

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**“INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD MINA MEDIANTE  
HERRAMIENTAS SIXSIGMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR:

**LUIS ABRAHAM LEVANO CRESPO**

**LIMA – PERU**

**2012**

## **DEDICATORIA**

A mi amada esposa y colega ingeniera, Ana Lucia Diaz Tejada. Tu apoyo y estímulos constantes hicieron posible esta tesis.

A mis padres y hermanos que siempre han estado a mi lado para respaldarme, apoyarme y muchas veces levantarme.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero empezare agradeciendo a mis profesores de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), mis asesores para la tesis que contribuyeron con valiosas observaciones y a los que en las aulas de clase inculcaron la capacidad de análisis que un Ingeniero debe tener.

Quiero también agradecer a Ramiro Zúñiga Chambi un amigo con el que trabajamos juntos en el proyecto Six Sigma en Tintaya y sin su buena organización e ideas este proyecto no hubiera sido viable.

Deseo agradecer principalmente a Dios que me prestó la vida y me brindo la oportunidad de participar en este proyecto que ahora se convierte en mi tesis.

## INDICE

### INTRODUCCIÓN

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2	OBJETIVOS	3
3	HIPÓTESIS	4
4	VARIABLES	4
5	MATERIAL DE ESTUDIO	5
6	METODOLOGÍA	8

### CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1	AMERICANSOCIETY FOR QUALITY (ASQ)	10
1.2	JACK WELCH DE GENERAL ELECTRIC	10
1.3	ESTRATEGIA DEL NEGOCIO	11
1.3.1	Benchmarking	11
1.3.2	Meta	11
1.4	METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN DE PROYECTOS O	11

	<b>PROBLEMAS</b>	
1.4.1	Metodología DMIAC	12
1.4.2	Herramientas	12
1.5	<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS</b>	16
1.5.1	¿Qué es Sigma?	16
1.5.2	¿Qué es el Six Sigma?	16
1.5.3	Problema	18
1.5.4	Histograma	18
1.5.5	Diagrama de Pareto	18
1.5.6	Diagrama de Ishikawua	19
1.5.7	Sistema de Medición	19
1.5.8	Precisión	20
1.5.9	Exactitud	20
1.5.10	Gráficas multivari	20
1.5.11	Throughput Yiel (TY)	20

## **CAPÍTULO 2: ASPECTOS GENERALES**

2.1	UBICACIÓN	21
2.2	ACCESIBILIDAD	21
2.3	TOPOGRAFÍA Y CLIMA	23
2.4	FLORA Y FAUNA	23
2.4.1	Flora	23
2.4.2	Fauna	24

2.5	ESTRATIGRAFÍA	24
2.5.1	Formación Mará (Neoconiano Superior Aptiano)	25
2.5.2	Geología Estructural	27
2.5.3	Alteraciones Hidrotermales	31
2.5.4	Geología del Yacimiento	32

### **CAPÍTULO 3: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE CARGUÍO Y ACARREO**

3.1	CAMBIO DE GUARDIA	41
3.1.1	Mapa de proceso anterior	41
3.1.2	Mapeo de proceso actual	44
3.1.3	Cambio de guardia equipo de acarreo	50
3.1.4	Cambio de guardia de equipo de carguío	52
3.1.5	Cambio de guardia de equipo de carguío	56
3.1.6	Carguío	59
3.2	ANÁLISIS DE TIEMPO PERDIDO EN ACARREO Y CARGUÍO	62
3.2.1	Análisis desde el equipo de acarreo	62
3.2.2	Análisis desde el equipo de carguío	62
3.2.3	Pérdidas del sistema	63
3.2.4	Análisis del Problema	65
3.3	PRIMER PASE CON PRESENTACIÓN DE BALDE	66
3.3.1	Factores que condicionan el primer pase $Y=F(Xs)$	67

3.3.2	Procedimiento de operación de palas eléctricas	69
3.3.3	Mapeo de Proceso Actual	70
3.3.4	Estado Actual: Inspecciones visuales	75
3.3.5	Prácticas actuales de operadores en primer pase	76
3.3.6	Rendimiento por equipo y guardias (primer pase)	79
3.3.7	Impacto del primer balde en el ciclo de carguío	81
3.3.8	Cuantificación de Pérdidas	88
3.4	CICLO PARCIAL DE CARGUÍO	90
3.4.1	Factores que determinan el ciclo parcial de carguío $Y=F(x)$	92
3.4.2	Tiempo parcial de carguío	94
3.4.3	Ciclo Parcial de Carguío por Operadores y Equipos	96
3.4.4	Ciclo Parcial de Carguío por Equipos, Guardias y Turnos	100
3.5	LIMPIEZA DE FRENTE	103
3.5.1	Factores que condicionan la limpieza de frente $Y=F(x)$	104
3.5.2	Procedimiento de tractor de llantas	106
3.5.3	Mapa del proceso actual (de acuerdo a los procedimientos)	109
3.5.4	Archivos visuales	110
3.5.5	Análisis y cuantificación de datos	112
3.6	TIEMPOS DE OPERACIÓN Y TIEMPO DEL CICLO DE GARGUÍO	117

3.6.1	Tiempo de maniobra de los camiones Komatsu 830 E	118
3.6.2	Tiempo del Ciclo de Carguío (Punto de vista de operadores de camión)	136
3.7	COLAS Y ESPERA DE CAMIÓN	145
3.7.1	Colas en equipo de acarreo	147
3.7.2	Espera de Camión	158

#### **CAPÍTULO 4: PROPUESTAS Y BENEFICIOS PARA CARGUIO Y ACARREO**

4.1	CAMBIO DE GUARDIA	164
4.1.1	Propuestas de mejora	165
4.2	CAMBIO DE GUARDIA	175
4.2.1	Beneficios tangibles (Waterfall-Chart)	175
4.2.2	Plan de Acción	177
4.3	LIMPIEZA DE FRENTE	179
4.3.1	Plan de Acción	179
4.3.2	Propuesta	181
4.3.3	Beneficios Tangibles	182
4.3.4	Solución para ambos casos	183
4.3.5	Benchmark. Cuajone SPCC	185
4.4	TIEMPOS DE OPERACIÓN Y TIEMPO DEL CICLO DE CARGUÍO	186
4.4.1	Maniobra de Ingreso a Zona de Carguío	186



4.4.2	Maniobra de descarga en Botadero y Stock	189
4.4.3	Tiempo del Ciclo de carguío	192
4.5	COLAS Y ESPERA DEL CAMIÓN	197
4.5.1	Colas	197
4.5.2	Espera de camión	199

## **CAPÍTULO 5: JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

5.1	BENEFICIO ECONÓMICO DEL PROYECTO	205
5.1.1	Beneficio Económico para cambio de guardia	205
5.1.2	Beneficio económico para la implementación de la barrera física	206
5.1.3	Beneficio Económico por la capacitación a despachadores	206
5.1.4	Beneficio Económico total del proyecto.	207
5.2	COSTO DEL PROYECTO SIX SIGMA	208
5.2.1	Costo de la mejora de cambio de guardia	208
5.2.2	Costo de la mejora de cambio de guardia	210
5.2.3	Costo del personal Realizador del Proyecto Six Sigma	211
5.3	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	211
5.3.1	Evaluación económica de proyecto Six Sigma	212
5.3.2	Evaluación económica de entrenamiento a despachadores	213

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**GLOSARIO**

**ANEXOS**

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01. Organigrama del Equipo de Análisis	40
Gráfico 02. Inicio y Fin de Turno de operador de pala y camión	43
Gráfico 03. Inicio y Fin de Turno de operador de pala	44
Gráfico 04. Inicio y Fin de Turno de operador de pala trasladado en camioneta	46
Gráfico 05. Inicio y Fin de Turno de operador de camiones y equipo auxiliar	48
Gráfico 06. Inicio y fin de turno de equipos de acarreo	50
Gráfico 07. Inicio de turnos de equipos de carguío	54
Gráfico 08. Fin de turno de equipos de carguío	55
Gráfico 09. Match entre Operadores de Acarreo Inicio y Fin de Turno.	56
Gráfico 10. Etapas del Cambio de Guardia en Acarreo	58
Gráfico 11. Match entre operadores de carguío, inicio y fin de turno	59
Gráfico 12. Etapas del Cambio de guardia en carguío	61
Gráfico 13. Procedimiento escrito de trabajo, actividad: Operación de palas eléctricas	69
Gráfico 14. Mapa de Proceso del Primer Pase (de acuerdo al Procedimiento)	71
Gráfico 15. Mapa de Proceso del Primer Pase (sin el Procedimiento).	73
Gráfico 16. Gráfica Boxplot de Tiempo del Primer Pase por Operadores Pase	77
Gráfico 17. Gráfica Multi-Vari de Tiempo del Primer Pase por Turno y Equipo	79
Gráfico 18. Graphical Summary del Tiempo del Primer Pase presentando el balde	81
Gráfico 19. Graphical Summary del Tiempo de la presentación del balde	84
Gráfico 20. Graphical Summary del Tiempo sin la presentación del balde	86
Gráfico 21. Boxplot de Tiempo del primer pase	87
Gráfico 22. Multi-Vari de tres pases entre Operadores y Equipos	97
Gráfico 23 Multi-Vari de dos pases entre operadores y equipos	98
Gráfico 24. Multi-Vari por equipos, guardias y turnos. (Desmante)	100
Gráfico 25. Multi-Vari por equipos, guardias y turnos. (Mineral)	101
Gráfico 26. Procedimiento Escrito de Trabajo (Tractor de Llantas)	107
Gráfico 27. Proceso de Limpieza del Frente (Tractor de Llantas)	109

Gráfico 28. Multi-Vari de Maniobra para Ingreso a Carguío	122
Gráfico 29. Multi-Vari. Mejores Técnicas de Maniobra para Ingreso a Carguío	124
Gráfico 30. Multi-Vari, Técnicas Promedio de Maniobra para Ingreso a Carguío	125
Gráfico 31. Multi-Vari. Técnicas a Mejorar de Maniobra para Ingreso a Carguío	126
Gráfico 32. Multi-Vari. Promedios de Maniobra de descarga en Botadero y Stock	128
Gráfico 33. Multi-Vari. Mejores Maniobras de descarga en Botadero y Stock	131
Gráfico 34. Gráfico 34. Multi-Vari. Tiempos a Mejorar de Maniobra de descarga en Botadero y Stock	132
Gráfico 35. Multi-Vari. Tiempo de Operadores en diferente Pala y Guardias	136
Gráfico 36. Box-Plot. Tiempos del Ciclo de Carguío	137
Gráfico 37. Multi-Vari. Tiempos del Ciclo de Carguío	138
Gráfico 38. Individual Value-Plot. Operadores con Promedio Alto	139
Gráfico 39. Individual Value-Plot. Operadores dentro del Promedio	140
Gráfico 40. Individual Value-Plot. Operadores con bajo Promedio.	141
Gráfico 41. Box-Plot. Rendimiento de Operadores de Carguío.	142
Gráfico 42. Ejemplo de colas en Equipos de Carguío	145
Gráfico 43. Mapeo del proceso de acarreo	152
Gráfico 44. Análisis de Causa-Raíz.	153
Gráfico 45. Time Series Plot de Colas de los Camiones Komatsu 830E.	156
Gráfico 46. Procedimiento de espera del camión Komatsu	159
Gráfico 47. Análisis de Causa Raíz.	160
Gráfico 48. Mapeo del proceso de cambio de guardia en caliente (P:A) – PROPUESTA A	168
Gráfico 49. Mapeo del proceso de cambio de guardia en caliente (P:A) – PROPUESTA A	170
Gráfico 50. Waterfall-Chart. Pronostico de la Producción	177
Gráfico 51 Mapeo del Proceso de Limpieza de Frente	181
Gráfico 52. Waterfall-Chart. Pronóstico de la Producción	183
Gráfico 53. Visualización, vista de planta y perfil	185
Gráfico 54. Pronóstico de beneficios anuales	195

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 01. Pérdidas en el sistema para cambio de guardia	63
Cuadro 02. Principales factores que influyen en la salida del primer pase	67
Cuadro 03. Ubicación de los operadores según sus palas y guardia	78
Cuadro 04. Datos de presentación del balde	88
Cuadro 05. Cuadro de Cuantificación de Pérdidas	89
Cuadro 06. Cuantificación de Pérdidas	90
Cuadro 07. Datos de la presentación del balde	92
Cuadro 08. Resumen de las gráficas summary	95
Cuadro 09. Base de Datos de la Limpieza de Frente	112
Cuadro 10. Hipótesis del tiempo de limpieza de frente	114
Cuadro 11. Pronóstico de la producción. Limpieza de frente	115
Cuadro 12. Datos de Análisis en Limpieza de Frente	116
Cuadro 13. Cuantificación de Limpieza de Frente	116
Cuadro 14. $Y=F(x)$ Maniobra de ingreso en Zona de carguío	119
Cuadro 15. Resumen de Ingreso para Zona de Carguío	123
Cuadro 16. $y = f ( x )$ para Maniobra de Descarga en Botaderos y Stock.	127
Cuadro 17. Resumen de Maniobra de Descarga en Botaderos y Stock	129
Cuadro 18. Cuantificación de Pérdidas por Velocidad del ciclo de carguío	143
Cuadro 19. $Y= F(X)$ Para Colas de Equipos de Acarreo.	149
Cuadro 20. Ganancias de Toneladas Anuales por Cambio de guardia	172
Cuadro 21. Aumento de Productividad en Toneladas por Camión.	173
Cuadro 22. Toneladas adicionales por mejores prácticas	174
Cuadro 23. Cuantificación de mejoras por Presentación del Primer Pase.	175
Cuadro 24. Beneficios Proyectados	176
Cuadro 25. Beneficios proyectados	182
Cuadro 26. Operador de maniobra de ingreso a mejorar	189
Cuadro 27. Operadores de Maniobra de descarga, a mejorar	191
Cuadro 28. Cálculo de beneficios de toneladas	193
Cuadro 29. Beneficios proyectados	193
Cuadro 30. Antigua distribución de operadores de pala	197
Cuadro 31. Nueva distribución de operadores de pala	197
Cuadro 32. Cálculo de pérdidas por disminución de colas	202
Cuadro 33. Beneficio de disminución de colas	203
Cuadro 34. Datos Generales para Determinar la Ganancia Anual por Cambio de guardia.	205
Cuadro 35. Ganancia Anual por Implementar la barrera física.	206
Cuadro 36. Ganancia Anual por Disminución de colas	207
Cuadro 37. Beneficio total de proyecto Six Sigma	207
Cuadro 38. Costo Total de la implementación de cambio caliente	209
Cuadro 39. Costo Total de la implementación de barrera física	210
Cuadro 40. Costo de personal	211
Cuadro 41. Beneficio Costo Proyecto Six Sigma	212

Cuadro 42. Análisis Financiero del proyecto	213
Cuadro 43. Beneficio Costo Disminución de Colas	213
Cuadro 44. Beneficio Costo Proyecto Six Sigma	214

## **INDICE DE FOTOS**

Foto 01. Visualización del proceso del primer pase (sin el procedimiento)	75
Foto 02. Visualización del Proceso del Primer Pase (sin el Procedimiento)	76
Foto 03. Visualización de Limpieza de Frente	110
Foto 04. Visualización de Colas de Camiones en las Palas.	
Foto 05. Visualización de Colas de Camiones en las Palas.	147
Foto 06. Visualización de Colas de Camiones en las Palas.	148

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 01. Ubicación de BHP Billiton Tintaya en el Peru y el Cusco	22
Figura 02. Columna Estratigráfica de Tintaya	27
Figura 03. Geología Regional del distrito de Tintaya	33

## INTRODUCCIÓN

La importancia de éste proyecto es la optimización de los procesos unitarios en el área de operación mina; sobre el cual tiene impacto directo el presente estudio el cual permitirá observar mediante Six Sigma los procesos críticos de nuestra operación.

Al aplicar la gestión Six Sigma en el largo plazo va a implicar un impacto acumulativo en los resultados, al mejorar el “*ThoughtPut*” en los procesos claves, para un incremento de la capacidad, para reducir la cantidad y el costo del re-trabajo.

Para el caso de indicadores que van a medir cada actividad y determinar parcialmente si estas actividades son críticas y a la vez demandan un mayor tiempo acumulado en el desarrollo de un determinado proceso. Además nos permiten hallar en los procesos que fueron evaluados, puntos críticos y que éstos implican pérdida parcial y significativa para la empresa.

Es necesario mencionar que las evaluaciones, mediciones realizadas preliminarmente indican la naturaleza de nuestros defectos llegando a observar que gran parte de estos procesos son afectados por la falta de motivación, siendo un punto imprescindible a tomar en la realización de este proyecto.

Lo cual ya fue demostrado en un estudio realizado por el Área de Six Sigma, en minera Escondida (Chile) perteneciente a la misma corporación de Tintaya, Indican que la falta de motivación es consecuencia de la actividad repetitiva y monótona que realizan los trabajadores durante años; afectando directamente el rendimiento, también ocurre un efecto rebote con la aceptabilidad que tienen dichos operadores al cambio de nuevos procesos y a la reconversión laboral.

No existen trabajos anteriores en nuestro medio en donde se aplique Six Sigma para el incremento de la productividad en Mina, es motivo por el cual la corporación en la División Base Metal y en la unidad de producción BHP Billiton Tintaya requirió el apoyo de información a la mina "Cerrejón" que se encuentra ubicada en Colombia que pertenece a la misma corporación, indicando en su prueba piloto, que la información obtenida en los tajos EWP y Patilla, han logrado su objetivo principalmente probando el potencial de mejora basado en la productividad. Estos mejoramientos han excedido las metas del diagnóstico confirmando el potencial de lograr las reducciones de inversión del capital, se han identificado barreras que nos impiden capturar este potencial de una manera sostenible.



Por todo esto el presente proyecto busca detectar puntos críticos en los procesos de carguío y acarreo, que puedan generar pérdida en la producción de forma significativa y que finalmente conduzca a tomar acciones inmediatas en los respectivos procesos de la operación consiguiendo que BHP Billiton Tintaya se mantenga como Empresa Minera Líder y de Clase Mundial.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Qué oportunidades de mejora hay en la operación sin ser identificadas?,  
¿Qué pérdidas nos están generando las restricciones que tenemos en la operación o los cuellos de botella? ¿Es necesario hacerlo así? ¿El costo por tonelada puede ser mejor?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivos generales**

Determinar las pérdidas que con leván los puntos críticos hallados en los procesos y actividades de la Operación Mina.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Comprometer y retroalimentar a los operadores de carguío, acarreo, y limpieza de frente al desarrollo de la conciencia preventiva, actitudes, hábitos en base al *Coaching*. (Ver Glosario).
- Identificar, analizar y corregir los puntos críticos de los procesos de carguío, acarreo, cambio de guardia.
- Identificar, analizar y corregir los puntos críticos de las actividades de limpieza de frente, maniobra de ingresos para carguío y

maniobra de descarga en botadero y stock, colas y espera de camión con el fin de mejorar la producción y productividad.

- Incrementar los márgenes de ahorros al término del año fiscal 2005.

### **3. HIPÓTESIS**

Las pérdidas son consecuencia de los puntos críticos hallados en los procesos (carguío, acarreo, disparo, cambio guardia) y actividades (maniobra de ingreso para carguío, maniobra de descarga de botaderos y stock, colas, espera de camión) de la operación mina.

### **4. VARIABLES**

#### **4.1. Variables dependientes**

- Carguío
- Acarreo
- Disparo
- Cambio de guardia

#### **4.2. Indicadores**

Indicadores fueron codificados para una toma de datos más rápida y eficaz según como sigue:

PCU = Primer balde.

ID = Ida de camión (cargado).

MIC	=	Maniobra de ingreso de camión.
MDCH	=	Maniobra de descarga en Chancadora.
CAR	=	Carguío del camión.
CIC	=	Ciclo de carguío (pases restantes).
LFR	=	Limpieza de Frente.
RET	=	Retorno de camión (vacío).
MD	=	Maniobra de descarga.
COL	=	Colas de camiones.
G1	=	Reparto de guardia
G2	=	Viaje a la mina.
G3	=	Interacción entre operador saliente y entrante.
G4	=	Traslado del equipo al frente de minado.
G5	=	Traslado del palero al frente de minado.
G6	=	Chequeo, vuelta de gallo.
G7	=	Chequeo por mecánicos.
G8	=	Inicio de operación de equipos
G9	=	Traslado del equipo a parqueo por fin de guardia.
G10	=	Hora de parada por fin de guardia.
G11	=	Limpieza de equipo.
G12	=	Espera al bus.

## **5. MATERIAL DE ESTUDIO**

### **5.1. Unidad de estudio**

El presente estudio de investigación se basa en el Proyecto IPM

(incremento de productividad mina) de *Six Sigma*, realizada por la Gerencia de Mina.

#### **5.1.1. Criterios de inclusión**

El criterio que se tomó en cuenta para la realización del presente estudio es todas las actividades o procesos que ocurre en el lapso de la operación - mina (12 horas), desde el inicio del Reparto de Guardia hasta el fin de Turno de la Operación (Parqueo de camiones, Parada de Pala) deben de ser registrados.

##### **Palas P&H 2800 y P&H 2300**

- Pala carga camión Komatsu
- Fallas imprevistas no mayores a 4 HR.
- Frente inadecuado.
- Pala cambia de frente.
- Cambio de operador.
- Condiciones medio ambiental.

##### **Voladura**

- Inicio de la operación después del disparo.

##### **Camión Komatsu 830E**

- Vías inadecuadas.
- Condiciones medio ambientales.
- Camión Komatsu no cuenta con Dispatch.
- Cambio de operador.

- Fallas imprevistas no mayores a 4 horas.
- Descarga en Botaderos y Stock.

### **5.1.2. Criterios de exclusión**

#### **Palas P&H 2800 y P&H2300**

- Palas cargan Camión Caterpillar. (Por que solo realizan trabajos auxiliares).
- Fallas imprevistas mayores a 4 horas.
- Mantenimiento programado.

#### **Camión Komatsu 830E**

- Cargador frontal CAT 994 carga a camión Komatsu 830E.
- Mantenimiento programado.
- Fallas imprevistas mayores a 4 horas.

### **5.2. Universo y/o muestra**

El universo estará constituido por toda actividad o proceso que ocurra en el lapso de la operación mina (carguío, acarreo, limpieza de frente, maniobra de ingreso de camión, descarga, colas, cambio de llantas, lubricación). Las muestras están representadas por los procesos de carguío, acarreo y actividades como limpieza de piso y frente, maniobra de ingreso a zona de carguío, camiones en cola, lubricación, cambio

de llantas, etc. Las cuales deben cumplir los criterios de inclusión y exclusión anteriormente mencionados.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Tipo de Investigación

El presente proyecto es analítico, cualitativo y cuantitativo.

### 6.2. Técnicas

El presente proyecto se llevó a cabo durante los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo del 2005.

Siendo el área de la Gerencia de Mina responsable de dicho proyecto, el cual es directamente planificado y ejecutado por *Six Sigma*. Proyectos de este tipo requiere de un total de 4 a 8 meses para generar cambios en la organización. A la vez cuenta con el soporte de Áreas como: Planeamiento, Mantenimiento y Voladura.

#### 6.2.1. Metodología DMAIC

Para la ejecución de este proyecto se utilizó la Metodología DMAIC que es el método de solución de problemas de *Six Sigma*, sus etapas son:

1. **Definir oportunidades:** Definir las metas del proyecto y se enfoca en “problemas reales” directamente relacionados con los resultados económicos y se obtienen resultados en un periodo entre 4 y 6 meses.
2. **Medir desempeño:** Se monitorean los procesos.
3. **Analizar la oportunidad:** Se analiza la causa raíz de

los defectos.

**4. Mejorar el desempeño:** Se mejora el proceso eliminando los defectos. Basa la mejora en el largo plazo y disemina la mejora a lo largo de la organización.

