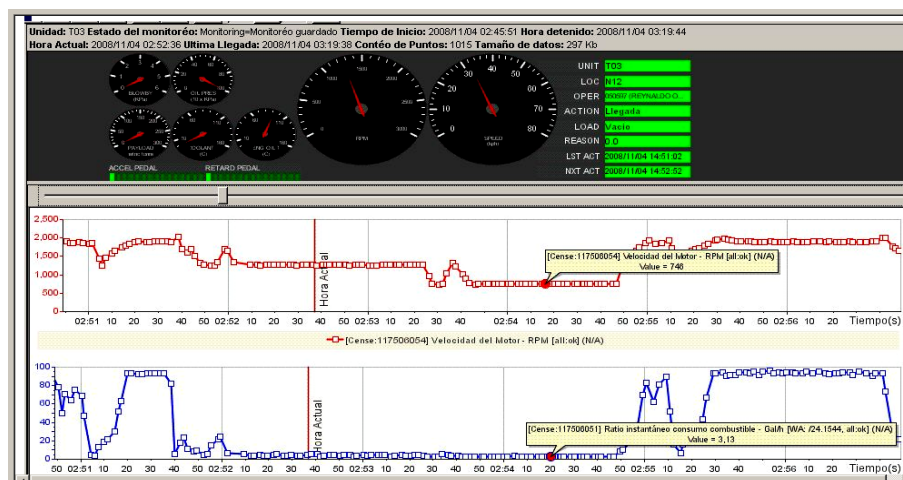


FIGURA 9: Consumo de combustible con Motor en Mínimo

FUENTE: MANTENIMIENTO MINA LAGUNAS NORTE SOFTWARE MINE CARE

4.14 .1 Demoras Excesivas con Motor Encendido

Se detectó que esta práctica generalmente ocurre cuando los camiones están esperando en chancadora y se produce un atoro el chancado primario que puede ser ocasionado por un metal detectado, un campaneó en la descarga o por algún motivo de falla de chancadora.

4.14.2 Plan de Acción

Cuando ocurren estas situaciones el primero en enterarse es el despachador, por su pantalla del sistema Delta V o por una llamada de procesos que avisa del inconveniente.

El plan de acción está en disminuir los tiempos en que el camión está detenido en mínimo esperando los 5 minutos que demora el temporizador del camión en apagar el equipo

El Despachador avisará por radio del inconveniente y los camiones que están en espera apagarán su motor después de 5 minutos de haberse dado la advertencia. Los camiones que se encuentran en ruta buscarán una ubicación donde la vía sea horizontal y procederán de la misma manera a apagar su motor.

CAPITULO V

RESULTADOS OBTENIDOS

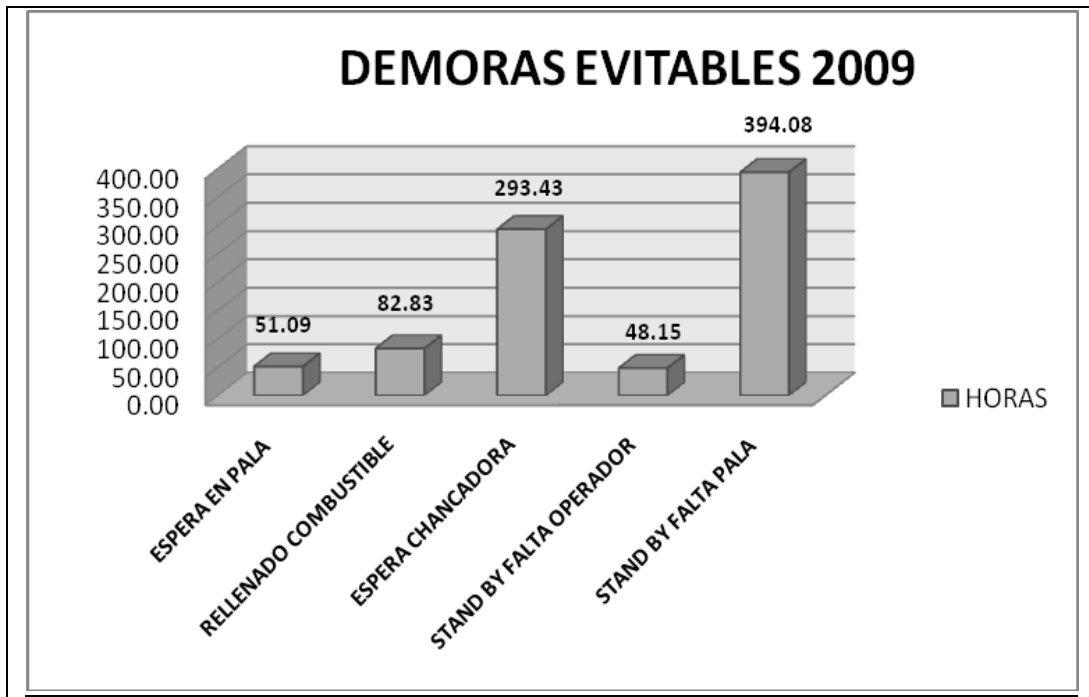
Identificada las oportunidades de mejora y realizados los planes de acción para mejorar los problemas determinados (entiéndase un problema como una oportunidad de mejora en un proceso), se realizó seguimiento continuo para poder afinar estrategias y medir resultados.