**5. Controlar el desempeño:** Se controla los futuros desempeños del proceso.

DMAIC; nos conduce al conocimiento crítico:

$$Y = F (X_1, X_2, X_3, X_4, \dots)$$

Usando el conocimiento  $Y = F (Xs)$ , sabemos:

- Como los factores (Xs) afectan de salida (Y)
- Como controlar o ajustar Xs para obtener el resultado Y.
- Como mejorar el proceso.

A continuación el propósito de cada etapa de la metodología DMAIC, así como las herramientas que ésta usa.

## **CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO**

Antes de pasar a detalles del estudio es conveniente se dedique unas cuantas líneas sobre calidad y *Six Sigma*, para formar un criterio común. Para empezar se dará el significado de la calidad de dos fuentes diferentes.

### **1.1. AMERICANSOCIETY FOR QUALITY (ASQ)**

“El total de las características y propiedades de un producto, proceso o servicio que en conjunto satisfacen los requerimientos implícitos o necesidades técnicas”.

### **1.2. JACK WELCH DE GENERAL ELECTRIC**

“Calidad es la siguiente oportunidad para nuestra compañía de posicionarse aparte de sus competidores. La calidad incrementará el



empleo, la satisfacción del cliente, la rentabilidad y mejorará la reputación de la compañía”.

Tenemos que tener en claro que a través del tiempo se la han dado a Six Sigma diferentes enfoques en el medio industrial.

Six Sigma puede ser enfocado desde dos grandes perspectivas.

### **1.3. ESTRATEGIA DEL NEGOCIO**

El fin último de una organización es “hacer dinero” para trascender en el tiempo y mejorar el nivel de vida de sus empleados, accionistas y la comunidad en la que se desenvuelve. Six Sigma se encuentra alineada a este fin último a través de los siguientes:

**1.3.1. Benchmarking:** “Comparaciones” Six Sigma puede ser utilizado como un patrón para comparar diferentes niveles de calidad entre diferentes procesos o compañías y tomar las acciones necesarias para ser el mejor en el giro industrial.

**1.3.2. Meta:** Tradicionalmente la meta de Six Sigma se conoce como llegar a cero defectos. Sin embargo, este enfoque ha cambiado y la meta o el objetivo de Six Sigma es incrementar la rentabilidad del negocio sustentado con una filosofía de mejora continua.

### **1.4. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN DE PROYECTOS O PROBLEMAS**

Esta perspectiva es la parte fuerte del enfoque de Six Sigma,

ya que incluye 2 aspectos:

#### **1.4.1. Metodología DMIAC**

Esta metodología debe ser utilizada en toda la organización para atacar proyectos de mejora o para solucionar problemas dentro de la organización; siempre y cuando la magnitud de los mismos lo ameriten, o cuando no se conozca la causa raíz que está originando el efecto no deseado.

#### **1.4.2. Herramientas**

A través de la aplicación de herramientas no estadísticas (diagrama de flujo, matriz de causa-efecto y análisis de modos de falla y efectos, "AMEF" entre otras) y de estadística básicas y avanzadas (Pareto, inferencia estadística, distribución de probabilidades, gráficos de control y diseño de experimentos, entre otras). La Metodología DMAIC ordena la aplicación de estas para maximizar los resultados.

Para lograr el despliegue de la estrategia, la Academia Six Sigma se encarga de la capacitación a los niveles directivos y los Máster Black Belt en conceptos básicos de la estrategia, para que posteriormente el despliegue en toda la organización sea realizado por los Máster Black Belt y un director de Six Sigma, el cual le reporta el avance en la implementación de esta estrategia directamente al Gerente General de la organización.

Los nombres que brinda la academia de Six Sigma como Champions, Master Black Belt, Black Belt, Green belt, Yellow Belt son categorías que adquiere el personal al ser capacitado, y se les atribuye un tipo de cinturón de acuerdo al nivel en que se encuentren estas personas,(Belt = Cinturón) al realizar la implementación de la estrategia de Six Sigma son los posibles promovidos en la organización a puestos gerenciales o directivos según la categoría de los mismos.

**Champion.-** Es la persona encargada de reportar los avances al Gerente General de la organización, de las etapas de Planificación, Despliegue, Seguimiento en la implementación de la estrategia Six Sigma. El Champion realiza en forma mensual una junta con el Master black Belt, Black Belt y personal de finanzas para darle seguimiento a los proyectos de su área y validar los ahorros que se estén generando.

**Master Black Belt.-** Es la persona encargada de la realización y seguimiento de los proyectos que se estén dando en diferentes áreas dentro de la organización. (Según la Academia Six Sigma se requiere un Master Black Belt por cada 30 Black Belt).

**Black Belt.-** Es la persona encargada de la ejecución y seguimiento del proyecto elegido para generar mejoras. (Según la Academia Six Sigma se requiere un Black Belt por cada 100 empleados).

**Green Belt.-** Es la persona encargada de poner en marcha (ejecutar) el proyecto al cual fue asignado. (Un Green Belt por cada 20 empleados, según la academia de Six Sigma).

**Yellow Belt.-** Es la persona que realiza el proyecto para el cual fue asignado. También está encargado de diseminar su conocimiento a través de la participación de más miembros de la organización. (Un Yellow Belt por cada 10 empleados, según la academia de Six Sigma).

Cabe resaltar que para cada proyecto se cuenta con varios Yellow Belts, tres Green Belts, un Black Belt, y un Master Black Belt quien puede estar asesorando a otro proyecto y por último un Champion que reporta los avances de todos los proyectos de la organización al Gerente General de la misma.

Las funciones de los actores que participan en el despliegue de la estrategia son los siguientes:

#### 1. **Champion**

- Reporta a la Dirección, Corporación el avance que se tiene en cuanto a la implantación de la metodología y la realización de proyectos.
- Seleccionar los proyectos con un alto impacto.
- Crear la visión de Six Sigma de la compañía.
- Soportar el desarrollo de un pensamiento estadístico.
- Proporcionar la capacitación a los Master Black Belt.

- Dominar las herramientas estadísticas avanzadas.

## **2. Master Black Belt**

- Entender la situación actual del negocio.
- Compartir con la organización las mejores prácticas.
- Capacitar a los Black Belt y ayudarlos a certificarse.
- Tener un amplio conocimiento de técnicas estadísticas básicas y avanzadas.

## **3. Black Belt**

- Entender la situación actual del negocio.
- Liderar equipos para la ejecución de proyectos y reportar sus avances.
- Trabajar el 100% de su tiempo en proyectos de Six Sigma.
- Tener compromisos anuales de realizar 4 proyectos con reducción aproximada de cien mil dólares por proyecto.
- Enseñar y asesorar en el uso de las herramientas o metodologías.
- Tener un amplio conocimiento de técnicas estadísticas básicas y avanzadas.

## **4. Green Belt**

- Trabajar el 100% de tiempo en la realización de proyectos utilizando la metodología DMAIC.
- Tener amplio conocimiento de técnicas estadísticas básicas y estar familiarizado con herramientas estadísticas avanzadas

## 5. Yellow Belt

- Trabajar el 50% de su tiempo en la realización de proyectos y el 50% restante de su tiempo en el cumplimiento de sus actividades diarias.
- Estar familiarizado con las herramientas estadísticas básicas.

Comprendidas las funciones, roles y características de cada uno de los actores que intervienen en el despliegue de Six Sigma, se propone implementar la metodología según la Academia Six Sigma.  
(Dr. Mikel J. Harry)

## 1.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

### 1.5.1. ¿Qué es Sigma?

Es la letra del alfabeto griego que es la unidad de medida estadística usada para definir la desviación estándar de una población. Mide la variabilidad o dispersión de los datos.

### 1.5.2. ¿Qué es el Six Sigma?

Six Sigma tiene dos significados:

**a. En el sentido estadístico:** Six Sigma es una medida de la variabilidad. Define cuanto de los datos cae dentro de los requerimientos del cliente.

**b. En el sentido de negocio:** Es un sistema de gestión de la calidad.

Procesos muy buenos son los que tienen menos de 3.4 defectos / millón de oportunidades.

La relación está dada por la Academia de Six Sigma, dicha relación no está completa por ser muy amplia y los datos que se muestran son para estudios más detallados y básicamente para expresar niveles de Six Sigma.

La relación que se muestra a continuación es una forma breve y sencilla, de fácil comprensión, utilizada para capacitaciones.

<b>REENDIMIENTO</b>	<b><u>DPMO</u></b>	<b><u>COPQ</u></b>	<b>SIGMA</b>
99.9997%	3.4	<10%	6
99.976%	233	10-15%	5
99.4%	6,210	15-20%	4

Se observa en la primera columna el rendimiento expresado en porcentaje, el cual señala que tan buena es la calidad de cada uno de los procesos de la compañía, y llevando a escala mayor indica que tan eficiente es una compañía.

La segunda columna muestra los defectos por millón de

oportunidades (DPMO), o sea, es la cantidad de actividades, productos y/o servicios que pasen por todas las etapas de un proceso libre de defectos.

La COPQ, es la característica crítica para la calidad, llamado de otro modo el Costo de la Mala Calidad, el cual indica el costo para el número de pasos o etapas en el proceso; se interpreta como costo de la mala calidad que va reduciendo a una tasa anual expresada en porcentaje.

Por último, la columna Sigma, indica el nivel alcanzado ofreciendo conocimiento del proceso, reducción de los defectos, mejora del rendimiento y de la capacidad del proceso, logrando de esta manera la satisfacción de los clientes. Por lo tanto se puede conseguir pasar de una empresa no competitiva a una de Clase Mundial.

### **1.5.3. Problema**

De acuerdo con Hosotani (1992), un problema es la diferencia que existe entre un estado ideal (objetivo) y un estado real o actual.

### **1.5.4. Histograma**

El histograma es una gráfica de barras que muestra la repartición de un grupo de datos. Su objetivo es visualizar la dispersión, el centrado y la forma de un grupo de datos.

### **1.5.5. Diagrama de Pareto**

Consiste en una gráfica de barras ordenadas de mayor a



menor, donde cada barra representa el peso que tiene cada uno de los factores, que se analiza.

El objetivo del diagrama de Pareto es presentar información de manera que facilite la rápida visualización de los factores con mayor peso, para reducir su influencia en primer lugar.

#### **1.5.6. Diagrama de Ishikawua**

Es un esquema que muestra las posibles causas clasificadas de un problema.

El objetivo de este tipo de diagrama es encontrar las posibles causas de un problema la distribución es como sigue:

1. Métodos: Procedimiento para usar en la realización de actividades.
2. Mano de obra: La gente que realiza las actividades.
3. Materia Prima: El material que se usa para producir.
4. Medición: Los instrumentos empleados para evaluar procesos y productos.
5. Medio: Las condiciones del lugar de trabajo.
6. Maquinaria y equipos: Los equipos y periféricos usados para producir.

El diagrama de Ishikawa también se le conoce como diagrama de causa – efecto y/o diagrama de pescado; se le denomina así, por su parecido con el esqueleto de un pescado (vértebra y espinas).

#### **1.5.7. Sistema de Medición**

Es la colección de operaciones, procedimientos, instrumento de

medición, software y personal definido para asignar un número a la características que está siendo medida (MSA 1995-Measurement Systems Analysis).

Las Mediciones son muy importantes, pues con base en ellas se evalúa el desempeño de las mismas, de sus equipos, de su gente, y se toman decisiones importantes a veces costosas.

#### **1.5.8. Precisión**

Se refiere a la variación o dispersión de los datos, poca variación significa un buen grado de precisión.

#### **1.5.9. Exactitud**

Se define con respecto a su cercanía (sesgo) con el centro de un blanco. Mayor cercanía implica un buen grado de exactitud.

#### **1.5.10. Gráficas multivari**

Las gráficas multivari fueron desarrolladas por Leonard Seder en 1950. Son un procedimiento gráfico de descomposición de fuentes de variación. Su objetivo es mostrar las fuentes de variación más importantes en el proceso.

#### **1.5.11. Throughput Yield (TY)**

Es la probabilidad de producir piezas libres de cualquier defecto en una etapa en particular de todo el proceso.

## **CAPÍTULO 2: ASPECTOS GENERALES**

### **2.1. UBICACIÓN**

El depósito de Skarn de Tintaya está ubicado a una altitud de 4,100 m.s.n.m. Políticamente se ubica en el distrito de Yauri, provincia de Espinar y Departamento de Cusco, más específicamente a 250 Km. sur oeste de la ciudad del Cusco y al sur este del cinturón cuprífero de Andahuaylas - Yauri, en el sur del Perú.

Las coordenadas Geográficas y UTM son las siguientes:

14 ° 55' Latitud Sur.- 8,118, 540 Norte

71° 25' Longitud Oeste.- 808, 704 Este

### **2.2. ACCESIBILIDAD**

El acceso que se tiene es por vía terrestre y aérea.

- Carretera Arequipa - Tintaya  
Sicuani-Espinar (Yauri)-Tintaya  
Arequipa-Tintaya

Figura 01. Ubicación de BHP Billiton Tintaya en el Peru y el Cusco



### **2.3. TOPOGRAFÍA Y CLIMA**

La zona de yacimiento es netamente de Puna, con una topografía suave, las alturas varían entre los 4, 000 y 4, 600 m.s.n.m. El clima es frío y seco de abril a octubre y lluvioso de noviembre a marzo.

Los factores climáticos son tomados en la estación meteorológica, ubicado en el campamento 1 a una altitud de 4, 005 m.s.n.m.

La información de temperatura está basada en años de registro, habiéndose obtenido las más bajas temperaturas entre los meses de mayo a septiembre, correspondiendo el mes de julio la media diaria mensual más baja 4.31°C y la mínima diaria - 13°C La media diaria más alta se da en el mes de octubre 9.16°C Las precipitaciones en los últimos años se va incrementando a partir de octubre alcanzando una máxima en enero de 191.86 mm para luego ir disminuyendo hasta abril.

Dichas precipitaciones son generalmente de tipo normal, en menor proporción granizo y nevada ocasionalmente.

El promedio de precipitación anual es de 66.87 mm La humedad relativa promedio diaria más alta se da en el mes de febrero, 65.36%

### **2.4. FLORA Y FAUNA**

#### **2.4.1. Flora**

La vegetación en el asiento minero BHP TINTAYA, está formado principalmente por pastizales del tipo pajonal donde predomina la presencia de Festuca Orthophyl a (Ichu) en el estrato más alto,

mientras la principal especie se presenta en el estrato bajo Muhlenbergia Fastigiada de césped de punta. A continuación mencionaremos algunos de las variedades de plantas silvestres existentes: Maycha, Iruchu, Ichu Qolley, Chillihua.

#### **2.4.2. Fauna**

Después de los resultados de los estudios se identificaron 9 campos vitales de los cuales el más representativo es el pajonal puna que solo cuenta con 416 hectáreas, pero alberga el mayor número de especies. Asimismo se registraron 47 especies de aves, las mismas que se encuentran distribuidas en 26 familias y 15 órdenes. Entre las especies más conocidas que se encuentran: Pariguana, Pato Sutro, Gallinazo, cabeza roja Jac'acho Alcamari, Yanavico, llutu y otros.

En cuanto a la sociabilidad la mayoría de las aves son de hábito solitario.

#### **2.5. ESTRATIGRAFÍA**

Ocurre como una secuencia de cuarcitas y areniscas del grano fino a grano grueso, de colores grises a blanco rosáceo. Se observa buena estratificación en bancos hasta de 5 m. de potencia, lutitas negras se intercalan formando finas estratificaciones. El contacto interior es concordante y fácilmente determinable; en el campo está menos afectado al tectonismo, y el contacto superior con la formación Mará es también concordante por el cambio de coloración, y de carácter

litológico se han medido potencias hasta 600 m. en su localidad típica cerca de Challhuanca.

### **2.5.1. Formación Mará (Neoconiano Superior Aptiano)**

Se relaciona con la formación Murco de la columna estratigráfica de Arequipa. Consta de Areniscas, Lutitas abigarradas y algunos niveles de Cuarcitas blancas en el techo.

#### **2.5.1.1. Formación Ferrobamba (Albiano Cenomaniano)**

Tiene su nombre de la localidad de Apurímac y es correlacionable con la formación Arcuquina de Arequipa.

Esta formación es la más importante de la cuenca que originó la provincia metalogénica del cobre y está constituida esencialmente por calizas negras grisáceas en paquetes gruesos de ocho metros de grano fino; abundantes inclusiones de Chert; horizontes normalizados con potencia de 3 m. que se observan no siempre relacionados a contactos, y sirven muchas veces de capas guías.

También ocurren esporádicas intercalaciones de Lutitas grises.

En diferentes niveles se han diferenciado las siguientes litologías.

#### **2.5.1.2. Calizas Recristalizadas**

Son las de mayor ocurrencia. Afectadas de leve a moderada recristalización, generalmente de grano fino a medio.

La mineralización parece relacionarse a estas últimas.

La presencia de módulos aplanados y redondeados de Chert paralelos a la estratificación es casi común en todos los afloramientos, al igual que las venillas de Calcita que cruzan las Calizas, sin ninguna orientación preferencial

#### **2.5.1.3. Calizas Marmolizadas**

Ocurren normalmente formando aureolas de alteración térmica, alrededor de los cuerpos intrusivos, presentando contornos irregulares y muchas veces ligado a la presencia de Jaspes.

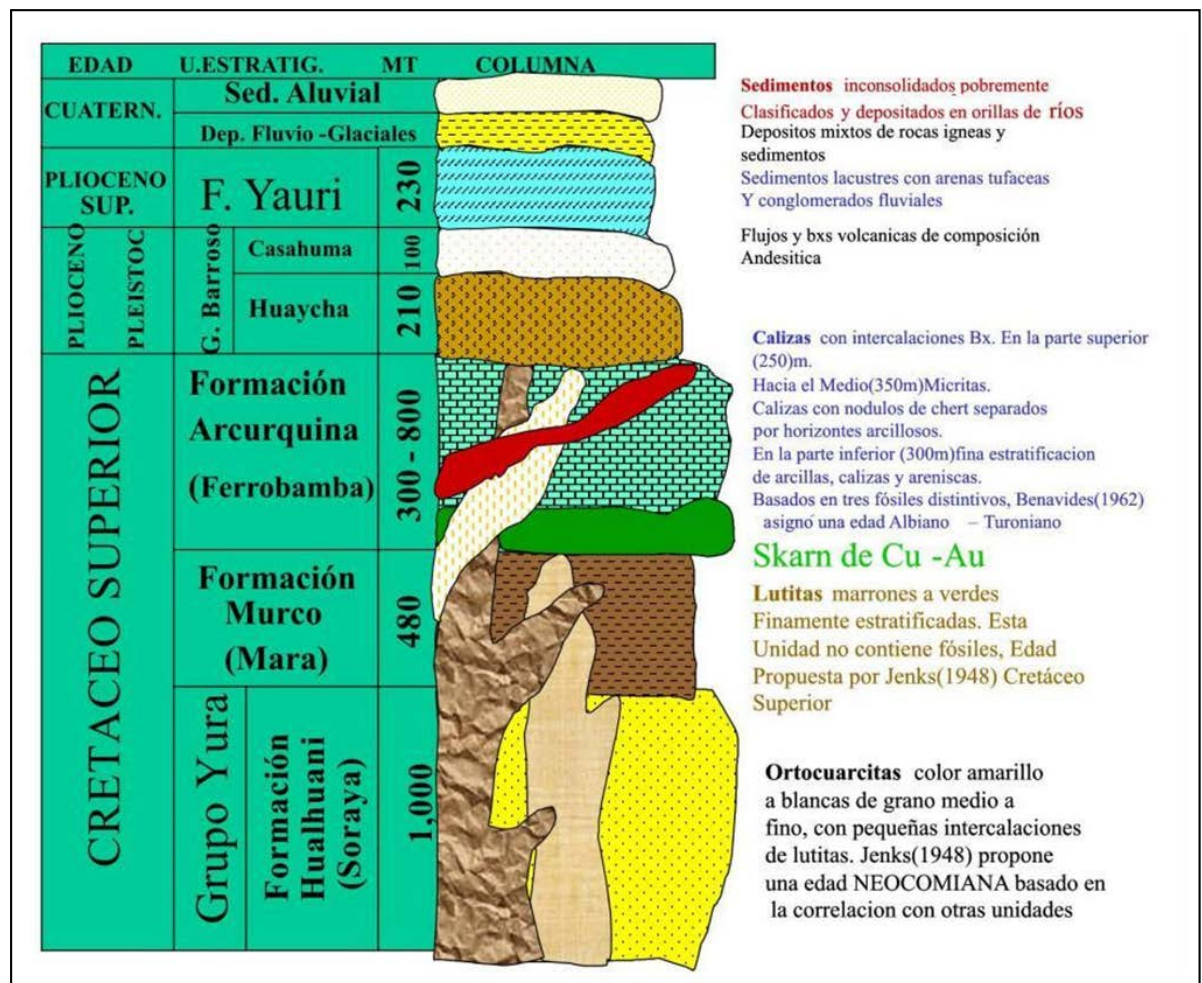
También se presenta como estrato bien definido, intercalados entre las Calizas grises. Su presencia puede deberse, a su composición original; se ha relacionado mejor al efecto térmico.

#### **2.5.1.4. Formación Yauri**

Estos sedimentos corresponden a la última formación del terciario superior. Cubriendo restos de las formaciones del mesozoico y parte de las rocas ígneas encapadas. Consisten en areniscas tufáceas amarillentas, sedimentos tufáceos blanco-grisáceos, etc.



Figura 02. Columna Estratigráfica de Tintaya



### 2.5.2. Geología Estructural

Una serie de fallas y pliegues, parecen haber controlado tanto el emplazamiento de los diferentes intrusivos, así como la localización de los cuerpos mineralizados.

### 2.5.2.1. Fallamiento

Después de formado y emplazado, el yacimiento sufre dislocaciones en sentidos diferentes de poco desplazamiento, aprovechado por los diques

En épocas recientes, el depósito sufre dislocaciones de rumbo y gravitacionales, esto debido a acomodos estructurales, estos últimos son los que se expresan en fallas post-diques, las direcciones predominantes de estas fallas son de Norte a Sur, Noreste-Sureste, Noreste-Suroeste.

De acuerdo al mapeo se ha interpretado dos principales fallas: Un sistema de fallas normales con rumbo Este-Oeste y buzamiento al Norte. Este sistema ha sido mejor mapeado en los extremos Este y Oeste del tajo. Estas fallas contienen Calcosina, Arcilla, Pirita.

El segundo sistema, consiste en fallas conjugadas con rumbo Noroeste y Noreste las cuales muestran un desplazamiento normal, formadas posiblemente durante un régimen extensional. Estas fallas pertenecen a una fase temprana de fallamiento y controlan el emplazamiento de la mayoría de los diques.

De igual manera a nivel región ocurren dos sistemas principales con rumbo Noroeste-Sureste y Noroeste - Suroeste. El sistema mayor Noroeste-Sureste fue originado por esfuerzos de compresión, las diferentes unidades

litológicas se presentan de tal modo que las Lutitas sufrieron mayor plegamiento mientras que las Calizas y Areniscas con fuerte fallamiento.

Fallas secundarias menores se relacionan a los primeros sistemas y corren en semi-paralelo, su expresión son movimientos de bloques con desplazamiento normal e inverso.

Todo este ambiente tectónico estructural de fallas y plegamientos como franjas de debilidad han controlado la ocurrencia de diferentes intrusiones efusivas de debilidad, estas han controlado la ocurrencia de diferentes intrusiones efusivas así como cuerpos mineralizados en skarn o diseminados.

#### **2.5.2.2. Plegamiento**

En el flanco norte de la zona de estudio uno de los pliegues fue comprimido por la monzonita hacia el sur y ligeramente de abajo hacia arriba, la composición litológica de este flanco Norte, controla el zonamiento de la mineralización.

En una descripción del comportamiento espacial del anticlinal el skarn se presenta en la zona oriental-central en forma asimétrico volcado, simétrico el que tiende a la verticalidad. En la zona del flanco Norte - Sur tiende a ser simétrico y en la base de bajo ángulo.

Después de formado y emplazado el yacimiento sufre dislocaciones en sentidos diferentes de poco desplazamiento siendo aprovechado por los diques

En épocas recientes el depósito sufre dislocaciones de rumbo y gravitacionales esto debido a acomodo estructural último los que se expresa en fallas.

Los pliegues mayores siguen la dirección de los Andes lo cual indica esfuerzos de comprensión de Oeste a

Este, resultado de las tres grandes fases de plegamiento andino pero particularmente fue la fase incaica del eoceno que afectó a esta faja mio-sinclinal de la cubeta cordillerana, los sedimentos de la faja occidental, tal es así, que los planos axiales son mayormente inclinados entre 40 y 50 grados al Noreste.

### **2.5.2.3. Otras Estructuras**

Además de las estructuras mencionadas anteriormente, una serie de diques, sills, etc. se encuentran emplazadas en las rocas sedimentarias y plutónicas siguiendo un control estructural.

En el ámbito regional, su edad no ha podido precisarse si no inferirse sobre la base de su posición estratigráfica equivalente a la formación Hualhuani del grupo Yura.

### 2.5.3. Alteraciones Hidrotermales

#### 2.5.3.1. Prolitización

Ubicado normalmente en el intrusivo cerca del cuerpo de skarn, se encuentra coexistiendo con la solidificación y fuerte fracturamiento, tiene minerales como calcopirita en fracturas y esporádicamente pirita.

- **Propilitización Débil.** Presenta una coloración verde grisáceo por la alteración de los ferro magnesianos, biotitas, hornblendas y de augitas a clorita y a veces a epidota, los cuales presentan un reemplazo de carbonatos.

- **Prolitización Fuerte.**

Tiene una coloración verde intenso debido a los ferro-magnesianos y los feldespatos que se alteran a cloritas y epidota con un reemplazo de carbonatos.

#### 2.5.3.2. Silicificación

La Silicificación es intensa y extensa, es la alteración más común de las rocas encajonantes, es el desarrollo del Metasomatismo de cuarzo y lixiviación de cationes alcalinos y alumina.

Son portadores algunos, de calcopirita en otros de calcopirita-molibdeno. Así también de cuarzo y endurecimiento de la roca, en superficie dan una coloración blanquecina.

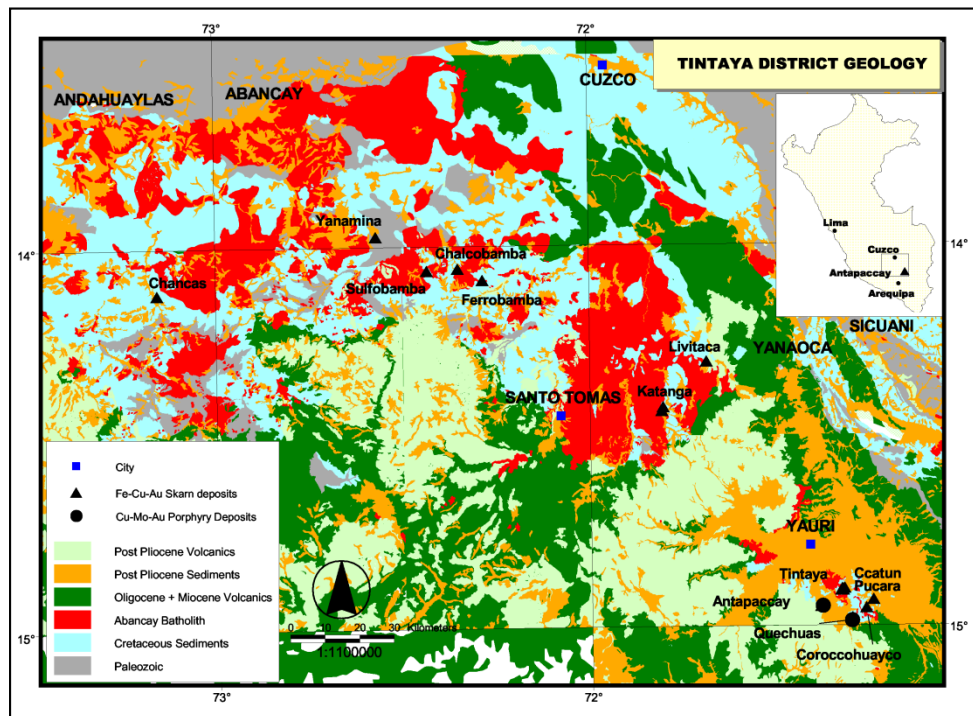
### **2.5.3.3. Argilización**

En la zona de Chabuca Este, su influencia es moderada a débil, presentando coloración blanquecina debido a la presencia de minerales como, Sericita-Talco-Kaolín, principalmente como alteración de feldespatos y ferro magnesianos, dando a la roca una textura ligeramente deleznable y superficie algo terrosa.

### **2.5.4. Geología del Yacimiento**

El depósito de Tintaya es del típico yacimiento metasomático de contacto, llamado comúnmente Skarn metasomático, con la formación de minerales calcosilicatados intruyendo al paquete sedimentario Mesozoico tenemos los Stocks plutónicos del Eoceno-Oligoceno del Batolito de Andahuaylas - Yauri. La mineralización y alteración ocurre a lo largo del contacto entre la stock Pórfido Monzodiorítico Terciario.

Figura 03. Geología Regional del distrito de Tintaya



Por lo menos tres intrusivos están relacionados a la formación de Scarn y a la deposición de Cu.

El primer intrusivo es de composición diorítica y presenta una textura equigranular muy fina (0 mm). Este intrusivo aflora en la parte Sur, desarrolla un débil endoskarn y forma al contacto pequeños cuerpos de skarn de mt con valores de Cu poco significantes. Seguidamente, en orden de edad, tenemos el pórfido monzonítico PM 19. Este intrusivo es el más abundante y más importante para la formación de Skarn y deposición de Cu, se caracteriza por tener una textura porfirítica con 1 a 3% de fenos de

qz y fenos de bt de 3-6 mm. Otra intrusión importante para la formación de skarn y algo de mineralización de Cu es el pórfido monzonítico PM2 1. Este intrusivo se ubica al W del Tajo Chabuca Este y se caracteriza por tener una textura porfirítica con raros fenos de qz, menos bt que PM19 y fenos de hn y mt accesoria. Otros diques post mineral cortan los anteriores; entre estos tenemos al pórfido monzonita 20 (PM20), pórfido latítico, pórfido diorítico y pórfido andesítico, en dicho orden son los eventos intrusivos más jóvenes.

Otra intrusión importante para la formación de skarn y algo de mineralización de Cu es el pórfido PM2 1. Este intrusivo se emplaza a manera de diques rumbo SE-NW y se caracteriza por tener una textura porfirítica color gris claro a oscuro, con raros fenos de qz, menos bt que PM19 y mas hn, mt accesoria. Recientemente se ha observado un dique PM3 con rumbo SW-NEE a E-W, se ha visto un claro contacto con los otros intrusivos, y está caracterizado por su textura seriada de las Plagioclasas, presencia de Bt — hn fina y Mt accesoria.

Otros diques post mineral cortan los anteriores; entre estos tenemos al pórfido PM20, pórfido latítico, pórfido diorítico y pórfido ándesítico, en dicho orden son los eventos intrusivos más jóvenes. Además los diques más recientes (P.dioritico-Andesitico) pueden ser correlacionados con el vulcanismo Plioceno Mioceno de Cailloma y Puquio (Dávila 1988).



Dos eventos hidrotermales de alteración y mineralización son reconocidos tanto en las rocas carbonatadas como en las rocas plutónicas. El primer evento hidrotermal lo define la alteración prógrada y es contemporánea con el emplazamiento de PM19. Este evento está caracterizado por la formación de endoskarn y alteración K-Si con leve mineralización en las rocas intrusivas; La alteración K-Si en PM19 se caracteriza por el aporte de K en la matriz con desarrollo de bt secundaria, la presencia de venas de qz y qz-or que cortan la roca PM 19, están localmente enmascarados por una alteración retrógrada clo-alb-cp-py y la existencia de discontinuas y delgadas venas de bt-cp, qz-cp-mo que cortan PM 19.

En las rocas carbonatadas la alteración prógrada se manifiesta con la formación de exoskarn con un zonamiento (del intrusivo a mármol) proximal mt, mt-gr, gr-px, gr, px, mt- cc. Más de la mitad de Cu fue depositado durante este tiempo y se encuentra en ensambles de baja sulfuración (mt-bn, bn-cp, cp-mo). El segundo evento de alteración está definido como estado retrogrado y localmente consiste en el reemplazamiento de Grs y Pxs por nuevos minerales de baja temperatura como clo-act-ep-arc-cp, cp-pycc, act-ep. Esta alteración retrógrada se presenta mayormente en venas y es más abundante en los niveles superiores. Los valores de Cu presentan una correlación positiva con los valores de Au y Ag. Así mismo, tenemos una alteración supérgena con la

formación de una zona de oxidación, esta es muy variable pero fluctúa entre 30 a 45 m, En dicha zona tenemos la formación de limonitas y óxidos de Cu. (Crisocola, Malaquita, Azurita y Cu Nativo), en profundidad pasa gradualmente a zona de Mixtos (óxidos de Cu mas sulfuros de Cu).

La ausencia de la zona de Enriquecimiento Secundario, se debe principalmente a la baja presencia de Pirita la cual sería necesaria para formar el  $H_2SO_4$  que atacaría a los sulfuros de Cu. El mineral supérgeno calcosina está restringido a estructuras y en la zona de mixtos como finas películas que bordean a los sulfuros primarios.

## **CAPÍTULO 3: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE CARGUÍO Y ACARREO**

En este capítulo se tocará de manera más extensa las tres primeras etapas de la metodología *Six Sigma*

Definir oportunidades, medir desempeño y analizar la oportunidad. El primer paso fue tomar una foto de cómo se realizaban todas las actividades en la operación, eso se logro mediante un diagrama de flujo.

Algunos de los procesos que debido a su complejidad, importancia, o a una supuesta oportunidad de mejora identificada solo de manera cualitativa se les desgredo a más detalle son los siguientes:

- Cambio de guardia
- Primer pase (presentación del balde)
- Ciclo de carguío

- Limpieza de frente
- Tiempos de operación
- Tiempos de ciclo de carguío
- Colas
- Espera de camión

### **DEFINIR OPORTUNIDADES**

Luego de confeccionar los diagramas de flujo de las diferentes actividades de la operación actual, se procedió a analizar que se podía cambiar, eliminar o transferir en los diferentes procesos.

### **MEDIR EL DESEMPEÑO**

Las ideas sueltas que se habían dado anteriormente donde podrían haber oportunidades de mejora eran solo para orientar la toma de datos. Pero sin datos certeros y precisos de como se estaban realizando las cosas era imposible encontrar la solución más apropiada. Es así que se le dio una vital importancia a la toma de datos y se estructuro un plan para que sea aleatoria tanto en el turno de día como en el de la noche.

#### **Definición de formatos y puntos de toma de datos:**

- La definición de formatos se realiza después de una prueba piloto, con el fin de mejorar los anteriores y buscar el fácil llenado de los mismos.
- Los mapas de proceso son la fotografía de la operación.
- Los puntos de toma de datos se definen de acuerdo a los mapas de

proceso levantados.

- Los datos darán la información requerida para identificar oportunidades de mejora, la línea base requerida.

#### **Estructura de Archivos:**

- Los datos son almacenados en una hoja Excel con el siguiente formato. Véase en el anexo N° 1-(fig.3)
- En un solo formato se toman los datos de los diferentes procesos. Véase en el anexo N° 1- (fig.1, fig.2)

#### **Digitación de datos:**

Los datos son digitados en dos formas:

- Al finalizar la guardia los acopiadores dejan sus reportes en el comedor de donde son recogidos; al día siguiente estos son digitados en la oficina.
- Los acopiadores digitan sus datos el quinto día de descanso; este trabajo es realizado después de varios días por una sencilla razón.

1.- No hay personal disponible para digitar los datos.

- Las observaciones encontradas en el proceso de digitación son corregidas para evitar errores en la etapa de control de información

#### **Control de calidad de información:**

Etapas de control:

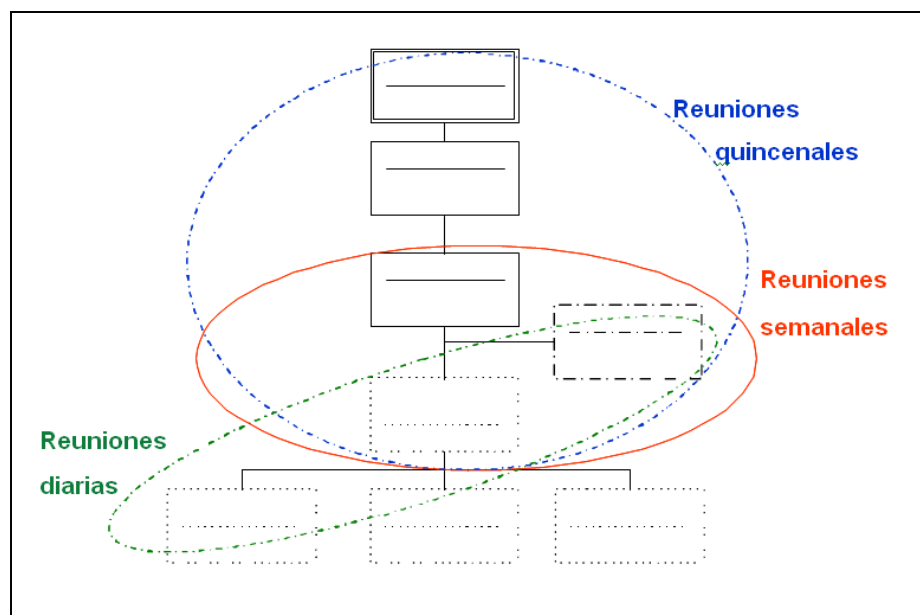
- Visual: Las hojas de campo (formatos con datos de campo) son

revisadas visualmente detectando posibles inconsistencias.

- Digitación: Durante la digitación los datos son revisados y verificados con la participación del acopiador.
- Estadístico: Usando herramientas estadísticas como: Scatter Plot.
- Depuración: todos los datos que cumplan con los criterios de exclusión.

### Equipos de Análisis de Información

Gráfico 01. Organigrama del Equipo de Análisis



Fuente: Elaboración Propia.

Aspectos de Seguridad:

- Todos los participantes en la toma de datos deberán tener una charla de inducción a fin de mencionar los riesgos que involucra esta actividad, proceso por proceso.
- Estarán a cargo del coordinador del Proyecto de datos.
- Todos los recolectores de datos tendrán los EPP además de los adicionales como ropa de agua en caso sea necesario.
- La comunicación de este trabajo será a todas las personas de la jornada de trabajo en mina (Líder de Grupo, Líder de Perforación, Líderes de equipo, Líder de construcción mina, y Operadores)
- Los tomadores de datos ingresan y salen en los vehículos de las guardias, salvo otra necesidad comunicada.

Los procesos y actividades serán analizados a continuación con mayor detalle en el orden ya mencionado.

### **3.1. CAMBIO DE GUARDIA**

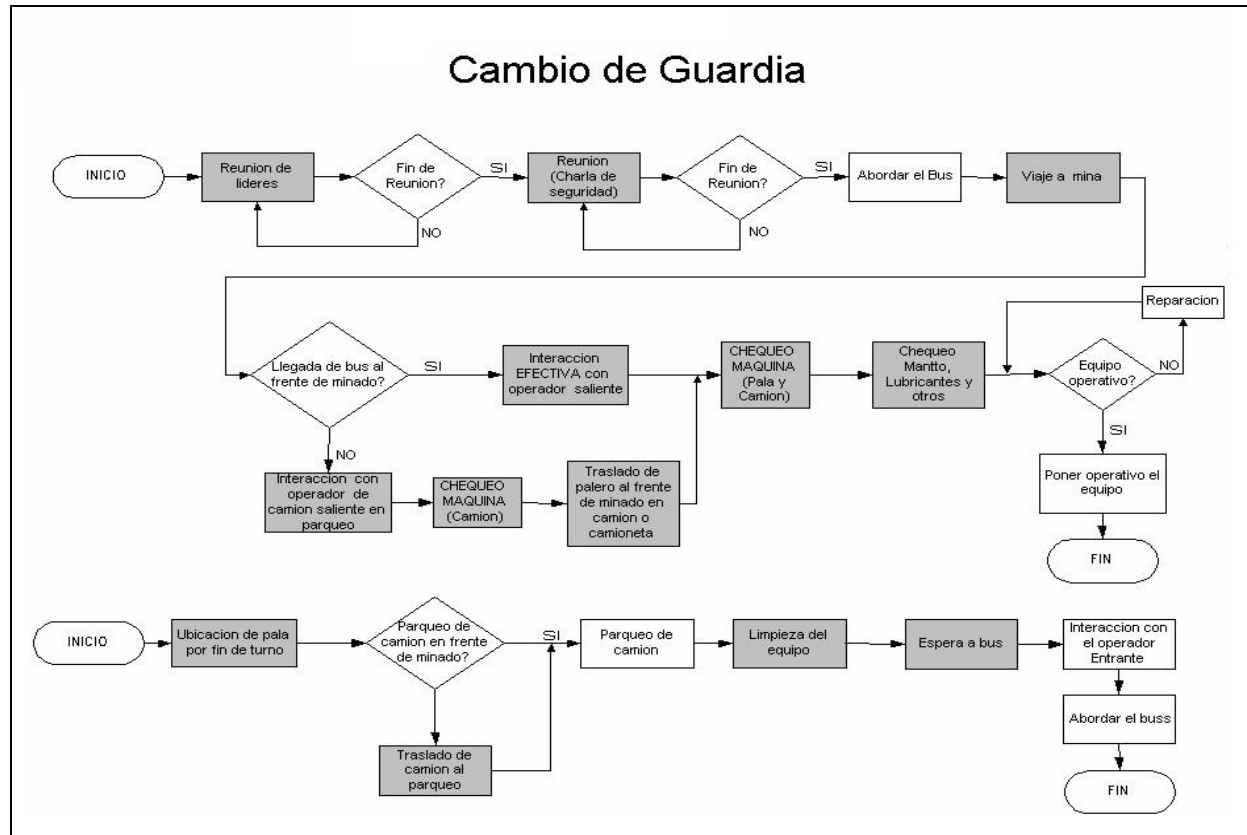
#### **3.1.1. Mapa de proceso anterior**

En el proceso de Cambio de Guardia se observa la Graf. (2), la cual nos indica la secuencia que sigue este proceso tanto para el inicio de turno como para el fin del mismo; este mapa de proceso anterior está mal diseñado porque incluye en el mismo las actividades que realizan el operador de pala como el operador de camión y oculta muchas actividades que realizan ambos

operadores por separado; es decir que los operadores de pala tienen algunas actividades diferentes a los operadores de camión.



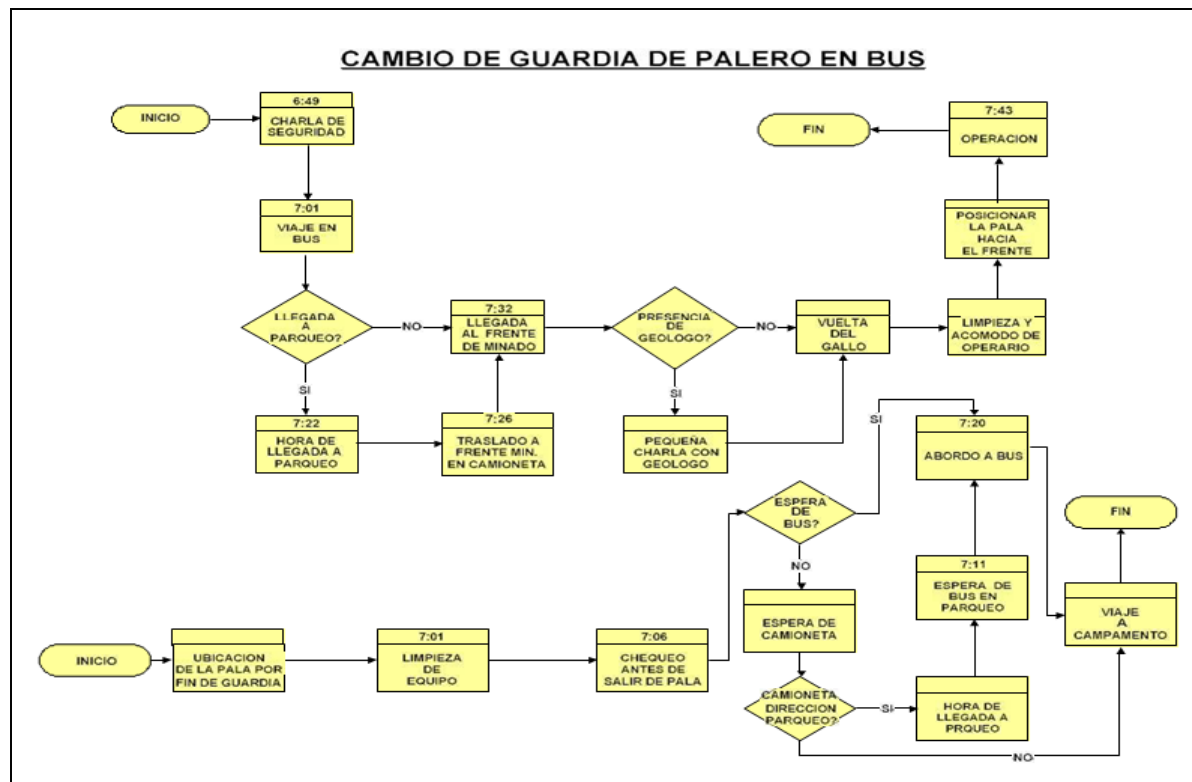
Gráfico 02. Inicio y Fin de Turno de operador de pala y camión



Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.2. Mapeo de proceso actual

Gráfico 03. Inicio y Fin de Turno de operador de pala



Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

Este mapa de proceso de cambio de guardia del operador de pala en bus, nos indica los pasos que realiza el operador de pala en su trayecto al equipo. Etapas que no se aprecian en la Graf. (2) y que no brindan gran información sobre las fallas que se podrían dar en este proceso, información que es vital en la etapa de análisis.