El periodo a evaluar empezó el primero de Enero del 2009 y continua hasta ahora, los resultados se pueden apreciar en las siguientes páginas y se obtuvieron hasta el mes de Setiembre del 2009.

5.1. PROMEDIO MENSUAL DE LAS DEMORAS EVITABLES DE MINA PERIODO 2009

A continuación se muestra un gráfico con el promedio de las demoras evitables en la operación de mina del año 2009. Esta data fue recopilada del la base de datos del Sistema Dispatch entre los mese de Enero a Setiembre del 2009.

CUADRO 12: Demoras Evitables Año 2009



FUENTE: DATOS OBTENIDOS DE LA BASE DE DATOS SISTEMA DISPATCH

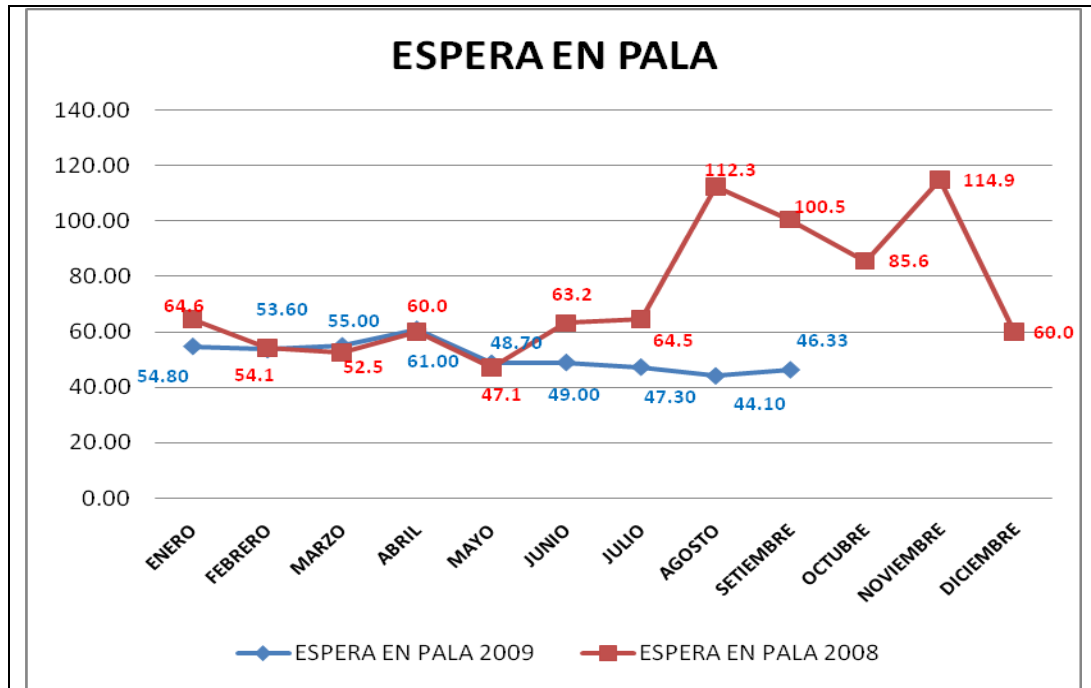
5.2. OPERACIONES MINA PERIODO 2008 VS PERIODO 2009