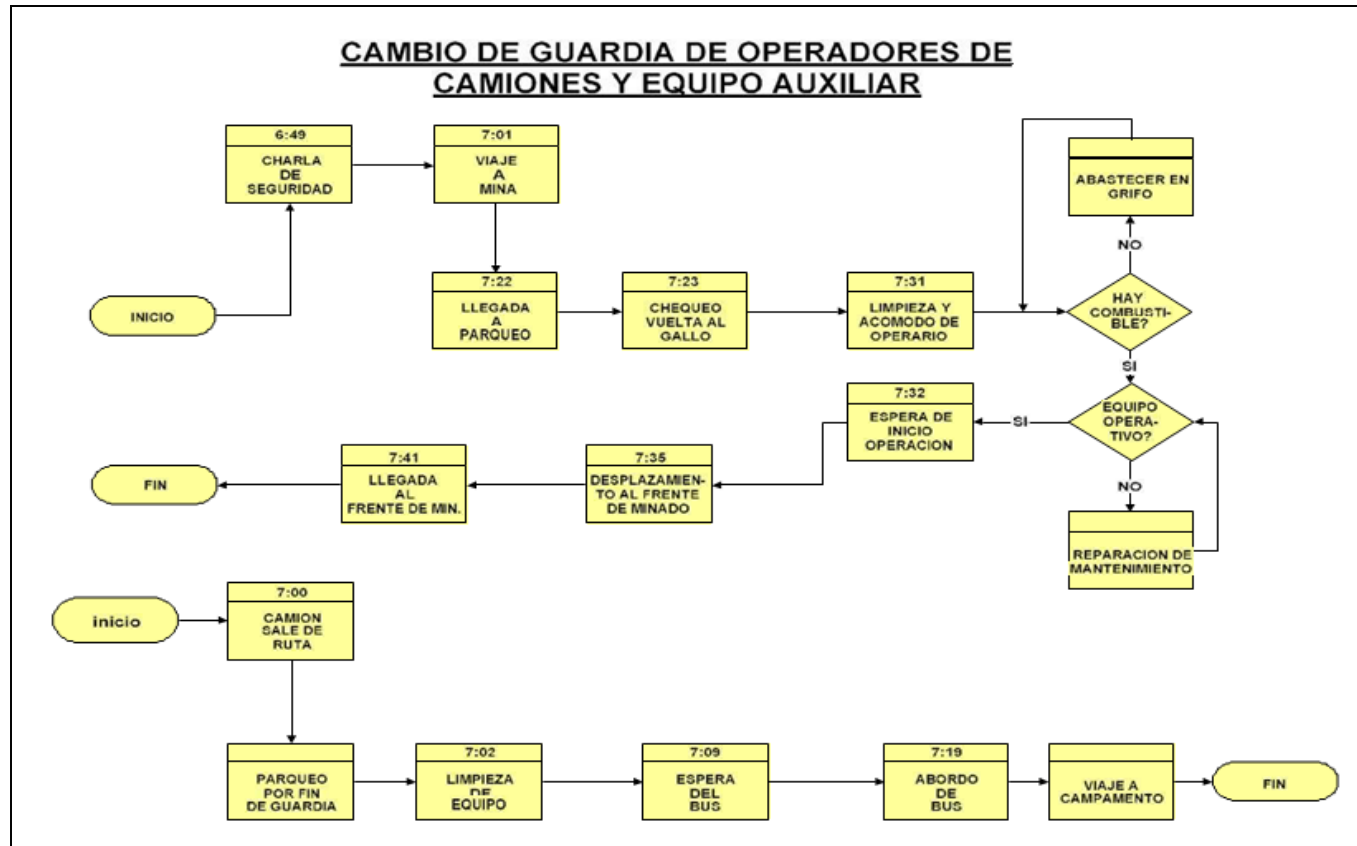
Gráfico 04. Inicio y Fin de Turno de operador de pala trasladado en camioneta



Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

Ya se puede apreciar que con el traslado en camioneta el tiempo de llegada al equipo es más rápido, pero en realidad el tiempo no es lo suficiente como para que la operación de inicie a la hora, 7.30 a.m. Debe de haber una falla o demora en este proceso que esté ocasionando dicho retraso el cual se verá más adelante con el apoyo del programa Minitab 14. (Ver Glosario).

Gráfico 05. Inicio y Fin de Turno de operador de camiones y equipo auxiliar

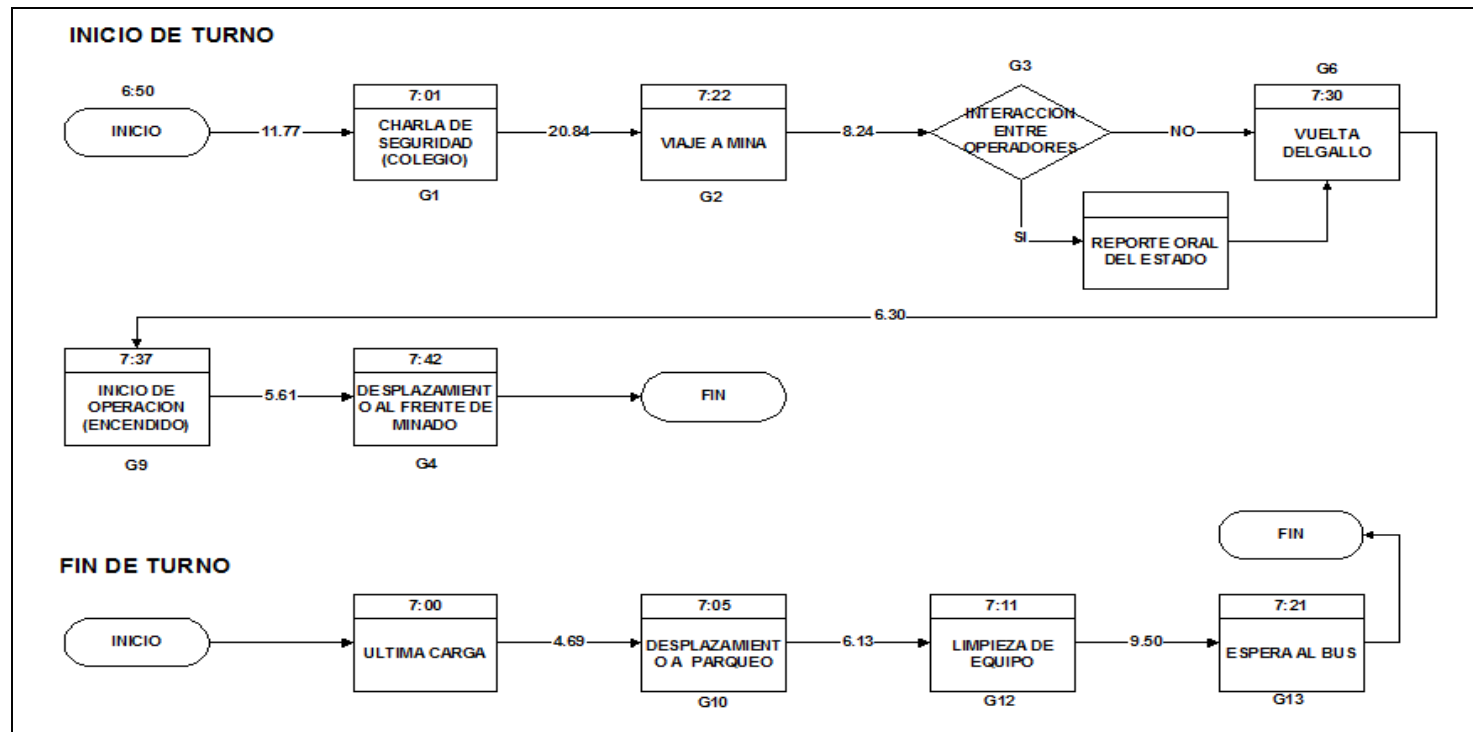


Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

Tanto los operadores de camión Komatsu 830E como los operadores de equipo auxiliar tienen las mismas características de cambio de guardia; este mapa nos indica todas las etapas del cambio de guardia pero no se puede observar a los operadores de equipo auxiliar Tractor de llantas (Torito) que no realiza su cambio de guardia a tiempo, debido que al llegar a la zona de parqueo tienen que esperar al líder de cables que lleve a su propio equipo y los operadores de pala, regresando a recogerlos minutos más tarde por ende el operador de equipo auxiliar Tractor de llantas (Torito) no está a tiempo para cuando el palero lo requiere, retrasando así el inicio de operación. Con la propuesta del cambio de guardia en caliente, el operador del tractor de llantas tiene tiempo disponible para limpiar el piso de la pala y luego trasladarse a parqueo para su cambio de guardia

### 3.1.3. Cambio de guardia equipo de acarreo

Gráfico 06. Inicio y fin de turno de equipos de acarreo



Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya



Aparentemente en este mapa se observa

Aparentemente en este mapa se observa que el viaje a mina es el que produce nuestro cuello de botella con un tiempo de 27.15 minutos, lo cual no descarta que haya un problema en este punto, pero que puede estar oculto un sub-proceso que no se observe en el mapa o simplemente que es el tiempo que demora en llegar a la zona de parqueo.

Según el mapeo realizado a los operadores del camión Komatsu, ellos inician el cambio de guardia a las 7.00 a.m., partiendo desde ese punto los operadores piensan erróneamente que su trabajo inicia a las 7.00 a.m.; los operadores están iniciando (encendido) sus equipos a las 7.37 a.m. pero deberían de empezar a las 7.30 a.m. porque es la hora de inicio de trabajo. Por lo tanto, llevan un retraso de 7 minutos, más los 5.61 minutos por desplazamiento al frente de minado, resultan iniciando su trabajo a las 7.42 a.m. minutos, éste tiempo representa la hora que termina el cambio de guardia para el operador entrante. (Ver Pág.- 69)

No se debe de interpretar como tiempo perdido la suma (52.76 minutos) que hay entre los subprocesos, si no el exceso de tiempo a partir de la hora correcta de trabajo, 7.30 horas ésta hora está representada por la vuelta de gallo, inicio de operación y desplazamiento al frente de minado haciendo un total de 14 minutos.

Los tiempos de cada subproceso pueden registrar exceso de tiempo,

pero no todo el subproceso es tiempo perdido. Ejemplo:

La charla de seguridad inicia a las 6.50 horas y termina a las 7.01 horas, según el reglamento interno de seguridad la charla debe de ser de 10 minutos, entonces el exceso de tiempo es de 1.77 minutos, y no se debe de interpretar o asumir los 11.77 minutos como tiempo perdido. Por lo tanto, conocer el tiempo de los subprocesos es necesario para el control

El fin de turno culmina con la última descarga que realiza un camión y que la registra Dispatch, camiones cargados y que no llegan a descargar su carga, ésta es registrada por Dispatch, que toma en cuenta dicha carga y la registra en el total de la producción del turno entrante, por tal motivo los trabajadores terminan su turno a las (7:00 p.m.) antes de la hora señalada (7:30 p.m.) (Percepción errónea del horario de trabajo), para evitar que la distancia de trayecto a chancadora o a stock les perjudique, ya que dicha distancia es de 13 minutos a chancadora y de 10 minutos a stock aproximadamente

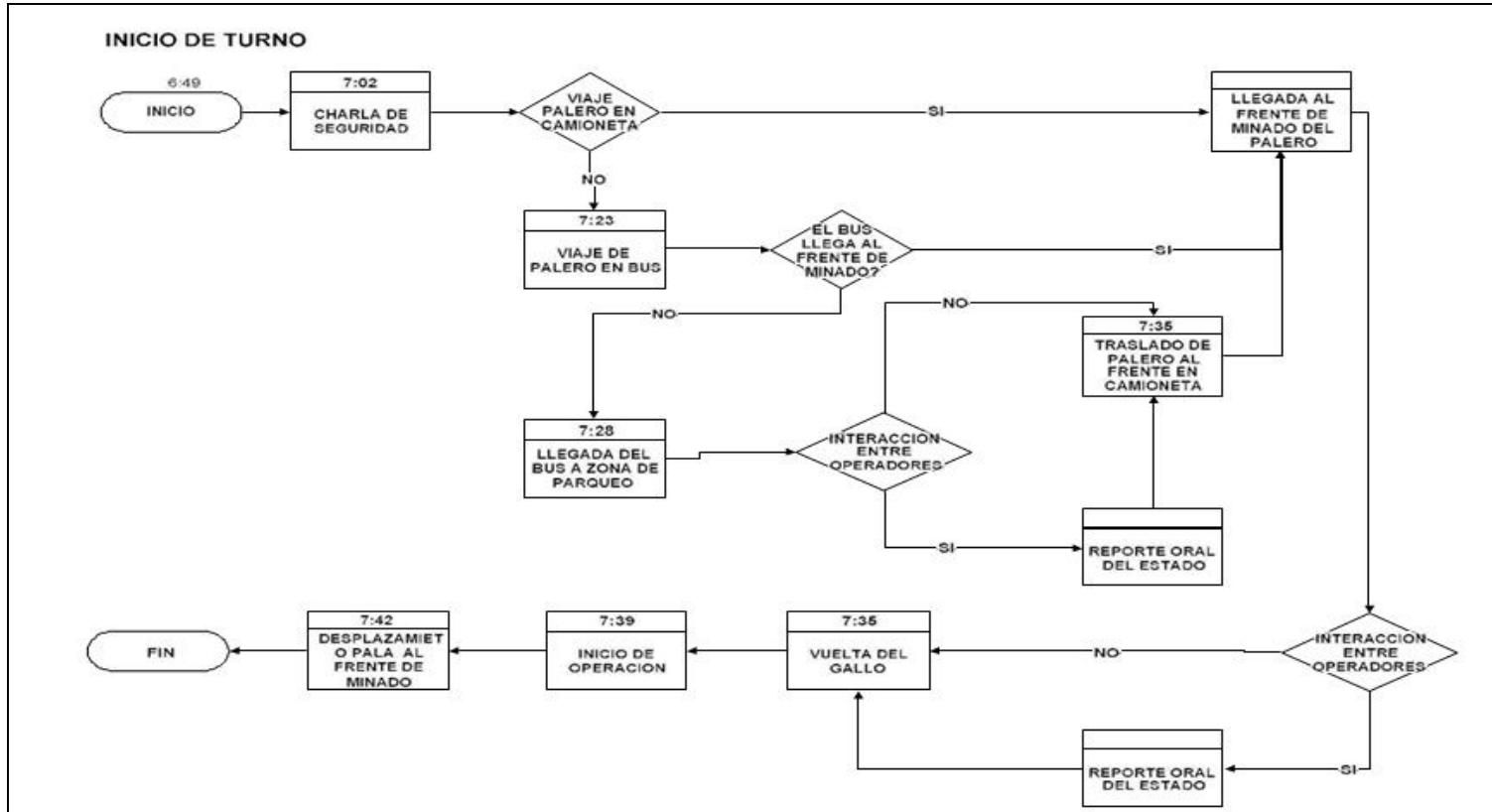
#### **3.1.4. Cambio de guardia de equipo de carguío**

Los tiempos que muestra el mapa de proceso tanto al inicio de turno como al fin del mismo, nos indica que la operación está iniciando fuera del horario establecido para el trabajo de 12 horas (7.30 a.m.-7.30 p.m.) por turno. También, el inicio de operaciones por el cambio de guardia está empezando a las 7:39 a.m. pero

la producción de la pala empieza cuando realiza su primer pase y lo está realizando 7.42 a.m., porque el inicio de operación del palero es de 4 minutos, la vuelta de gallo se da en 7 minutos y el desplazamiento de la pala al frente de minado es de 3 minutos. Generando una pérdida para la producción de 14 minutos, sólo por el cambio de guardia, puesto que el palero debería de estar antes, para evitar que formen cola los camiones.

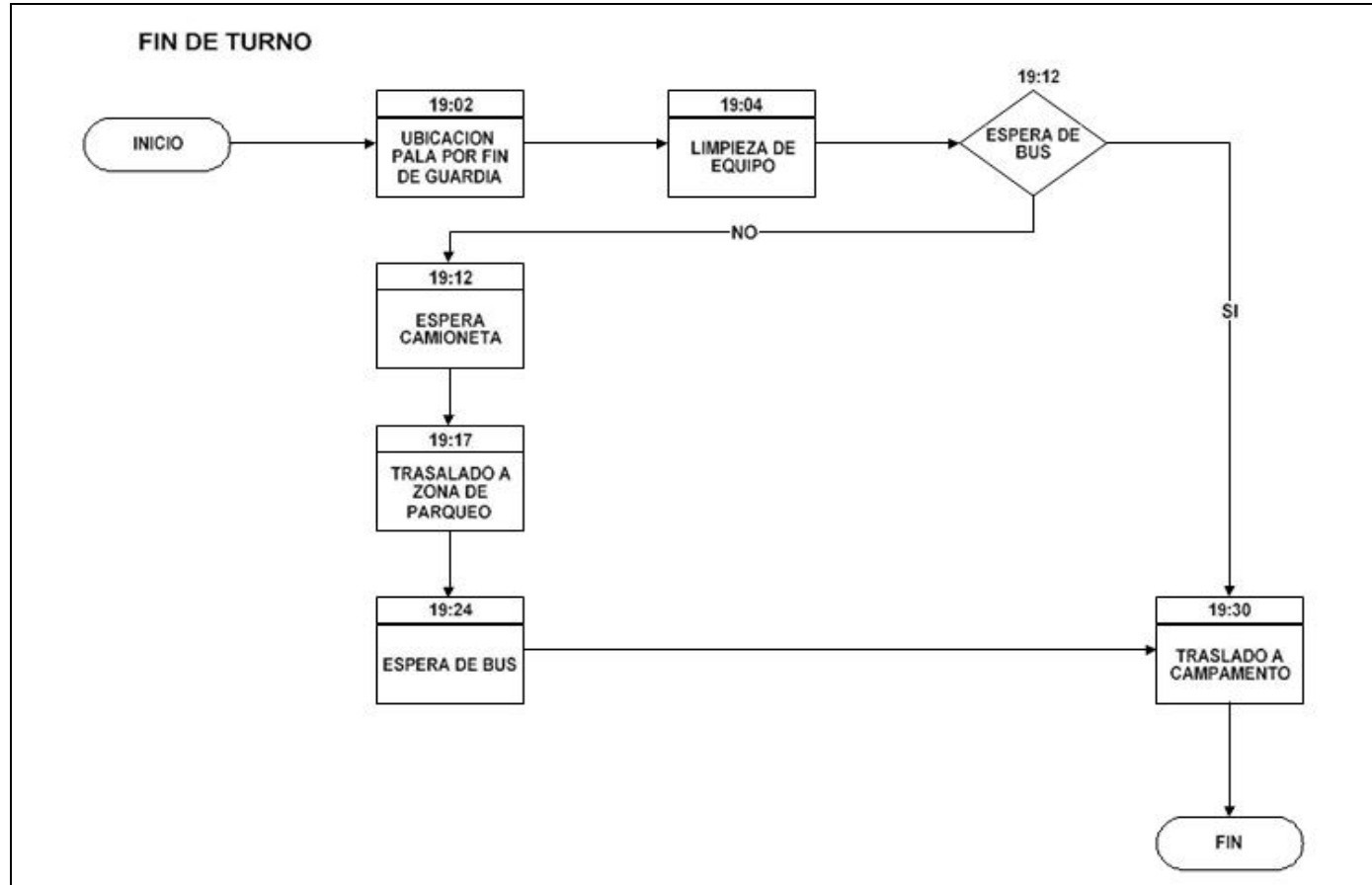
Como todo el cambio de guardia es un ciclo continuo entre operadores entrantes y operadores salientes, el retraso de las guardias (entrante y saliente) implica que la operación del cambio de guardia no está funcionando a la perfección como sistema, puesto que el comportamiento de los operadores indica una pérdida del sentido por el trabajo; la mayoría de los trabajadores no están comprometidos con la producción excusando esta mediocridad erróneamente con la calidad de vida y seguridad, retrocediendo a la etapa de personal reactivo no susceptible al cambio. Observar los siguientes gráficos (7 y 8).

Gráfico 07. Inicio de turnos de equipos de carguío



Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

Gráfico 08. Fin de turno de equipos de carguío

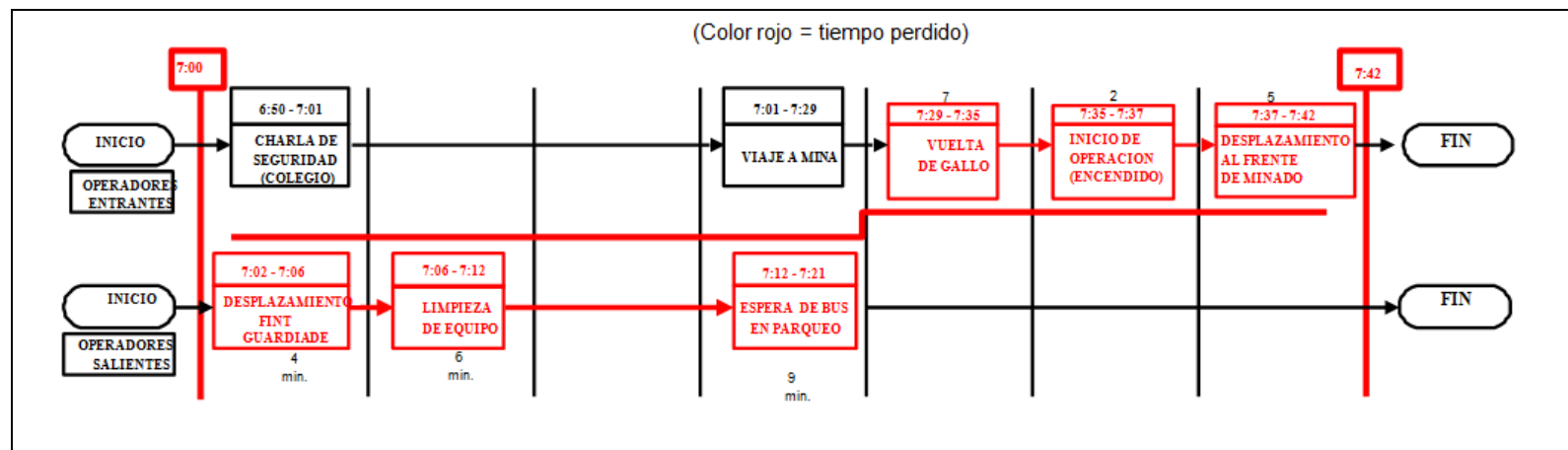


Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

### 3.1.5. Cambio de guardia de equipo de carguío

#### 3.1.5.1. Acarreo

Gráfico 09. Match entre Operadores de Acarreo Inicio y Fin de Turno.



Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

Aquí se puede apreciar en el proceso de acarreo las etapas que realiza el operador entrante como el operador saliente. Las etapas que indican pérdida de tiempo al inicio de operación del operador entrante son vuelta de gallo, inicio de operación (encendido), desplazamiento al frente de minado, con tiempos de 7, 2 y 5 minutos respectivamente y la etapas de pérdida al final de la operación son desplazamiento a parqueo por fin de guardia, limpieza de equipo, espera de bus y el tiempo que se demora hasta las 7:30, que es hora de salida, donde el operador se encuentra en traslado a campamento; los tiempos para cada etapa o sub procesos son 4, 6, 9 y 9 minutos respectivamente.

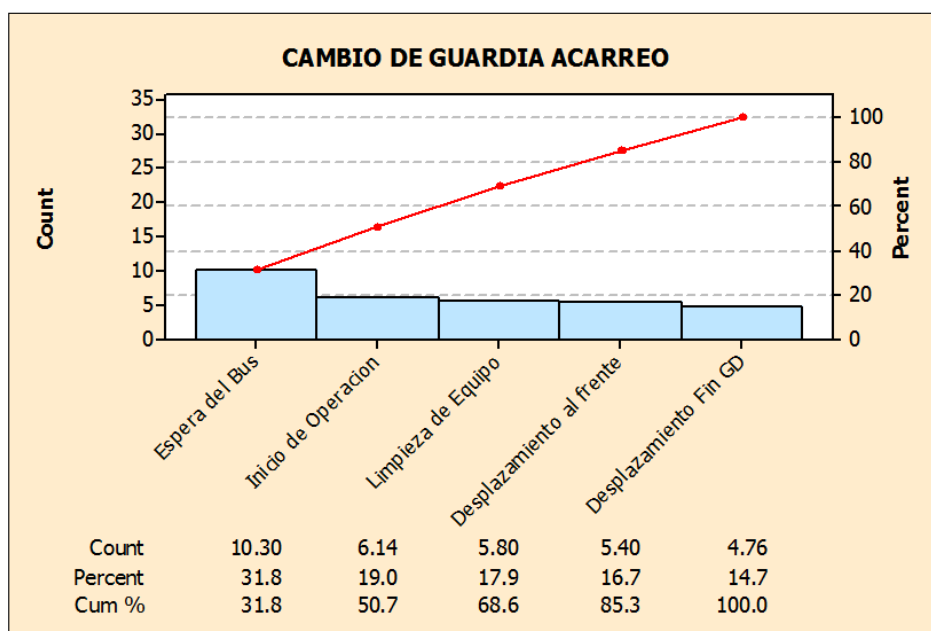
Aquí observamos el Graf. (10), que es un diagrama de Pareto extraído del programa Minitab 14, el cual evaluó los datos ingresados y arroja este diagrama que indica la espera de bus como la etapa de mayor demora, validando lo indicado anteriormente y dicha etapa es utilizada por los operadores como descanso (al terminar antes su trabajo tienen mayor tiempo en esta etapa).

El inicio de operación tiene una demora de 6.14 minutos; lo que se observó en esta etapa es la demora por el cumplimiento del procedimiento que indica que la salida de los camiones de parqueo a mina deben de ser de izquierda a derecha obligatoriamente; esto representa que los operadores no comprometidos que se encuentren en el lado izquierdo, no se dispongan a salir una vez ingresado su

horómetros, perjudicando a los demás operadores y a toda la guardia.

La limpieza de equipo, desplazamiento al frente de minado y desplazamiento por fin de guardia, no implica algún tipo mayor de demora el cual podría variar según la distancia con el frente de minado; los tiempos son de 5.80,5.40 y 4.76 minutos respectivamente.

Gráfico 10. Etapas del Cambio de Guardia en Acarreo

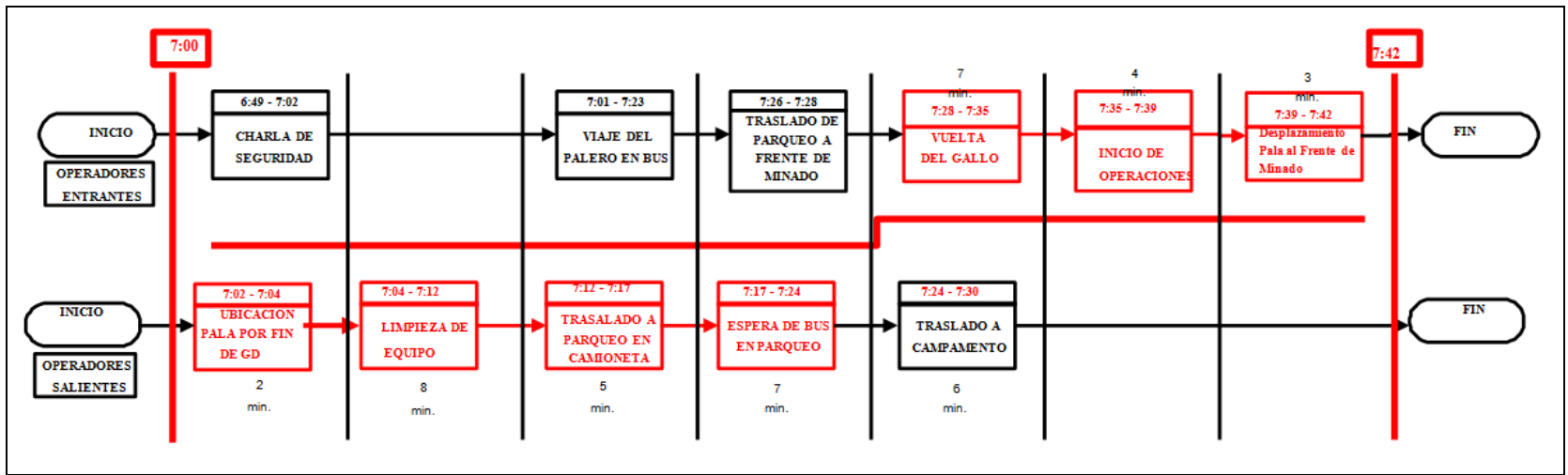


Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya



### 3.1.6. Carguío

Gráfico 11. Match entre operadores de carguío, inicio y fin de turno



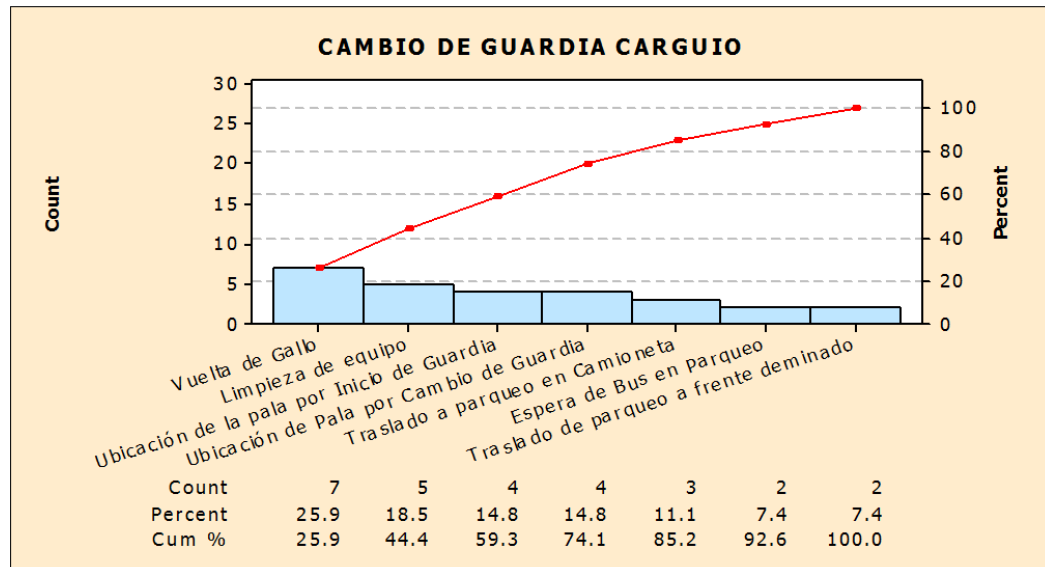
Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

Los tiempos que originan el cuello de botella son la vuelta de gallo, inicio de operación y desplazamiento de la pala al frente de minado como resultado da un tiempo acumulado de 14 minutos, al inicio de operación; y al final de la operación se tienen de ubicación de la pala por fin de guardia con, 2 minutos, 8 minutos en limpieza de equipo, 5 minutos en traslado a parqueo, 7 minutos en espera de bus y 6 min. en traslado a campamento, sólo hasta las 7.30 que es la hora real de salida para el personal.

La vuelta de gallo para los operadores de pala les implica un tiempo mayor de chequeo, ya que necesitan aparte de la revisión de las orugas ingresar a la casa de máquinas donde allí verifican el estado de los cables, que se encuentran en el tambor que alimenta a la pluma y al lápiz de dicha pala, también dan una inspección visual del estado de los controles eléctricos sin llegar a manipularlos, aún si detectaran una falla, ya que se les tiene prohibido la manipulación de dichos controles. Por lo tanto se debe de añadir que se observó lentitud al realizar esta tarea; los operadores de pala pueden realizar esta tarea más rápido, pero la vuelta de gallo es necesaria y no se puede minimizar más el tiempo, que ya es de 7.0 minutos. Pero resalta como prioritario reducir la influencia que representa el fin de guardia; este fin de guardia está conformado por las etapas o subprocesos de limpieza

de equipo, espera de bus, traslado a campamento, traslado a parqueo por fin de guardia y ubicación de la pala por fin de guardia, con un tiempo acumulado de 28 minutos. Los tiempos de cada una de las etapas se indican en el grafico (12), que fue extraído del programa Minitab 14. (Ver Glosario)

Gráfico 12. Etapas del Cambio de guardia en carguío



Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

### 3.2. ANÁLISIS DE TIEMPO PERDIDO EN ACARREO Y CARGUÍO

#### 3.2.1. Análisis desde el equipo de acarreo:

- Estado actual
    - Inicio de operación efectiva (carguío): 7:42
    - Finaliza su operación (última descarga): 19:00
  - Pérdida de tiempo
    - Inicio de operación del camión: 12 min
    - Fin de operación del camión: 30 min
- TOTAL: 42 min

#### 3.2.2. Análisis desde el equipo de carguío:

- Estado actual
    - Inicio de operación efectiva (primer pase): 7:42
    - Finaliza su operación (último pase): 19:00
  - Pérdida de tiempo
    - Inicio de operación de la pala: 12 min
    - Fin de operación de la pala: 30 min
- TOTAL: 42 min

### 3.2.3. Pérdidas del sistema

Cuadro 01. Pérdidas en el sistema para cambio de guardia

PÉRDIDAS EN EL SISTEMA	MIN
Cuello de botella (inicio de operación)	12
Tiempo a ganar (fin de operación)	30
Tiempo para cambio de guardia	42

Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

Utilizando la teoría de restricciones, (TOC) –(Ver Glosario) el cual tiene métodos para mejorar el desempeño de un cuello de botella cuyo objetivo es:

- Incrementar intensidad - unidades/hora, velocidad, potencia
- Incrementar tiempo de operación
- Incrementar el trabajo bien hecho, rendimiento
- Incrementar inspección antes del cuello de botella
- Mejorar tiempo de operación, antes y/o después
- Dar la importancia más alta posible al cuello de botella
- Transferir una parte de la carga a otro recurso en serie

- Usar un recurso en paralelo para hacer el mismo trabajo

Lo anteriormente mencionado, nos conduce al pensamiento crítico el cual nos lleva a determinar la cuantificación del cuello de botella, que no es nada más que la raíz de nuestro problema.

El criterio del cuello de botella para maximizar la rentabilidad de un negocio, es tener que asegurar que el flujo a través del cuello de botella genere las mayores ganancias, en todo momento; por tal motivo necesitamos generar nuestro sentido de urgencia para clarificar nuestras necesidades y poder cuantificar nuestra brecha con respecto del objetivo.

Uno de los métodos que tiene el TOC es el “Caso Negocio”; éste brinda formas de abordar un problema.

*The best case* / el mejor caso

*The Normal case* / el caso normal

*The Worst case* / el peor caso

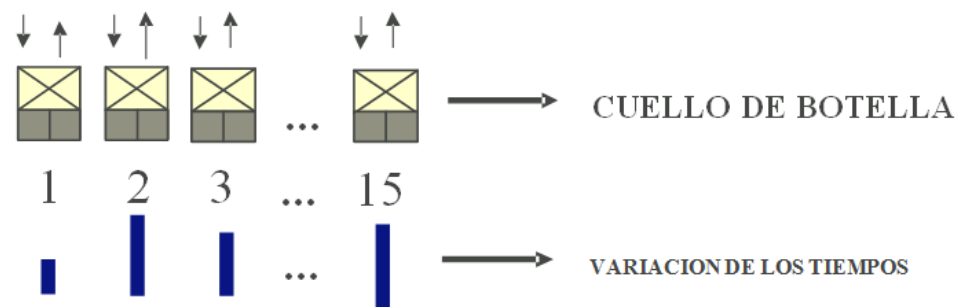
Al analizar un problema debemos plantearnos siempre *the worst case* de una base de datos (medición) estadísticamente aceptable.

Six Sigma enseña al equipo que conforma, el análisis de los problemas que cambien sus modelos mentales, la visión de cómo ven las cosas; es así que los problemas los vemos como oportunidades de mejora.

### 3.2.4. Análisis del Problema

#### A. Oportunidad de mejora 1

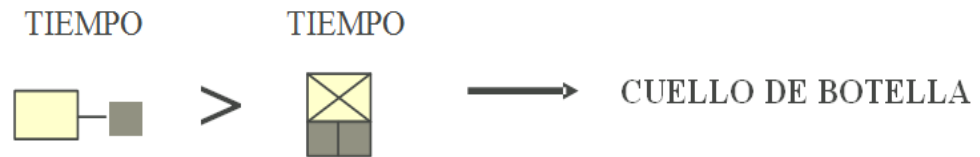
Todos los operadores realizan al mismo tiempo el cambio de guardia.



Aquí todos los operadores de camiones no realizan efectivamente su cambio de guardia originando el cuello de botella, porque tienen que detenerse para realizar este tipo de cambio de guardia. En este caso se pueden usar bahías y así ahorrar tiempo de espera.

#### B. Oportunidad de mejora 2

Minimizar el tiempo de cambio de guardia de operador de pala.



En el cambio de guardia actual el operador de pala tiene el mayor tiempo con respecto del operador de camión, originando las colas en los equipos de acarreo.

El planteamiento de las propuestas por cada oportunidad de mejora que se analizó, se verá en el capítulo siguiente, donde se planteará el “Cambio de Guardia en Caliente”. Cabe resaltar que la prioridad es ganar 30 minutos, ya que no se puede eliminar el cuello de botella, porque está conformado por la vuelta de gallo, inicio de operación, etc. y son subprocesos que siempre se realizarán y se les asume como pasivos

### **3.3. PRIMER PASE CON PRESENTACIÓN DE BALDE**

Actualmente por la complejidad del primer pase se ha visto por conveniente analizarlo por separado y en primer lugar, antes que el ciclo parcial de carguío; por este motivo se planteó objetivos a cumplir en el análisis de este punto crítico; los objetivos fueron:

- Validar la factibilidad del procedimiento de operación.



- Comprobar el impacto del primer pase en el ciclo de carguío.
- Determinar el desfase entre guardias por el procedimiento.

### 3.3.1. Factores que condicionan el primer pase $Y=F(Xs)$

Al utilizar la metodología DMAIC sabemos que nos va a conducir al conocimiento crítico al igual que TOC (Teoría de Restricciones), al manejar  $Y = F(Xs)$  conocemos:

Como los factores (Xs) afectan la salida de (Y).

Como controlar o ajustar (Xs) para obtener el resultado (Y).

Como mejorar el proceso

Cuadro 02.Principales factores que influyen en la salida del primer pase

PRIMER PASE	F(x)
	Tipo de material Condiciones mecánicas (giro de la pala) Llenado del balde Tiempo de maniobra de ingreso del camión Condiciones del frente de minado Descarga de material (Altura de descarga) Seguridad Cuidado del equipo

Fuente: Lluvia de ideas Operaciones Mina - Tintaya

- Tipo de mineral: ya que sus densidades son diferentes entre sulfuro y desmonte, dificultando así el llenado del primer balde.
- Condiciones mecánicas: entre las palas P&H 2800 que son dos, hay una diferencia en el giro de la tornamesa, una de ellas es más rápida.
- Llenado del balde: los operadores de pala no llenan el balde al 100 % de su capacidad.
- Tiempo de maniobra de ingreso del camión: demora al ingresar los camiones a la zona de carguío, porque los camiones deben de esperar en retroceso la presentación del balde, para ingresar rápidamente después de dicha presentación, pero ellos esperan en posición frontal a la pala y después giran sobre su lado derecho (por seguridad) para recién ingresar a la zona de carguío, perdiendo minutos valiosos en esta operación.
- Condiciones del frente de minado: la variación aleatoria y asignable existente en el macizo rocoso y otros; ver anexo N° 03 - Tab.(1y 2)
- Descarga de material: demasiada variación en la altura del frente de minado con la altura de descarga; esta variación es en metros. Ver anexo N° 03 - Tab.(2)
- Seguridad: cumplimiento del procedimiento. Ver anexo N° 04
- Cuidado del equipo: realizar los pases de carguío con cuidado

### 3.3.2. Procedimiento de operación de palas eléctricas

El procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS) del gráfico (13) en la dieciseisava etapa del trabajo (Operación de llenado de balde y descarga en tolva de camión), indica en la parte de procedimiento seguro que “una vez llenado el cucharón con material, gire hacia la izquierda o derecha, presentando el cucharón para el ingreso de los camiones”. Este procedimiento permite que se pierdan minutos valiosos al ingreso de los camiones a la zona de carguío.

Si desea ver el procedimiento completo consultar anexo N° 04.

Gráfico 13. Procedimiento escrito de trabajo, actividad: Operación de palas

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO		NOMBRE DE ACTIVIDAD		bhpbilliton	
CODIGO	MI - 001	OPERACION PALAS ELECTRICAS		GERENCIA	MINA
FECHA	Página 3 de 3	PERSONAL EJECUTANTE			
ELABORACION	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; text-align: center;">           Una vez llenado el cucharón con material gire hacia la izquierda o derecha presentando el cucharón para el ingreso de los camiones.         </div>				
REVISION					
APROBACION					
DISTRIBUCION	SEGURIDAD	GEP	MANTENIMIENTO	OXIDOS	
ETAPAS DEL TRABAJO	INCIDENTE POTENCIAL	PROCEDIMIENTO SEGURO			
16. Operación de llenado de cucharón y descarga en tolva de camión.	Inhalación de polvo. Mala postura al operar equipo. Proyección de escombros. Aplastamiento de personas. Caída de Rocas del talud. Caída de rocas del cucharón. Deslizamiento de personas por el talud. Colisión. Acostumbramiento. Explosión. Fuego. Fuga de hidrocarburos. Generación de polvo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aproxime la pala hasta que considere, pueda coger el material del frente sin retraer ni extender el lápiz hasta sus límites.</li> <li>• Comunique que se encuentra ubicado en el frente de trabajo y listo para realizar el carguío.</li> <li>• Maniobre el izaje y empuje, hasta que los dientes del balde toquen el piso.</li> <li>• Efectúe el llenado del cucharón con las maniobras de izaje y empuje.</li> <li>• Llene el cucharón gradualmente y en función al tipo de material.</li> <li>• NUNCA mine cerca de un tiro estroado. En ese caso, detenga la operación y comuniqué.</li> <li>• NUNCA eleve el cucharón hasta que toque las poleas de la pluma.</li> <li>• Cuando haya terminado el llenado, traiga un poco el lápiz, para permitir el libre giro.</li> <li>• <span style="border: 2px solid red; padding: 2px;">Una vez llenado el cucharón con material gire hacia la izquierda o derecha presentando el cucharón para el ingreso de los camiones.</span></li> <li>• Manteniendo el cucharón por encima de la altura de la tolva del camión, controle el giro hasta ubicar el cucharón para guiar el correcto estacionamiento del camión.</li> <li>• Coloque el cucharón a la altura donde sea posible abrir la compuerta sin golpear al camión.</li> </ul>			

Fuente: Procedimientos Operaciones Mina – Tintaya

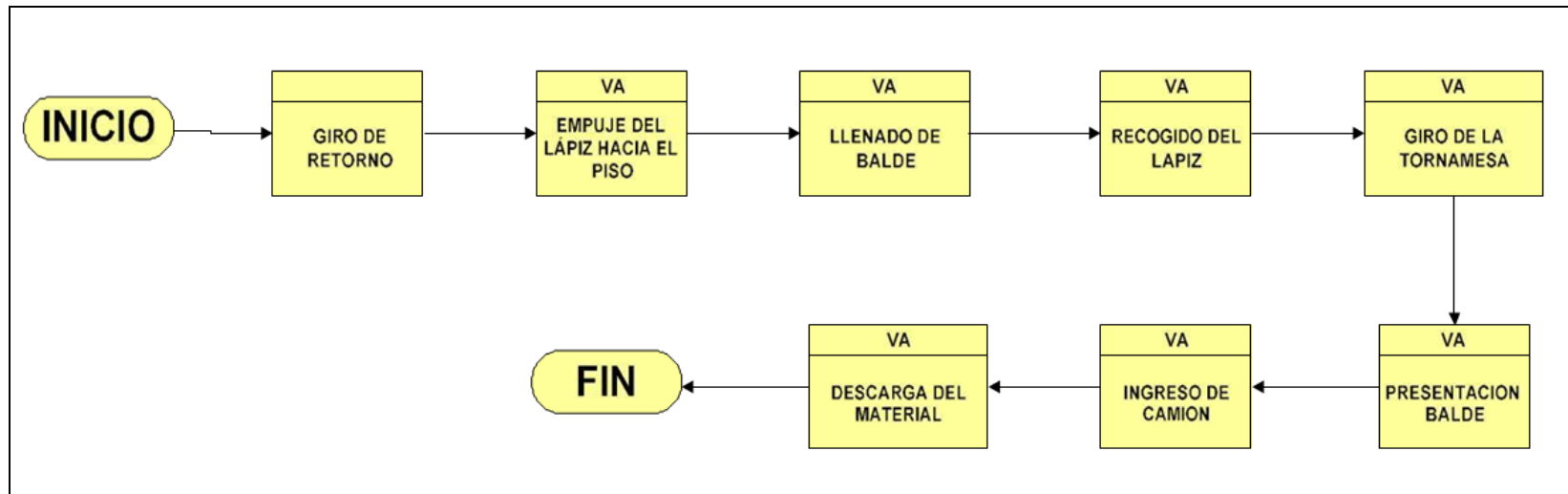
### 3.3.3. Mapeo de Proceso Actual

(Con y sin presentación de balde)

En las observaciones de campo se determinó que algunos operadores de camión Komatsu ya esperaban la presentación del balde en retroceso, perdiendo solamente el tiempo de ingreso a la zona de carguío, mientras que otros operadores de camión una vez presentado el balde recién realizaban la maniobra de ingreso a la zona de carguío, haciendo perder aún más tiempo en dicha maniobra, lo que indica una mala “**Actitud**” en el desarrollo de esta operación, que se verá con más detalle en posteriores análisis.

A continuación se apreciará el mapa de proceso del primer pase presentando el balde según el procedimiento

Gráfico 14. Mapa de Proceso del Primer Pase (de acuerdo al Procedimiento)

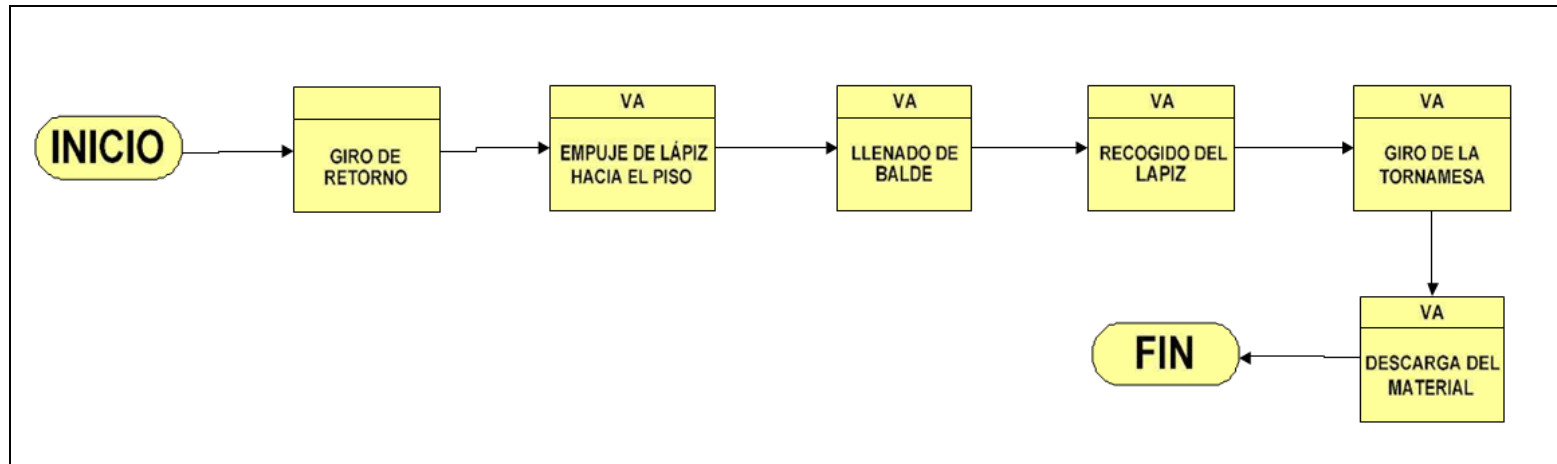


Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

El giro de retorno es la etapa siguiente de la descarga de mineral, como bien dice retorna al frente para empujar el balde hacia el frente de minado y realizar el llenado de mineral al balde, para luego girar hacia el camión presentando el balde. Esta presentación del balde hasta que descarga la pala en el camión implica una pérdida de 20 segundos; este tiempo representa la etapa de maniobra de ingreso a la zona carguío realizada por el camión.

Se aprecia el mapa de proceso del primer pase sin presentar el balde, no cumpliendo el procedimiento.