A continuación se muestra un gráfico comparativo con las demoras evitables obtenidas en el año 2008 y los meses de Enero a Febrero del año 2009 en la operación de mina.

5.2.1. Demora Espera en pala

En este gráfico se puede observar la demora total por meses debido a esta espera en los equipos de carguío por los camiones, esto se produce cuando la pala PC 4000 o Cargador WA 1200 se encuentra cargando un camión y el otro u otro están esperando que termine y puedan cuadrarse. El tiempo de espera queda almacenado como dato en la base de datos del Sistema Dispatch.

CUADRO 13: Línea de las Demoras en Palas

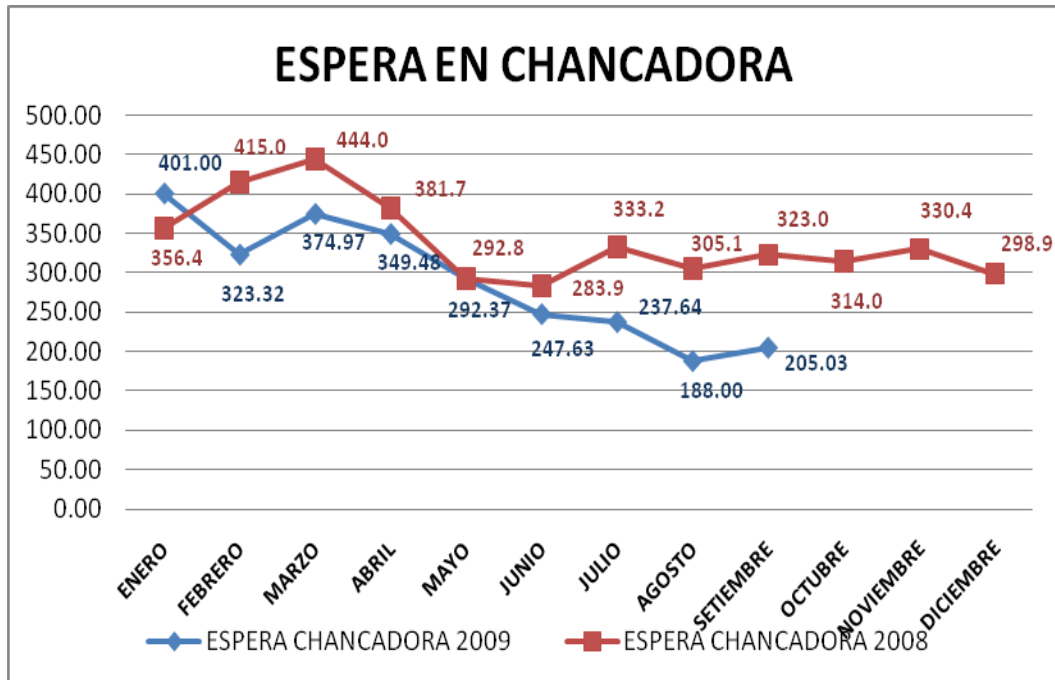


FUENTE: BASE DE DATOS DISPATCH

5.2.2 Esperas en Chancadora

El gráfico muestra los meses comprendidos desde Enero a setiembre del 2009 VS los meses transcurridos en el periodo 2008. Esta demora se produce cuando un camión llega a chancadora y hay otro en la descarga, inmediatamente después que el camión descarga el camión en espera se coloca operativo y ese tiempo queda almacenado en la base de datos del Sistema Dispatch.