Gráfico 15. Mapa de Proceso del Primer Pase (sin el Procedimiento).



Fuente: Datos de Campo Operaciones Mina - Tintaya

Como observamos en el mapa las etapas de presentación de balde e ingreso de camión son obviadas, por tal motivo el proceso se hace con más rapidez.

Es decir, el ingreso de camiones a la zona de carguío lo realizan incumpliendo el procedimiento de seguridad, que indica la presentación del balde como punto referencia para el ingreso de camiones; algunos operadores tienden a realizar esta práctica para optimizar el proceso de carguío ya que aducen demasiada experiencia para realizar esta operación sin presentación de balde; lo discrepante es que hay operadores que si cumplen el procedimiento pero esperan en retroceso que la pala les presente el balde, para que inmediatamente después ingresen a dicha zona dándole un valor agregado al cumplimiento del procedimiento; por tal motivo su tiempo de ingreso es mayor; aunado a este tipo de operadores existen otros que utilizan como justificación el cumplimiento del procedimiento para una vez presentado el balde recién realizan la maniobra de ingreso incrementando aún más el tiempo de ingreso a la zona de carguío.



### 3.3.4. Estado Actual: Inspecciones visuales

Foto 01. Visualización del proceso del primer pase (sin el procedimiento)



Fuente: Operaciones Mina - Tintaya

Se observa claramente que la pala está cargando con el último pase al camión 3054 y el camión 3056 de (Alfredo Llave) ya ingresó y se encuentra esperando a la pala en la zona de carguío.

Foto 02. Visualización del Proceso del Primer Pase (sin el Procedimiento)



Fuente: Operaciones Mina - Tintaya

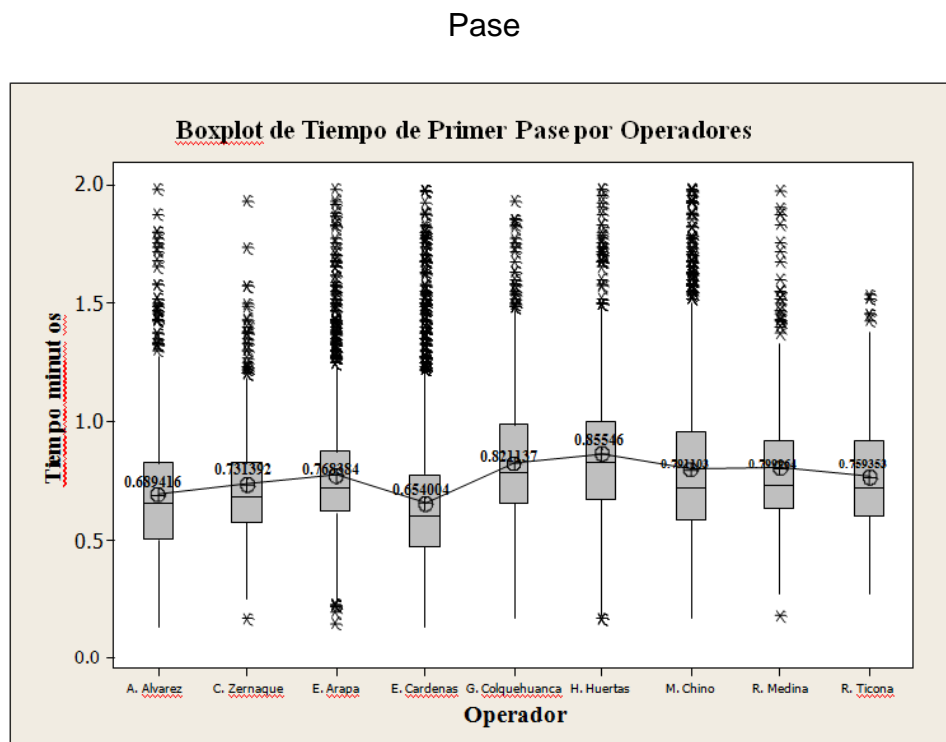
El camión 3057 está saliendo de la zona de carguío mientras que el camión 3053 está ingresando a la zona de carguío sin que le presenten el balde, ya que la pala 2051 recién está cargando su primer pase.

### 3.3.5. Prácticas actuales de operadores en primer pase

En el siguiente gráfico el Boxplot o también llamado diagrama de caja, indica la ubicación de la mediana con una línea central dentro de la caja y que está unida por el símbolo entre los diferentes operadores; con el fin de apreciar al operador con la mediana más baja; entre ellos tenemos a Emilio Cárdenas con una mediana de 0.654 minutos, Agripino Álvarez con 0.689 minutos, Carlos

Zernaque con 0.731 minutos, Ronal Ticona con 0.759 minutos, Ernesto Arapa con 0.768 minutos, y Manuel Chino con 0.791 minutos, entre los seis más rápidos en el proceso completo de carguío.

Gráfico 16. Gráfica Boxplot de Tiempo del Primer Pase por Operadores



Fuente: Datos de campo Operaciones Mina - Tintaya

Los *Outliers*, en este caso son valores correctamente registrados, la ubicación de los *outliers* se muestra con el símbolo (\*). (Ver Glosario).

Cuadro 03. Ubicación de los operadores según sus palas y guardia

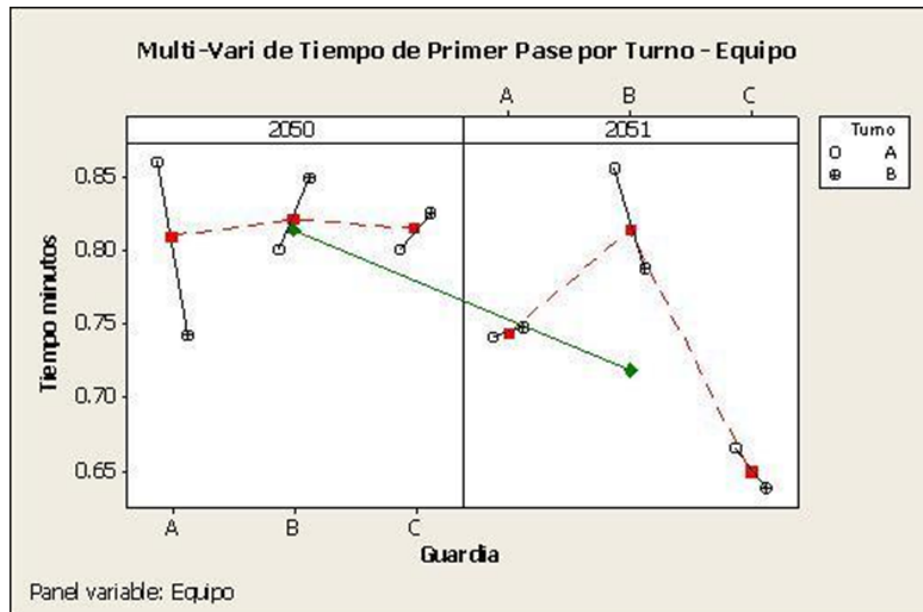
OPERADORES	PALAS P&H 2800		PALA P&H 2300
	2050	2051	2041
FIJOS	Manuel Chino (A)	Ernesto Arapa (A)	Agripino Álvarez (A)
	Héctor Huertas (B)	Genaro Colquehuanca(B)	Cristóbal Zernaque (B)
	Emilio Cárdenas (C).	Ramiro Medina (C).	Clemente Quispe (C).
REEMPLAZOS	Agripino Álvarez (A)	Ronal Ticona (A)	Ronal Ticona (A)
	Cristóbal Zernaque (B)	Cristóbal Zernaque (B)	
	Clemente Quispe (C).	Octavio Paredes (C).	Octavio Paredes (C).

Fuente: Datos de campo Operaciones Mina - Tintaya

En el cuadro también se aprecia a los operadores en sus respectivas guardias indicadas por una letra sea A, B, o C; entre los operadores con promedios más bajo es decir que su tiempo es mejor que la del promedio de operadores, están como operadores fijos Emilio Cárdenas, Manuel Chino, Cristóbal Zernaque, Ernesto Arapa, Agripino Álvarez, y como variable y mejor operador novato Ronal Ticona de la guardia A y el operador Clemente Quispe no fue controlado al igual que Octavio Paredes.

### 3.3.6. Rendimiento por equipo y guardias (primer pase)

Gráfico 17. Gráfica Multi-Vari de Tiempo del Primer Pase por Turno y Equipo



Fuente: Datos de campo Operaciones Mina - Tintaya

Esta gráfica Multi-Vari descompone diferentes fuentes de variación como tipos de guardias, diferencias entre operadores, diferentes de equipos, tiempos operativos, y turnos de trabajo, etc. La gráfica muestra claramente dos sectores izquierdo y derecho, Palas 2050-2051 respectivamente, el turno A es noche y el turno B es día según Dispatch; utilizando el cuadro (3) sabemos que en la pala 2050 los operadores de las guardias A,

B, y C son

Ernesto Arapa, Genaro Colquehuanca, Carlos Zernaque respectivamente. Entonces indicamos que el operador Ernesto Arapa de la guardia A es más rápido en el turno de día (0.74 min.=44s) que en el turno noche (0.86 min.=51 s), y con la mediana (de color rojo) en (0.81min.=48s) es más rápido que los demás trabajadores que operan la pala 2050, pero su rendimiento total (día y noche) no es uniforme habiendo demasiada variación en el tiempo entre ambos turnos. El operador Genaro Colquehuanca de la guardia B es más rápido en el turno noche que en el día y sus tiempos no tienen mucha variación, pero aún su mediana (0.82 min.=49s) no es tan baja como la de Ernesto Arapa (48s). Por el contrario Carlos Zernaque tiene una mediana de (48.7s) indicando que no es muy exacto con la eficiencia en el tiempo pero si que es más preciso que sus demás compañeros, ya que su variación o dispersión de los datos (tiempos) es mediana.

El operador Emilio Cárdenas de la guardia C y pala 2051 es el más exacto, rápido, con (38.7s), por el primer pase y con una pequeña variación de los datos entre los tiempos de noche y de día.

Manuel Chino de la guardia A que trabaja el pala 2051 no es tan rápido en el primer pase, pero es mucho más preciso y exacto con respecto del tiempo y los turnos de trabajo, el operador tiene una

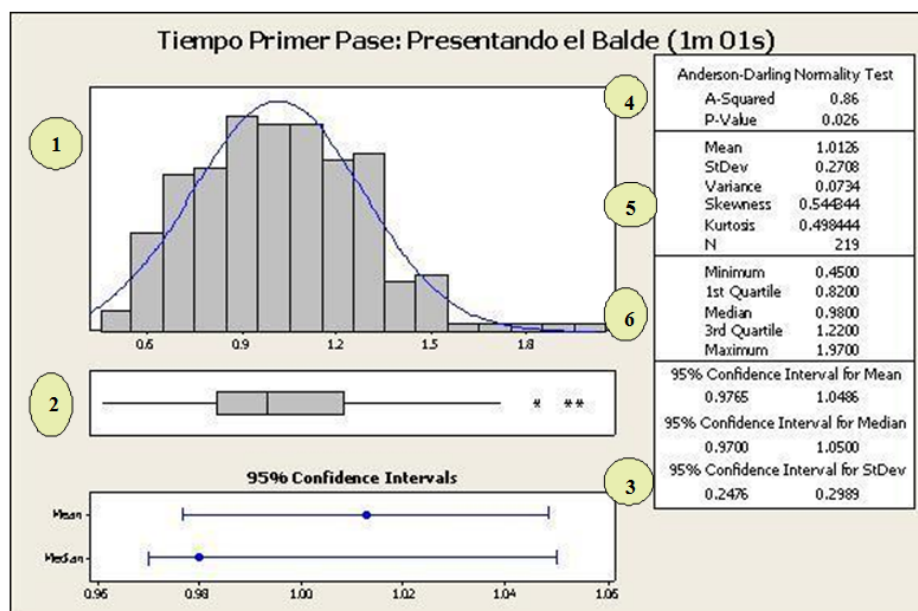
mediana de (44.9s); haciéndolo un operador valioso para la producción de la mina.

Mientras que el operador Héctor Huertas es todo lo contrario, a este operador se le debería de cambiar a otra pala y promover a otro novato con mejores tiempos de carguío; estos cambios se verán más adelante.

La línea de color verde indica la mediana entre las palas (2051-2050) las cuales son 0.81min. y 0.73 min. respectivamente. Ver gráfico (17).

### 3.3.7. Impacto del primer balde en el ciclo de carguío

Gráfico 18. Graphical Summary del Tiempo del Primer Pase presentando el balde



Fuente: Datos de campo Operaciones Mina - Tintaya

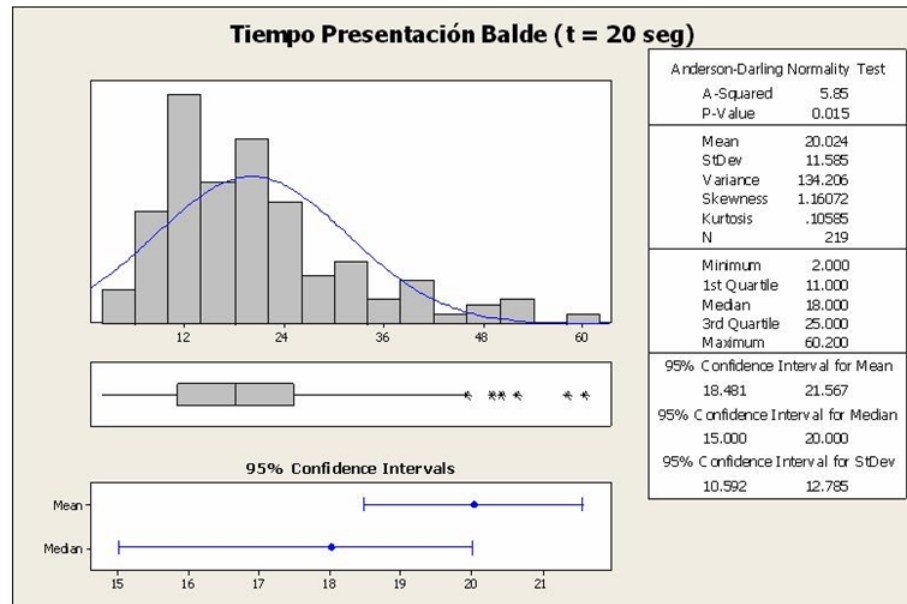
El gráfico (18) muestra el tiempo del primer pase con la presentación del balde y esta figura está dividida en seis secciones:

1. Histograma: nos muestra la concentración y distribución de los tiempos del primer pase, y la curva de normalidad evalúa cual normales son los datos que se están analizando
2. Boxplot: muestra la dispersión de la data marcando con una línea central el valor medio (mediana = 50%) de la caja mostrada, el borde izquierdo representa el primer cuartil (25%) y el borde derecho el tercer cuartil (75%). Sus valores se muestran en el área 6.
3. Intervalos de confianza: es un intervalo usado para estimar la característica numérica de la población que está siendo analizada y muestra los intervalos de confianza para la población (0.9765- 1.0486 min.) indicando su valor en el área 5 (1.0126 min.), y los valores de los intervalos para la mediana y desviación estándar se encuentran en el área 5 y 6.
4. Prueba de normalidad: este se basa en la hipótesis de que los datos no son normales con una confiabilidad del 95% es decir 0.95; así que si el P-Value es mayor a 0.05 nuestros datos son normales, esta prueba es fundamental para dar a nuestros datos dicha confiabilidad, siendo negativa se tendrían que depurar la mayoría de los datos y por consiguiente rechazar toda la población. Nuestro P-Value está por encima de ese valor 0.026 min.



5. Parámetros estadísticos: este muestra los principales parámetro como la media, su valor (1.0126 min.) es el tiempo del primer pasa presentando el balde, y la desviación estándar que es de (0.2708 s) de dispersión alrededor de la media y otros parámetros adicionales.
6. Valores extremos: muestra el valor máximo y mínimo para determinar el rango de los datos así como también los valores de los cuartiles los cuales dividen los datos en cuatro partes es decir en 25% primer cuartil (0.82 min.) Segundo cuartil 50%(0.98 min.) este cuartil es la mediana y tercer cuartil 75% (1.22 min.), lo cual es muy útil para visualizar la dispersión de los datos mostrándose en el diagrama de caja (Boxplot)

Gráfico 19. Graphical Summary del Tiempo de la presentación del balde



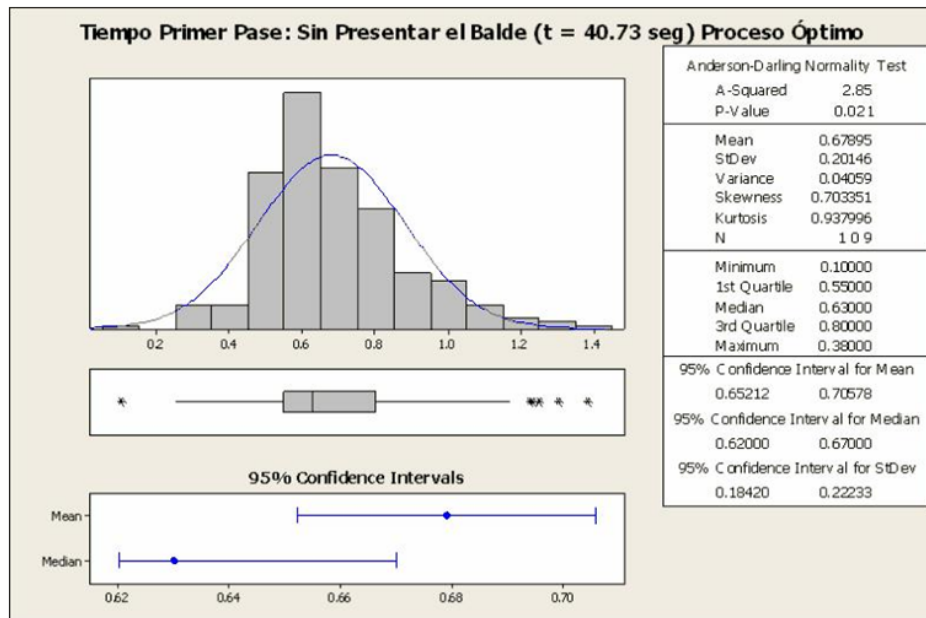
Fuente: Datos de campo Operaciones Mina - Tintaya

Esta gráfica sólo indica el tiempo de la presentación del balde, es decir, el tiempo en que se encuentra la pala en posición de descarga (presentación del balde) sea izquierda o derecha, hasta que ingresa el camión a la zona de descarga. El sesgo a la izquierda que presenta este gráfico nos indica que hay tiempos demasiado largos que sobre pasan el minuto y son producto de operadores desmotivados y no comprometidos con su trabajo; también se aprecia tiempos demasiado bajos que se pudieron depurar, pero contamos con el P-Value que presenta un valor

mayor al 0.05 dando validez a nuestra curva de normalidad y afirmando que nuestros datos son normales, pese que se aprecia outliers en el boxplot que se pudieron eliminar, cediendo a la exigencia del equipo de soporte se obvió éste, reafirmando la normalidad de los datos con el P-Value y los intervalos de confiabilidad nos dan valores para la mediana de 18 segundos y para la media de 20.02 segundos, culminando en afirmar el criterio del equipo de soporte.

Como se ve en los datos el valor para la media es de 20.02 segundos, ya que este tiempo significa una pérdida para el sistema Pala – Camión, se cuantificará dichas pérdidas para este sistema más adelante.

Gráfico 20. Graphical Summary del Tiempo sin la presentación del balde



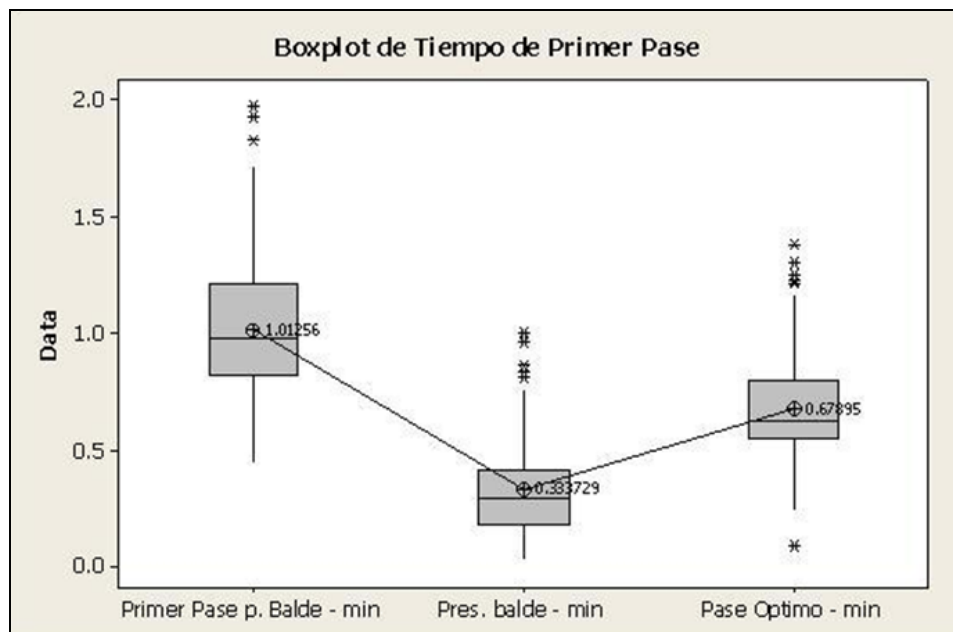
Fuente: Datos de campo Operaciones Mina - Tintaya

El tiempo del primer pase sin la presentación del balde es de 0.67895 minutos mucho más rápido que el tiempo del primer pase con la presentación del balde de 1.0126 minutos; esta rapidez que se adquiere sin la presentación del balde nos lleva a la pregunta ¿qué tan seguro es trabajar sin esta presentación?, ya que en la actualidad el incumplimiento de las normas de seguridad son sancionadas de acuerdo con el grado de riesgo y potencial del mismo. El líder de guardia es el primero que nota esta falta en contra del procedimiento de seguridad (norma), pero al ver que su

producción aumenta rápidamente obvia esta falta a favor de su guardia (40.73 s), dejando el riesgo latente en el transcurso del tiempo.

El primer pase sin la presentación del balde constituye un tiempo de 40.73 segundos, este tiempo representa un aumento en la producción que el equipo de soporte piensa sostener para lograr incrementar la producción en mina.

Gráfico 21. Boxplot de Tiempo del primer pase



Fuente: Datos de campo Operaciones Mina - Tintaya

El Boxplot o diagrama de caja, en este caso nos muestra los tres tiempos para el primer pase, la presentación del balde con procedimiento (1.01 min.), el tiempo neto de la presentación del balde (0.33 min.=20.02 s) y la presentación del balde sin procedimiento como pase óptimo (0.67 min.), ya que se ha demostrado la eficiencia del primer pase sin la presentación del balde; tratando de homogenizar esta práctica en todos los operadores.

### 3.3.8. Cuantificación de Pérdidas

Cuadro 04. Datos de presentación del balde

<b>PRESENTACION DEL BALDE</b>		
Tiempo medio de presentación de balde	20.02	SEG/PASE
F.C. por cola de camiones	7.05%	
Disponibilidad mecánica	84%	
Utilización efectiva	80%	
Turnos por día	2	CD/DIA
Pérdidas por pase	1.9	SEG/PASE
Pérdidas por día	0.03	MIN/PASE

Fuente: Sistema Dispatch

Los 20.02 segundos son los registrados anteriormente, por el tiempo neto que dura la presentación de balde; el factor de corrección por la cola de camiones es el tiempo en porcentaje que dura la cola de camiones desde que empieza hasta que termina dicha cola. Lo resaltante de este cuadro es el tiempo perdido por día de trabajo del sistema pala – camión que es de 0.03 minutos/pase.