FIGURA 14: Línea Espera en Chancadora

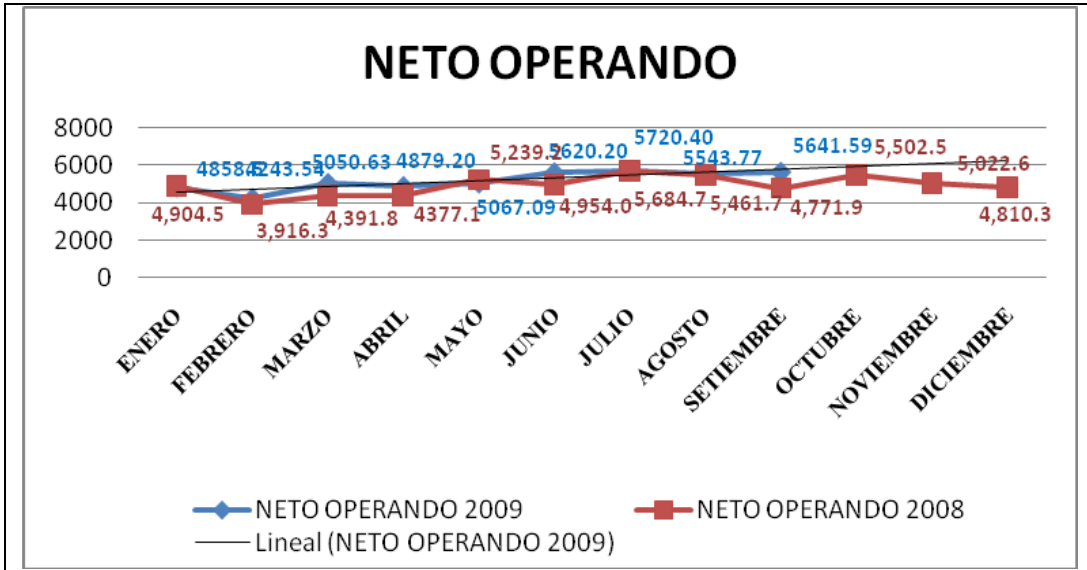


FUENTE: BASE DE DATOS SIATEMA DISPATCH

5.2.3. Comparativo Neto Operando

El Neto Operando comprende la suma de todos los tiempos en que los camiones se encuentran en el estado operativo ya sea en la Mina o en el Pad sin incurrir en ninguna demora es decir trasladándose a un destino de carguío o de descarga cargado o descargado.

CUADRO 15: Mensual Operativo de los Camiones 2008 vs 2009

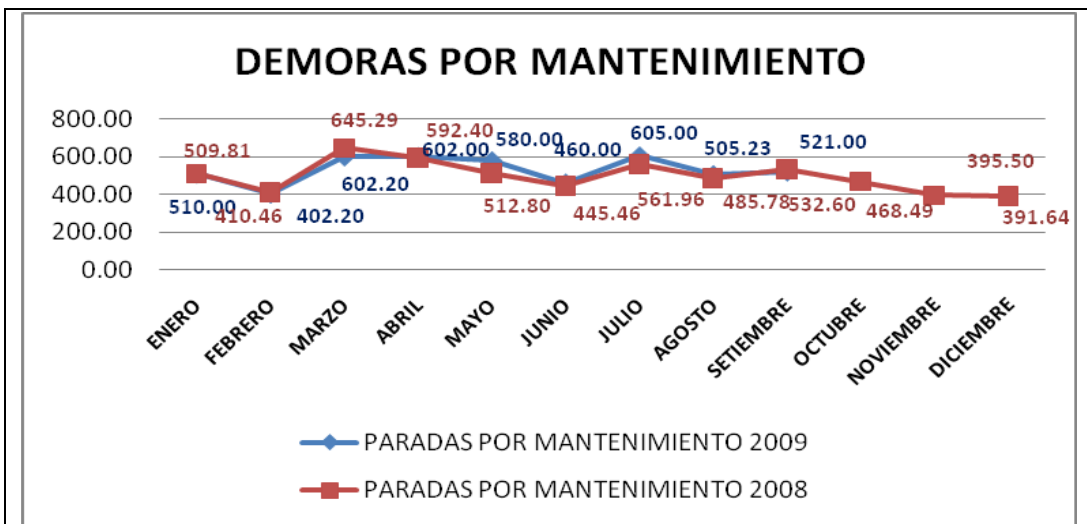


FUENTE: BASE DE DATOS SISTEMA DISPATCH

5.2.4. Demoras por Mantenimiento

Estas demoras comprenden los tiempos en que los camiones están malogrados: demoras esperando por mantenimiento, demoras evaluando mantenimiento, mantenimientos preventivos y reparaciones generales.

CUADRO 16: Demoras por Mantenimiento 2008 vs 2009



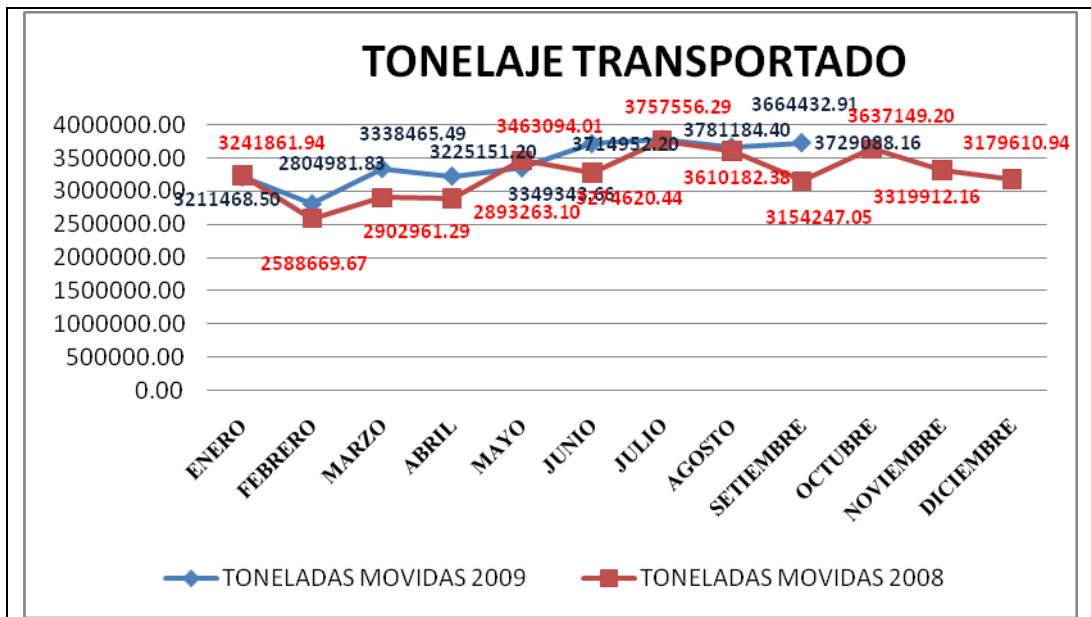
FUENTE:BASE DE DATOS SISTEMA DISPATCH

5.2.5 Toneladas Transportadas 2008 vs 2009

Este gráfico muestra los tonelajes transportados durante el periodo 2008 vs el periodo de enero hasta setiembre del 2009.

Los tonelajes mensuales movidos son: de los frentes o stocks a chancadora, de los frentes a stocks, material “rom” (material que va del frente o stocks al Pad sin pasar por chancadora), material desmonte movido a los botaderos y material lastre considerado como “inpit” (en el tajo) y el material chancado trasportado desde el Orebin (depósito de material donde se deposita el material chancado por chancadora primaria y secundaria y es cargado por camiones de mina) hasta las celdas del Pad.