Cuadro 05. Cuadro de Cuantificación de Pérdidas

PALAS	HISTÓRICOS		CUANTIFICACIÓN PERDIDAS				
	TM/HR	TM/MIN	MIN/PASE	TM/PASE	PASE/DIA	TM/DIA	TM/AÑO
2041	2328.15	38.80	0.03	1.23	102.00	125.46	45792.90
2050	3469.55	57.82	0.03	1.83	239.80	438.83	160172.95
2051	4540.79	75.82	0.03	2.40	217.50	522.00	190530.00
<b>TOTAL</b>							<b>396495.85</b>

Fuente: Sistema Dispatch

Las pérdidas del primer pase por la presentación del balde son de 396,495.85 toneladas/año.

Cuadro 06. Cuantificación de Pérdidas

PALAS	HISTÓRICOS		TM/DIA	DIA/AÑO	TM/AÑO
	HR/DIA	TM/HR			
2041	13.16	2328.15	30634.730	365.00	11181677.41
2050	16.16	3469.55	56062.660	365.00	20462870.26
2051	17.32	4549.79	78808.130	365.00	28764968.84
<b>TOTAL</b>					<b>60409516.51</b>

Fuente: Sistema Dispatch

La utilización efectiva de las 3 palas 2041, 2050, 2051, son brindadas por Dispatch en el último mes, ya que por cuestiones climáticas hubo muchas fallas; por el uso incorrecto de los equipos por parte de algunos operadores es que se tuvo esos valores; las 60`409,516.51 toneladas/año están registradas en lo que va del año fiscal 2005; las 396,495.85 toneladas/año son ahorros que los percibirán como beneficios en los próximos meses.

#### 3.4. CICLO PARCIAL DE CARGUÍO

Como ya se vió en el punto 4.2 (Pág.81-primer pase), se ha dividido el tiempo de carguío por la complejidad del primer pase en: Primer pase y ciclo parcial de carguío. El tiempo parcial de carguío está conformado por dos pases para mineral y tres para desmonte; sólo para este proyecto el motivo de separar el tiempo parcial de carguio y el primer pase de carguío es el tiempo de decisión que tiene el operador al realizar el



primer pase y que no lo tiene al realizar los siguientes pases. Por lo tanto, el tiempo parcial de carguío más el tiempo del primer pase, suma el tiempo total de carguío, en el cual, estarían realizando tres pases para mineral y cuatro para desmonte; estos varían por el tipo de roca (Skarn sulfuros: P.e. 2.058 Tn/m<sup>3</sup> y Factor de Esponjamiento 0.75 %, Caliza-Mármol: P.e. 2.043 Tn/m<sup>3</sup> y Factor de Esponjamiento 0.75%, Desmonte: P.e. 1.918 Tn/m<sup>3</sup> y Factor de Esponjamiento 0.845%).

Estos pases están influenciados por las condiciones climáticas y del frente de minado, ya que las condiciones climáticas son variaciones aleatorias, y para reducir este tipo de variación que no afecte al proceso, se requiere de una mayor inversión y de análisis estadísticos más profundos, como un diseño de experimentos. Se les considerará como tales variaciones sin control, en cambio las variaciones asignables (frente de minado) si se pueden estimar; la dificultad que presenta el operador de pala al cargar el camión, por encontrar el frente demasiado duro (presencia de bolones) o de granulometría muy fina, le representa cargar el camión con un mayor número de pases, por ende pierde más tiempo en dicho proceso; por ejemplo:

La pala 2050-2051 en condiciones normales carga un camión Komatsu 830-E con dos pases si es mineral; si es desmonte lo realiza con tres pases y con bolones o llampo, lo realiza en cuatro pases o cinco pases respectivamente.

La pala 2041 en condiciones normales carga un camión komatsu 830-E

con cuatro pases (mineral) y cinco pases (desmonte); con bolones lo realiza en cinco pases o seis pases respectivamente. Si tenemos a un camión CAT-789, a éste lo carga con tres o tres y medio pases respectivamente; con bolones o l ampo lo realiza en cuatro pases o cuatro y medio pases.

Los equipos grandes (palas 2050-2051) no cargan a equipos pequeños como CAT-789. A continuación se ve en el cuadro (07) los factores que afectan el proceso parcial de carguío.

### 3.4.1. Factores que determinan el ciclo parcial de carguío $Y=F(x)$

Cuadro 07. Datos de la presentación del balde

CICLO PARCIAL	$y=F(x)$
	Tipo de material Condiciones mecánicas (giro de la pala) Llenado del balde Condiciones del frente de minado Descarga de material (Altura de descarga) Seguridad Cuidado del equipo

Fuente: Lluvia de ideas – Operaciones Mina Tintaya

Como se observará, Las condiciones que afectan al primer pase son las mismas que afectan al ciclo parcial de carguío, ya que unidas conforman el proceso completo de carguío.

- Tipo de mineral: ya que sus densidades son diferentes entre sulfuro y desmonte, dificultando el llenado del balde así como el ciclo de carguío.
- Condiciones mecánicas: entre las palas P&H 2800 que son dos, hay una diferencia en el giro de la tornamesa, y una de ellas es más rápida.
- Llenado del balde: los operadores de pala no llenando el balde al 100 % de su capacidad, puede ser para:

Disminuir el tiempo de las colas.

Tener un camión guía (obtener un flujo igual de camiones).

Variaciones climáticas.

- Condiciones del frente de minado: la variación climática y asignable existente en el macizo rocoso; por ejemplo:  
El frente de minado al tener una altura de 7 a 15 metros ayuda al carguío del balde al 100 %, pero si es menor a los 7 metros o mayor a 15 metros dificulta el carguío de la pala, porque la presión que ejerce el lápiz al extenderlo es mayor a partir de los 7 metros, realizando así una buena carga, y si es mayor a los 15 metros el lápiz, se queda faltar de extensión; para estos casos la pala cuenta con un dispositivo de alarma para señalar los límites máximos y mínimos de eficiencia, dando la facultad al operador de indicar al Dpto de Planeamiento una oportunidad de mejora. También se le brinda dicha oportunidad

al área de Perforación y Voladura, ya que en los frentes de minado el mineral se encuentra sobredimensionado con presencia de bolones o en todo caso muy triturado (l ampo), dificultando aún más este trabajo. Ver anexo N° 03 Tab.(1 y 2).

- Descarga del material: demasiada variación en la altura del frente de minado con la altura de descarga (altura de camión); también la pala 2041 no debería cargar a un camión Komatsu 830E, por características diferentes de los equipos.
- Seguridad: cumplimiento del procedimiento. Ver anexo N° 04.
- Cuidado del equipo: realizar los pases de carguío de forma proactiva; el trabajo de algunos operadores con respecto al equipo es de forma reactiva.

#### **3.4.2. Tiempo parcial de carguío**

Como sabemos el tiempo parcial de Carguío está conformado por los pases siguientes al primer pase; al realizar las observaciones se determinó que en este proceso se producían, además de las descritas anteriormente, variaciones entre diferentes guardias, equipos, turnos y operadores; motivo por el cual aumentó la exigencia en el uso del Minitab 14 (Ver Glosario), al cambiar de las gráficas Summary a las gráficas Multivari, ya que es una forma muy visual de presentar la variabilidad de los datos, cuando ésta puede venir provocada por distintos factores. Minitab dibuja gráficos Multivari en función de hasta cuatro factores. Los gráficos

muestran las medidas de las respuestas en función de los factores.

El siguiente cuadro presenta los valores de la media, desviación estándar, y el número de muestras para cada gráfica Summary; se tienen las palas P&H 2800, 2050 y 2051 con valores para cada tipo de pase que realizan; pueden ser 3 pases o 2 pases dependiendo que el material cargado sea mineral o desmonte.

Si se desea ver las gráficas summary, ver anexo 04.

Cuadro 08. Resumen de las gráficas summary

<b>PALAS (P&amp;H 2800)</b>	<b>3 PASES (DESMONTE)</b>	<b>2 PASES (MINERAL)</b>
2051	Mean. = 1.455	Mean. = 1.034
	StDev. = 0.355	StDev. = 0.257
	N = 354	N = 6889
2050	Mean. = 1.659	Mean. = 1.209
	StDev. = 0.481	StDev. = 0.257
	N = 607	N = 2832

Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina Tintaya

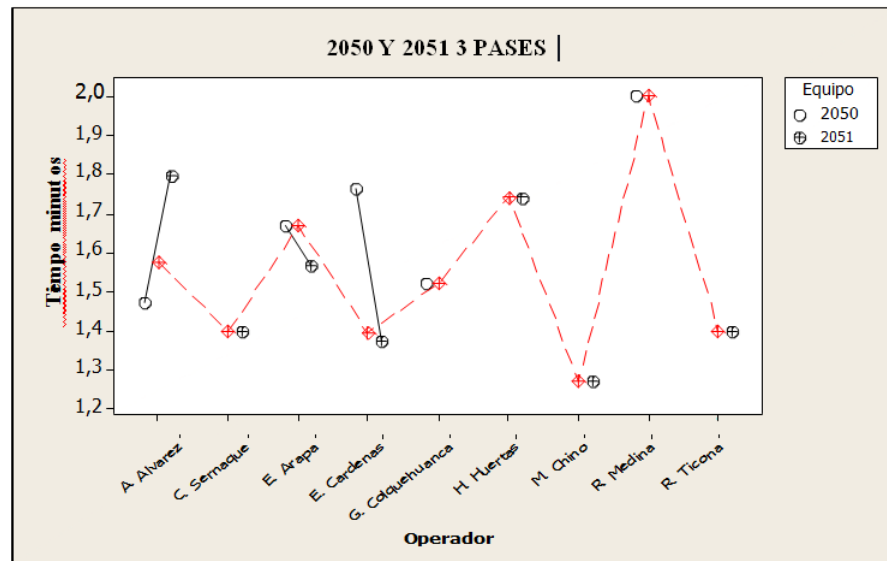
Para que existan pérdidas por la presentación del primer pase, se consideró el punto 4.2, o sea el sistema: pala + camión que realiza la producción. Motivo por el cual en este punto 4.3 del ciclo parcial de carguío no se realizarán cuantificaciones de pérdidas, ya que se realizaron anteriormente; sólo queda realizar el análisis para que se determinen las variaciones que existen entre las guardias,

equipos, turnos y operadores; se debe realizar un benchmark para obtener mejoras cualitativas que con el tiempo se reflejan y se manifiestan en cuantitativas.

### **3.4.3. Ciclo Parcial de Carguío por Operadores y Equipos**

El más rápido de todos los operadores es Manuel Chino que opera la pala 2051, tiene un tiempo promedio 1.28 minutos para los tres pases restantes; Emilio Cárdenas tiene un tiempo promedio de 1.38 minutos con la pala 2051 y con la pala 2050 es de 1.77 minutos; el promedio entre las palas 2051 y 2050 es 1.40 minutos mostrada con el rombo de color rojo; Ronal Ticona pese a ser un operador suplente, tiene uno de los más bajos tiempos 1.39 minutos, ubicándose como uno de los mejores operadores de la compañía; se le podría promover a una de las palas mayores como se verá en el punto 5.5 (tiempos de operación); Carlos Zernaque en la pala 2051 tiene un tiempo de 1.41 minutos y es otro de los buenos operadores junto con Agripino Álvarez, el cual tiene 1.48 minutos en la pala 2050, que es la pala con la que habitualmente trabaja y 1.80 minutos con la pala 2051; los demás operadores necesitan mejorar sus tiempos

Gráfico 22. Multi-Vari de tres pases entre Operadores y Equipos

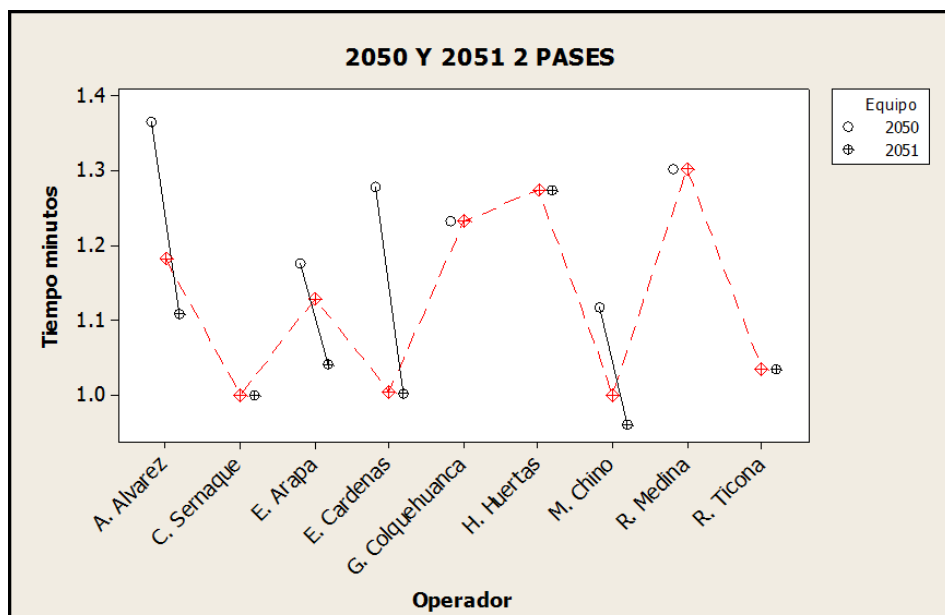


Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina Tintaya

A los operadores Agripino Álvarez, Ernesto Arapa, Emilio Cárdenas se les tomó tiempos en las dos palas; este último posee tiempos en las dos palas, pero en la pala 2050 sólo estuvo trabajando un turno y medio, indicando que el número reducido de datos puede generar outliers dispersando los datos, y perjudicando los tiempos del operador; por tal motivo la media tiende a la pala 2051, donde los datos tienen menor dispersión; esto nos obliga a comprender que los operadores Ernesto Arapa y Emilio Cárdenas son trabajadores a los que le falta costumbre para manejar el otro equipo con la misma eficiencia, mientras que el operador Agripino Álvarez realiza su trabajo

eficientemente con ambos equipos; lo que determina que el operador ya mencionado pese a tener mayor tiempo promedio por equipo 1.80 minutos (Pala 2050), es más eficiente al momento comparándolo con el manejo de ambas palas de Emilio Cárdenas que tiene menor tiempo por equipo 1.38min. (Pala 2051); por lo que Agripino Álvarez tiene mejor promedio entre ambos equipos (2051-2050), determinando que es más productivo operando las dos palas. Dicho análisis nos ayudará para realizar un benchmark (comparación) entre operadores en el punto 5.5, tiempos de operación.

Gráfico 23 Multi-Vari de dos pases entre operadores y equipos



Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina Tintaya



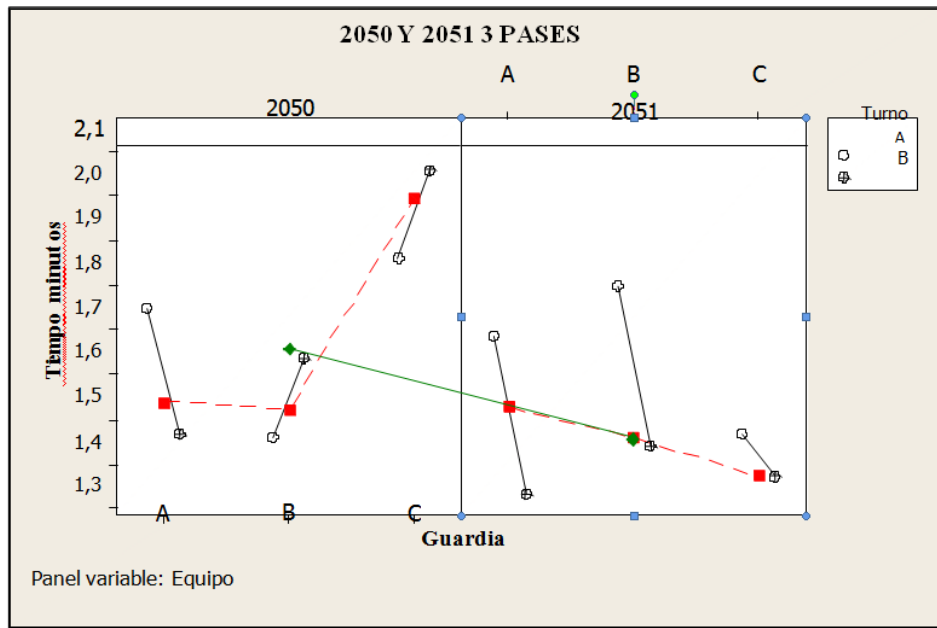
La tendencia lógica de los operadores es a trabajar mejor con su equipo asignado, reconociendo a operadores que trabajan con ambos equipos eficientemente, pese a que siempre tiendan a su equipo asignado.

También se observa que son más rápidos cuando cargan mineral que desmonte, pese a que cargar mineral les es más difícil.

Por lo general, se observa en ambos gráficos que los trabajadores operan con mayor ímpetu cuando cargan mineral, por el modelo mental que ya tienen registrado de solo recibir pago por el mineral mas no por el desmonte, originando que los operadores en el momento de cargar desmonte sólo realicen la mitad de la carga, o sea, el último pase (tercer pase), está siendo cargado a la mitad o menos, con el propósito de ganar tiempo en la siguiente carga, que sería mineral. No se dan cuenta que están perjudicando enormemente todo el proceso, ya que la relación de desbroce es de 13:1 (desmonte: mineral).

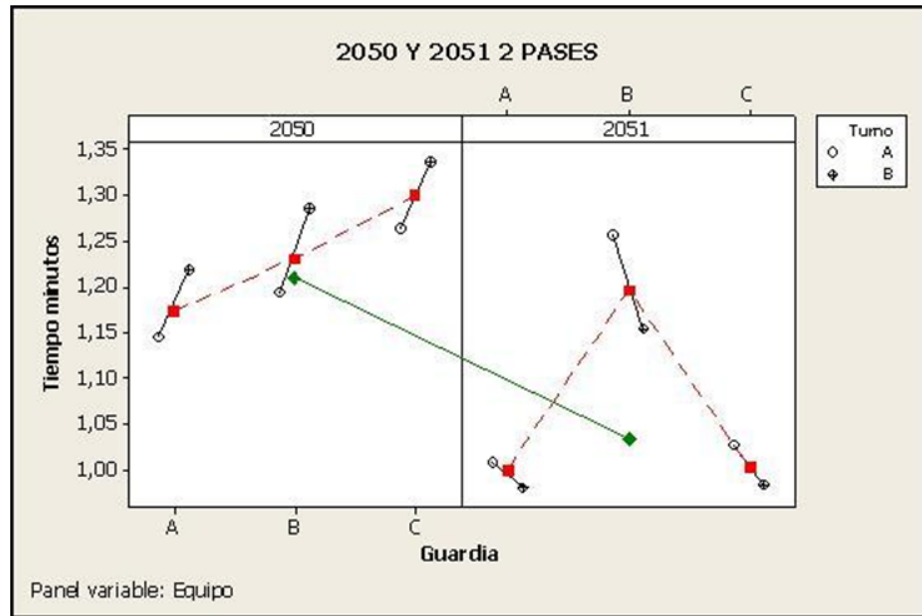
### 3.4.4. Ciclo Parcial de Carguío por Equipos, Guardias y Turnos

Gráfico 24. Multi-Vari por equipos, guardias y turnos. (Desmonte)



Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina Tintaya

Gráfico 25. Multi-Vari por equipos, guardias y turnos. (Mineral)



Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina Tintaya

En ambos gráficos se observa la misma tendencia anterior, tiempos rápidos en el carguío de mineral; a los operadores fijos se les cambió de pala momentáneamente, por motivo de este proyecto, con el fin de observarlos operando las dos palas; no cabe extrañar que se encontraron dificultades al realizar dicho cambio, siendo necesario la intervención de Gerencia Mina.

Al revisar los datos históricos, la sorpresa fue grande, la guardia A es la que reporta menos producción y a su vez la que reporta mayor producción, es la guardia C; confirmando estos datos con la observación realizada en campo durante el control de tiempos, la cual nos indica que la guardia A tiene problemas con el uso del

sistema Dispatch, los operadores no realizaban el ingreso de los datos a su debido tiempo, provocando un mal control por el despachador, ya que ellos podían informar por radio una pequeña falla en el equipo, la cual nunca existía originando “*tiempos muertos*” y la suma de estos se reflejaba en la producción. En cambio la guardia C son más proactivos en su trabajo facilitando a si el trabajo de los demás; la fusión de todos genera un equipo autodirigido en los cuales su mayor virtud es que se regulan ellos mismos.

Lo expuesto anteriormente recae en la observación de los gráficos 24 y 25, puesto que la guardia A pese a tener los tiempos más rápidos en las palas 2050 y 2051, esto no se refleja en la producción; por ejemplo, el operador E. Arapa de la guardia A que opera la pala 2050 su promedio en ambas palas es de 1.16 minutos, mejor tiempo que 1.23 y 1.30 minutos de Genaro Colquehuanca y Carlos Zernaque respectivamente y todos ellos realizan su trabajo de la mejor manera en el turno A, de noche. En la pala 2051 Manuel Chino de la guardia A tiene un promedio en las dos palas de 0.59 segundos cuando carga mineral, mientras que E. Cárdenas tiene 1.0 minutos (mineral) y con diferente tiempo H. Huertas (1.19 min.); también estos operadores se inclinan a trabajar mejor en un turno determinado en este caso es en el turno día. Lo que quedaría pendiente para los tiempos de operación es saber si los equipos tienen influencia

en el rendimiento de los operadores.

### **3.5. LIMPIEZA DE FRENTE**

La limpieza de frente pertenece a las demoras operativas, y se da cuando el operador de pala ve por conveniente solicitar la ayuda del tractor de llantas para ejecutar la acción de limpieza del frente de minado; esta actividad requiere el cumplimiento del procedimiento para realizar el trabajo en forma segura, ya que la omisión en una de sus etapas podría ocasionar un incidente.

Las observaciones realizadas en el trabajo de campo determinaron que la mayoría de operadores no cumplen con el procedimiento debido a la etapa 15, en el a indica que sólo se realizará la limpieza de frente cuando la pala plante el balde en el piso y en posición contraria al frente de minado; para eso se perdería demasiado tiempo y esa es la justificación que impera en los operadores de pala, dando lugar a cargar por un lado al camión y por el otro se está limpiando el frente con el tractor de llantas. Veremos este caso más detalladamente a continuación.

Nuestros dos objetivos primordiales son:

- Lograr un doble aseguramiento que permita conservar los estándares de seguridad y productividad.
- Demostrar la pérdida de tiempo que se incurre por parar la pala durante la limpieza del frente de minado.

### 3.5.1. Factores que condicionan la limpieza de frente $Y=F(x)$

Utilizando la metodología Six Sigma volvemos a emplear  $y = f(x)$ :

Las condiciones del piso como: cayos, bolones, llampo (Ver Glosario) dificultan el trabajo del operador de pala, siendo necesario que requiera la ayuda del operador de equipo auxiliar (tractor de llantas o de orugas), peor aún si en el frente hay cayos, éstos podrían ser determinantes en el rendimiento de las orugas de la pala, y cuando se observan los cayos, bolones necesariamente se informa al Departamento de Perforación y Voladura a cargo de Dyno Samex para que tomen las acciones pertinentes como una oportunidad de mejora.

Las técnicas de operación del operador de equipo auxiliar mencionan que el trabajo tienen que realizarlo de forma rápida, segura y eficiente, con el fin de dejar firme y compacto el piso de la pala; por consiguiente, la pala continúa inmediatamente después su trabajo. También el operador de la pala sólo necesita realizar dos, máximo tres limpiezas de frentes por turno; claro un operador eficiente está bajo esos estándares y su eficiencia también está marcada por el trabajo con prevención, ya que el rendimiento en productividad es la consecuencia de un trabajo cuidando el equipo, o sea, con la visión de un trabajo en equipo.