CUADRO 17: Gráfico de línea el tonelaje movido el 2009 vs 2008



FUENTE: BASE DE DATOS SITEMA DISPATCH

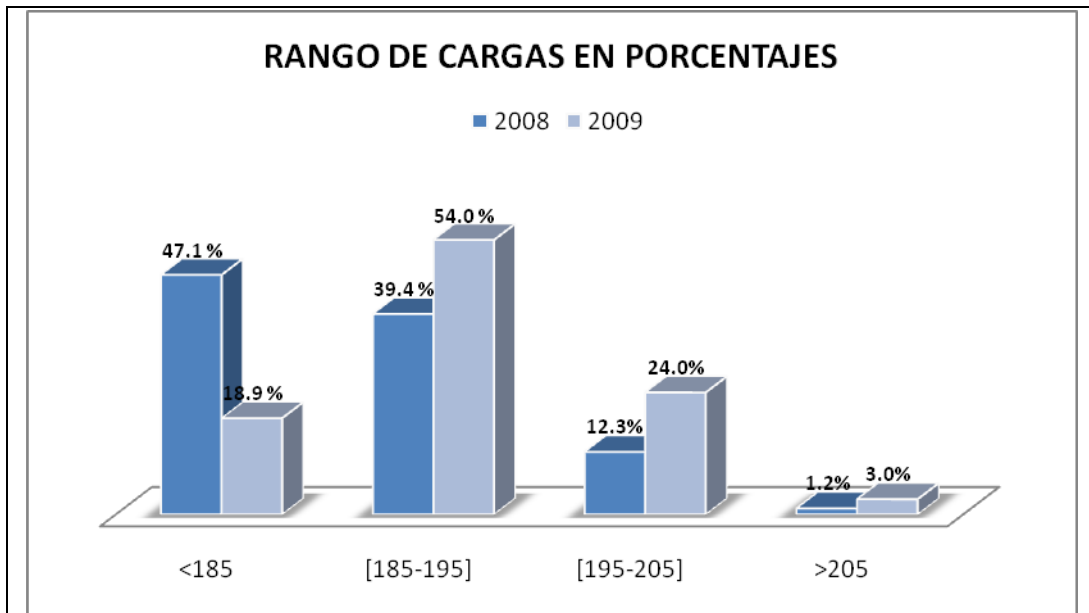
5.2.6. Porcentaje de Carga Año 2008 Vs 2009

Este gráfico muestra en porcentajes el número de cargas que se encuentran en los rangos:

- Menores a 185 TM como sub cargas
- De: 185 TM a 195 TM como cargas óptimas
- De: 195 TM a 205 TM como cargas aceptables que no deben ser mayores al 10% del total
- Mayores a 205 TM como sobrecargas, inaceptables.

Se ha realizado un comparativo de los meses de Enero a Setiembre del 2008 vs Enero a Setiembre del 2009.

CUADRO 18: Distribuciones de las Cargas Periodo 2008 vs 2009



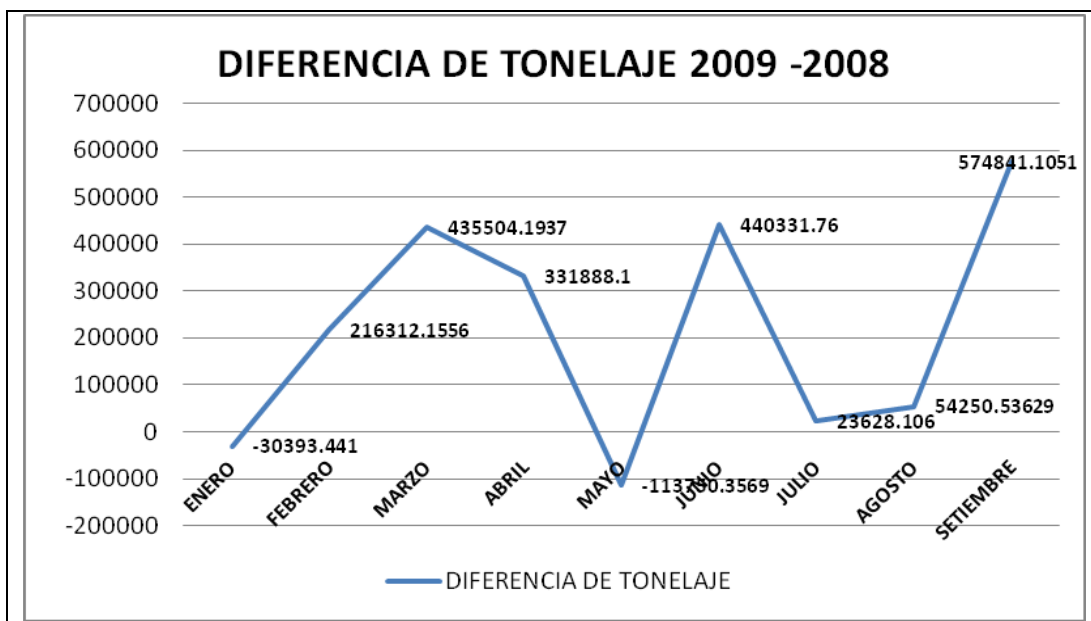
FUENTE: BASE DE DATOS SITEMA DISPATCH

CONCLUSIONES

1. Como se puede observar en las gráficas mostradas la disminución en las demoras evitables operativas con mayor incidencia como es la espera en chancadora y espera en pala fueron determinantes para aumentar el tiempo neto operando.
2. El aumento del tiempo neto operando produjo que se transportara más material, aprovechando de esta manera mejor la utilización de combustible, se logra un flujo más continuo de camiones menos tiempos muertos, mayor productividad.
3. La mejora en el carguío de los camiones mejorando el tonelaje cargado dentro de los rangos óptimos produjo un aumento de producción de material movido, movemos mayor tonelaje de material por viaje empleando lo mismo de combustible.

4. El aumento de producción de material movido del año 2009 de Enero a Setiembre comparado con el periodo de Enero a Setiembre del año 2008 fue de 1 932 612.16 TM.
5. El siguiente grafico muestra las diferencias de material entre los años 2009 y 2008 en los meses de Enero a setiembre.

CUADRO 19: Diferencia Mensual de toneladas 2008 vs 2009



FUENTE: BASE DE DATOS DISPATCH

6. La caída en el mes de enero se debe a que se estaban tomando los planes de acción pero no todas las guardias seguían el mismo objetivo.
7. El mes de mayo se produjo más demoras por mantenimiento lo que originó tener menos camiones operativos y menor tiempo operando
8. El beneficio económico hasta el mes de setiembre por el concepto de mayor movimiento de tonelaje es de 149 843 dólares en ahorro respecto al mismo periodo del 2008.

RECOMENDACIONES

- Trabajar en dinámico así se tenga una sola pala operativa teniendo en cuenta las toneladas por hora que pasa chancadora y realizando una programación del Sistema Dispatch que represente realmente lo que ocurre en la operación.
- El abastecimiento de combustible una vez al día disminuye los traslados innecesarios al grifo de los camiones favoreciendo el neto operando.
- Concientizar a los operadores de camión sobre la importancia de apagar el motor a los 5 minutos de estar en mínimo teniendo en cuenta que un camión consume 3.13 gl/hora estando en mínimo.
- La cobertura a chancadora como KPI no contribuye a mejorar la producción por el contrario aumenta las demoras en chancadora. Consideramos que debe ser sustituida por una programación adecuada del sistema lo que dará fluidez a los camiones aprovechando mejor nuestros recursos.

- Los reportes de sub cargas y sobrecargas cada 4 horas actúan como un control a los operadores tanto de pala como camión para poder corregir antes de que se siga incrementando estas cargas y nos ha servido para poder enviar a regular las balanzas de los camiones a tiempo.
- Equipos de carguío malogrados trae como consecuencia camiones en stand by es el momento oportuno para realizar trabajos pendientes en los camiones que puedan realizarse sin perjudicar nuestra producción.

BIBLIOGRAFIA

- REPORTES DISPATCH BARRICK LAGUNAS NORTE
- REPORTES INTERNOS DE OPERACIONES BARRICK LAGUNAS NORTE
- MANUAL UTILIZANDO DISPATCH ITELLIMINE