Las condiciones mecánicas del equipo auxiliar satisfacen las

necesidades de la pala, que en algunos aspectos es limitada; su fácil maniobrabilidad, rápido desempeño, volúmenes de trabajo pequeño, accesibilidad, hacen que este equipo realice eficientes trabajos, que por las limitaciones de la pala le sea imposible realizar. Ejemplo: los bolones ruedan hacia los límites inferiores de la pala haciendo de ese trabajo imposible de ejecutar, además los bolones y cayos impedirían el avance de la pala, dañarían las grampas de las orugas, ocasionando tiempos muertos producto de un eficiente disparo.

Las condiciones actuales de los frentes de minado son en algunos casos menores a 40 metros de largo y con alturas no mayores a los 10 metros, permitiendo que los bancos sean difíciles de minar, porque la fuerza que ejerce el lápiz de la pala con la cara del banco es a partir de los 7 metros de alto, consiguiendo con esta fuerza que la cresta del banco se rompa derramando el material a cargar (mineral o desmonte) e imposibilitando el carguío completo del balde, efectuando este proceso con más pases de los necesarios y una vez más solicitando el apoyo del equipo auxiliar (tractor de llantas), generando toda una cadena de pérdidas en el proceso.

Tanto el operador del tractor de llantas como el de la pala necesitan trabajar con seguridad, cumpliendo normas y procedimientos, tales como:

El operador del tractor de llantas debe de solicitar por radio al operador de la pala, la autorización para ingresar a realizar la limpieza del frente de minado. Debe de indicar el código de su unidad (tractor 7012); esta comunicación será de ida y vuelta.

El uso del EPP, es de carácter obligatorio cada vez que se encuentren dentro y fuera de sus equipos de trabajo (tractor, pala, camión, etc.)

El solo hecho de que las personas recuerden los mensajes de seguridad aprendidos durante una capacitación o en el transcurso de su vida laboral, no significa que se hayan generado cambios en sus modelos mentales. El conocimiento de los factores de riesgo y los procedimientos para su control es sólo una condición necesaria, más no suficiente para desempeñarse de manera segura en el trabajo

### **3.5.2. Procedimiento de tractor de llantas**

La ambigüedad que genera el procedimiento, es mencionar en los dos recuadros primeros, que la limpieza nunca se efectuará cuando la pala este trabajando, y si realiza la limpieza, el balde de la pala debe de estar en el piso y en posición contraria al frente de minado; en conclusión, la pala debe de detenerse para que el operador del equipo auxiliar realice la limpieza del frente. Con el último recuadro menciona lo contrario o pone en duda al operador, dejando esa decisión a su libre criterio. Actualmente los



operadores trabajan teniendo en cuenta la distancia no menor de 5 metros, y a veces es mayor a 5 metros; por lo tanto, ocasiona que el operador del equipo auxiliar realice mal su trabajo.

Gráfico 26. Procedimiento Escrito de Trabajo (Tractor de Llantas)

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO		NOMBRE DE ACTIVIDAD		bhpbilliton	
CÓDIGO	MI - 010	OPERACION TRACTOR LLANTAS			
PÁGINA	Página 1 de 1				
FECHA ELABORACIÓN	25 ABRIL 1991				
FECHA REVISIÓN	02 MAYO 2001				
PERSONA NO:	6	SEGURIDAD	GEP	MANTENIMIENTO	OSIBOS
TRIBUCION:	SEGURIDAD	GEP	MANTENIMIENTO	OSIBOS	SECCION AUXILIAR
ETAPAS DEL TRABAJO		INCIDENTE	POTENCIAL	PROCEDIMIENTO SEGURO	
15. Operación de limpieza de frentes de Pala		Fracción de polvo. Mala postura al operar equipo.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Durante TODA la operación mantenga el cinturón de seguridad correctamente abrochado.</li> <li>Verificar las condiciones del terreno, agua, todo presencia de cables de alta tensión, equipos, etc.</li> <li>El operador de la pala, autorización de su unidad. ( COMUNICACION DE</li> </ul>	
		Atollamiento. Corte de llantas. Fuego. Fuga de hidrocarburos. Generación de polvo.		<ul style="list-style-type: none"> <li>La limpieza SÓLO se realizará cuando el cucharón de la pala este en el piso, situado en dirección contraria al frente de minado.</li> <li>De encontrarse un cable eléctrico de alimentación demasiado cerca, comunicarse con el líder de cables para retraer dicho cable.</li> <li>La limpieza siempre se efectuará de manera frontal, segura y eficiente.</li> <li>Todo operador deberá mirar hacia atrás antes de retroceder.</li> <li>NUNCA pisar la sección del piso de los frentes de minado.</li> <li>Permanecer siempre a una distancia no menor de 5 metros de la parte posterior de la pala, tener en cuenta el área que abarca al girar.</li> <li>Durante TODA la operación manténgase alerta a la posibilidad colisión con la parte posterior de la pala o el cucharón.</li> <li>El tractor nunca ingresará por debajo del flujo.</li> </ul>	

Para observar el procedimiento completo ver anexo 05.

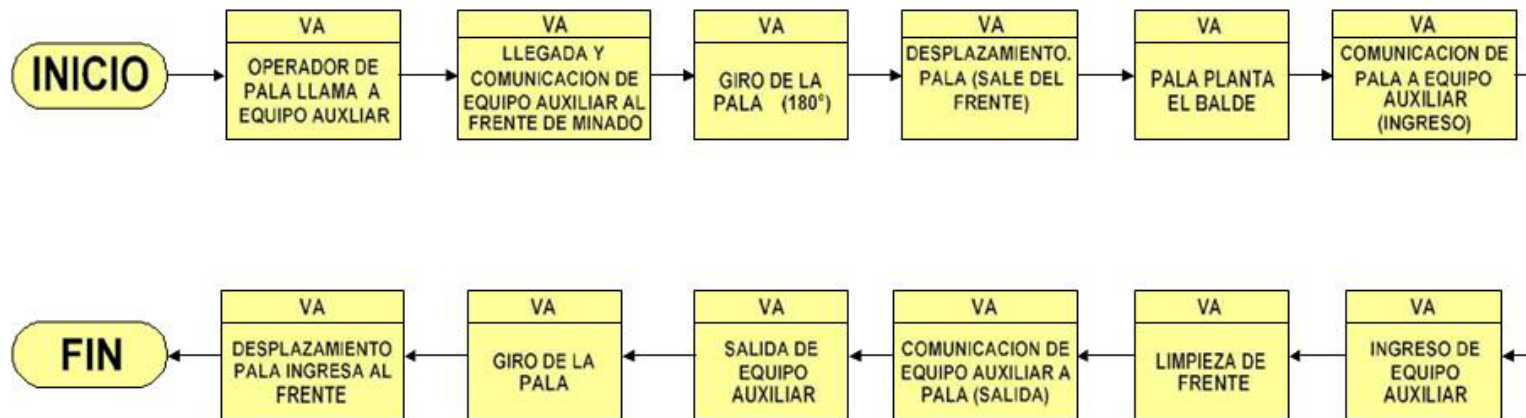
Fuente: Manual de Procedimientos – Operaciones Mina Tintaya

Por ejemplo: los operadores del equipo auxiliar (tractor de llantas) actualmente trabajan considerando la distancia de los 5 metros, pero por temor a estar dentro de los 5 metros con posibilidad de tener una colisión con la pala, hace que los operadores de equipo auxiliar trabajen a mayor distancia entre 8 a

15 metros, al trabajar a esa distancia no realizan bien la limpieza de frente, dejando material en el piso y este puede ocasionar daño a la llantas del camión, también impide a los operadores de camión el ingreso correcto a la zona de carguío, perjudicando a los operadores de pala que deben de cargar bajo esas condiciones y posiblemente también carguen mal; ya que el giro de la pala tendrá que ser mayor a 90°; por tal motivo, se incrementa el tiempo de carguío, perjudicando a todo el proceso.

### 3.5.3. Mapa del proceso actual (de acuerdo a los procedimientos)

Gráfico 27. Proceso de Limpieza del Frente (Tractor de Llantas)



Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina Tintaya

Este proceso implica una gran pérdida en el sistema, por el procedimiento que requiere el desplazamiento de la pala fuera del frente de minado.

### 3.5.4. Archivos visuales

Foto 03. Visualización de Limpieza de Frente



Fuente: Operaciones Mina Tintaya

Evaluando la Ambigüedad (5m):

- ¿Es efectiva una limpieza a 5 metros?
- ¿Qué ocurre con el material derramado, a qué distancia de la pala cae?

La operación de limpieza del frente es variable; la distancia del radio de giro de la pala varía, pero según la extensión de

seguridad del lápiz es de  $\frac{3}{4}$  en posición horizontal, asumiendo una distancia de 5 metros donde podría caer material, en ocasiones donde el material cae y rueda muy cerca de la pala o peor aún impacta con las grampas de las orugas. Sí es necesario que la limpieza se realice, pero en estos casos, la pala retrocede y lo realiza, siendo determinante en la producción; en algunas guardias hay operadores que realizan la limpieza de piso de la pala con el procedimiento, en el cual se indica que sólo se realizará la limpieza de frente cuando la pala plante el balde en el piso y en posición contraria al frente de minado, perjudicando la producción de la pala. Esta diferencia en el proceso de operación es determinante en la producción total de las guardias.

### 3.5.5. Análisis y cuantificación de datos

Cuadro 09. Base de Datos de la Limpieza de Frente

FECHA	GUARDIA	PALA	FRECUENCIA	TIEMPO	MEDIA	MEDIA	STDEV
25/01/05	A	2051	2.00	9.77	8.24	5.94	3.86
				6.72			
01/02/05	C	2051	4.00	12.17	4.9		
				3.25			
				2.10			
				2.08			
09/02/05	B	2051.00	3.00	6.88	3.81		
				2.37			
				2.17			
12/02/05	A	2041	3.00	11.88	6.79		
				5.83			
				2.67			

Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina Tintaya

El origen de los tiempos largos 6.72, 6.88, 9.77, 11.88, 12.17 es la dificultad que presenta el frente de minado por sus condiciones y puede ser, el tipo de material (duro, blando), material sobre dimensionado o muy triturado (bolones o l ampo), presencia de lluvia, etc.; también la pericia del operador del tractor de llantas o de oruga. La necesidad del tractor de orugas es por la presencia de bolones ya que este equipo cuenta con la tracción necesaria para

hacerlo, lo mismo sucede cuando realiza canales para evacuar el agua que se acumuló en el piso de la pala, producto de filtraciones más las precipitaciones constantes de lluvia.

Durante el proceso de recopilación de datos *no se indicó la necesidad de controlar esta actividad*. La Gerencia de Mina suponía que dicha actividad se realizaba cumpliendo el procedimiento; el problema radicaba en la ambigüedad del procedimiento resaltando la necesidad de una revisión periódica de los PETS (cada 12 meses), brindando una vez más la oportunidad de mejorar a Gerencia de Seguridad.

Parte del equipo que desarrolló el proyecto (Grupo A) vió la deficiencia en esta actividad y la necesidad de contar con datos para su respectivo análisis.

Por tal motivo, no se puede cuantificar porque los tiempos están mezclados; por ejemplo se detiene la pala y luego, el equipo auxiliar limpia el piso; mientras la pala carga por un lado el tractor de llantas limpia por otro lado; esta actividad no fue registrada por los recopiladores, pero si se encuentra dentro de la limpieza de piso con procedimiento, además el flujo de camiones no es constante porque los operadores de camión demoran al regresar al frente de minado. Lo mismo sucede cuando la pala carga por dos lados, el operador del equipo de carguío detiene la producción por limpiar el piso, haciendo que el tractor de llantas ingrese a operar. Ver cuadro (10).

En ambos casos los operadores de camión y de pala aprovechan cada instante para descansar, porque algunas veces se observó que no era necesario la limpieza de piso; esto indica la falta de orgullo por el trabajo o peor aún el síndrome de Burnout (Ver Glosario) que ocasiona este trabajo lento; en estos momentos se presumía la presencia de Burnout, pero este síndrome se confirmará en el punto 4.5 (Tiempos de Operación).

Cuadro 10. Hipótesis del tiempo de limpieza de frente

LIMPIEZA DE FRENTE			
PALA CON CAMIONES (Limpieza de frente sin el procedimiento 5.94 minutos)	100%	Pala carga por un lado (Equipo aux. limpia mientras pala cara)	35%
	100%	Pala carga por dos lado (Equipo aux. limpia mientras hay camiones)	75%

Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina Tintaya

Por lo tanto, el tiempo registrado por limpieza de frente es 5.94 minutos. Ver cuadro (09); en este tiempo se encuentran ocultos dos tiempos, uno de los es cuando la pala está cargando por un lado y el equipo auxiliar está limpiando el piso por el otro lado, a este tiempo en el cual el equipo auxiliar deja a la pala sin operar un lado (perdida de producción) se le supone un porcentaje y éste representa el 35 %; el otro tiempo oculto es cuando la pala



está cargando por ambos lado (producción continua); el operador de la pala decide realizar la limpieza de frente y ordena al operador del equipo auxiliar ingrese a realizar este trabajo, perdiendo minutos valiosos en la producción, a este tiempo se le asigna otro supuesto de 75%.

En conclusión los dos supuestos porcentajes (35%-75%) representan el tiempo de la limpieza de frente, porque sólo se recopilaron estos tiempos de limpieza de frente cuando se aplicaba el procedimiento (5.94 min.). Por ende, los tiempos de limpieza de frente están mezclados; estas dos actividades están representadas por la limpieza de frente siguiendo el procedimiento.

Cuadro 11. Pronóstico de la producción. Limpieza de frente

PALAS	HISTÓRICOS		ACTUALES		
	HR/DIA	TM/HR	TM/DIA	DIA/AÑO	TM/AÑO
2041	13.16	2328.15	306384.730	365.00	11181667.4
2050	16.16	3469.55	56062.660	365.00	20462870.3
2051	17.32	4549.79	78808.130	365.00	28764968.8
<b>TOTAL</b>					<b>60409506.51</b>

Fuente: Sistema Dispatch

Cuadro12. Datos de Análisis en Limpieza de Frente

TIEMPO MEDIO	
Tiempo de limpieza de frente	5.94 Min.
35% Mina un solo lado	2.08 Min.
75% Mina dos lados	1.56 Min.
Frecuencia	3 Veces / Gd
Pérdida por Gd	4.68 Min / Gd
Pérdida por día	9.36 Min / Día

Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina Tintaya

Cuadro 13. Cuantificación de Limpieza de Frente

PALAS	HISTÓRICOS		PÉRDIDA			
	TM/HR	TM/MIN	MIN/DÍA	TM/DÍA	TM/MES	TM/AÑO
2041	13.16	2328.15	30634.73	365	11181677.41	130737.60
2050	16.16	3469.55	56062.66	365	20462870.26	194860.80
2051	17.32	4549.79	78808.13	365	28764968.84	255513.60
<b>TOTAL</b>						<b>581112.00</b>

Fuente: Sistema Dispatch

El cuadro (13), indica el tiempo de limpieza del frente de 5.94 minutos y con la hipótesis del cuadro (11); se logra tener 1.56 minutos por la limpieza de frente por un día de trabajo (2 turnos); con una frecuencia de tres veces como máximo, este es el estándar de un operador optimo.

Para la cuantificación se proyecta los 9.36 minutos/día por la producción en toneladas/año, resultando la proyección de la producción en 581 112.00 TM/Año.

### **3.6. TIEMPOS DE OPERACIÓN Y TIEMPO DEL CICLO DE GARGUÍO**

#### **(Punto de vista de operadores de camión)**

Los tiempos de operación están conformados por la maniobra de ingreso a zona de carguío, maniobra de descarga en botaderos y stock. Estos son los tiempos en los cuales la toma de datos recolecta muestras estadísticamente aceptables; para el caso de la Maniobra de Descarga en Chancadora no se obtuvo los datos suficientes para realizar un análisis estadístico, optando por desechar cualquier tipo de análisis para la Maniobra en Chancadora.

Para los tiempos de Acarreo se determinó que el traslado del camión Komatsu 830E no sufría gran variación; estas pequeñas variaciones como: eficiencia de motor, vías de acceso en buen estado, no significan gran pérdida en el proceso, es más, se asumía como pasivos, puesto que las condiciones mecánicas ya no pueden mejorar pero si mantenerse, las vías de acceso en trayectos principales con destino a chancadora, están en buen estado; pero las vías de acceso a botaderos están en regulares condiciones, por lo tanto no afectan a esta operaciones. El operador debe de mantener una velocidad límite; no debe de sobrepasar las 25 millas por hora o sea 40 kilómetros por hora, está enmarcado por esa velocidad. Además las observaciones en campo demostraron que la principal fuente de variación y en la que sí se debe de trabajar es la Actitud de los operadores ya que ellos conocen su equipo y saben la velocidad que deben imprimir al motor de

acuerdo a la carga. Ejemplo: el método que utilizan es cualitativo pero bien exacto para sus fines, de una carga X al acelerar saben si su camión (motor) puede ir más rápido o no; si pudieran ir más rápido, no lo hacen, claro sin sobre pasar las 25 mil as /hora; esta actitud, por insignificante que se vea refleja un gran problema en la organización; por lo que el clima laboral organizacional está sufriendo cambios y no lo están percibiendo.

Planteamiento de los principales objetivos a cumplir:

- Identificar los mejores tiempos de operación y posibles cuellos de botella.
- Hacer un Benchmark interno entre operadores.

Para el análisis de datos se estandarizaron los criterios en la toma de los mismos, por lo que cada grupo de trabajo tenía diversidad de criterios; para evitar juicios imparciales (amistad) se utilizo el programa Minitab 14. Ver Glosario.

Se han considerado tres categorías:

- Bajo el promedio.
- Promedio.
- Encima del promedio

### **3.6.1. Tiempo de maniobra de los camiones Komatsu 830 E**

Los temas a tratar en este punto son:

- Maniobra de Ingreso para Carguío.

– Maniobra de Descarga en Botaderos y Stock.

**3.6.1.1. Maniobra de ingreso a zona de carguío**

Para saber cuáles son los factores que afectan a la maniobra de ingreso al frente de minado utilizamos,  $y = f(x)$ .

Cuadro 14.  $Y=F(x)$  Maniobra de ingreso en Zona de carguío

MANIOBRA DE INGRESO	F(x)
	Condiciones del piso Presentación del balde Técnicas de operación del operador Condiciones del frente minado (reducidos) Ubicación del puente y cables Seguridad Cuidado del equipo

Fuente: Lluvia de ideas – Operaciones Mina

Para ejecutar un buen ingreso a la zona de carguío se necesita que las condiciones del piso sean buenas, cabe resaltar que la maniobra de ingreso a esta zona empieza cuando termina el acarreo, esto significa que la operación de maniobra de ingreso es independiente a la de acarreo, ya que buenas vías de acceso en el trayecto no determinan una buena maniobra de ingreso al piso de la pala; para lograr esto se necesita a la par un buen piso en la zona de carguío.

El punto de discordia de los operadores de camión empieza aquí como se vio anteriormente; los operadores no se ponen de acuerdo porque para unos es primordial la seguridad y para otros es la producción; esto quiere decir que para unos es obligatorio que les presenten el balde antes de ingresar a la zona de carguío, esperando a 20 metros de la pala en retroceso, mientras que otros ya ingresaron pero se encuentran en retroceso a 16 metros, esperando que les presenten el balde para ingresar a la zona de carguío; por otro lado están aquellos operadores que ya ingresaron a la zona de carguío para cuando les presentan el balde, quienes logran optimizar este proceso; y por último, los operadores que esperan que les presenten el balde a 50 metros empezando recién la maniobra de ingreso a la zona de carguío; por lo tanto, regresamos al punto subjetivo "Actitud".

Las técnicas de maniobra de ingreso del operador son:

- Girar siempre a su derecha al empezar la maniobra de ingreso para luego retroceder.
- Para el lado ciego del equipo guiarse con el balde de la pala.
- Para el lado izquierdo guiarse con el contrapeso de la pala, ingresando con cuidado, ya que la pala se encuentra en su lado ciego.

- De ambas formas el camión debe de posicionarse en la zona del radio de giro de la pala, de tal forma que al momento de girar ésta debe de quedar perpendicular al camión.

Y lo que indica el procedimiento es:

- Si la pala se encontrara con 2 camiones u otro equipo, aplique el freno de servicio hasta detenerse; espere de frente a la pala a una distancia de 50 m. hasta tener el área libre para iniciar el estacionamiento para el carguío.
- Si la pala se encontrara cargando por un lado avance hacia el equipo de carguío, hasta aproximarse a una distancia de 20 metros, entonces gire hacia la derecha hasta que se ubique en posición para retroceder. Aplique el freno de servicio y detenga completamente el camión.
- Acelere a velocidad de 10 Km. / Hr, observando el área donde se estacionará para el carguío.

Las condiciones de frentes reducidos obligan a los operadores a realizar sus mejores técnicas de operación, pero si trabajan bajo esas condiciones, sólo es necesario esperar hasta que ocurra el primer accidente. Para este caso los frentes de minado deben ser mayor a los 40 metros de largo.

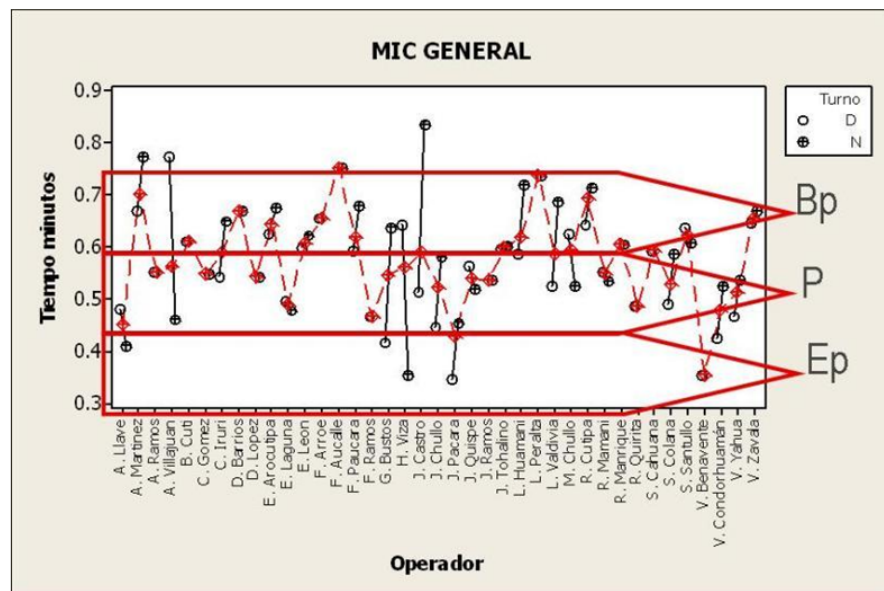
La ubicación de puentes y cables deben de estar a una distancia de 25 metros de la pala, siendo la pala el único equipo que pida o exija su desplazamiento; con una buena

ubicación del puente aéreo ayuda el ingreso de los camiones al frente de minado.

La idea de algunos operadores que piensan que cuidar el equipo y el trabajar con seguridad significa trabajar con lentitud es errónea, mientras que otros operadores buscan únicamente el rendimiento en producción, lo cual implica esforzar al máximo sus equipos, llegando muchas veces a dañarlos.

Esto denota que el trabajo con seguridad implica la fusión de altos rendimientos en producción, calidad y exigencia al equipo sin sobrepasar su capacidad límite; permitiendo así demostrar que todo lo que hacemos para desarrollar y poner en práctica va en función de la prevención

Gráfico 28. Multi-Vari de Maniobra para Ingreso a Carguío



Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina Tintaya



Aquí se aprecia comparativamente a todos los operadores de las tres guardias, con los tiempos que realizan en dicha maniobra, su turno de trabajo y separados por tres áreas: los operadores de bajo promedio (Bp), los operadores dentro del promedio (P) y los operadores por encima del promedio (Ep).

Cuadro 15. Resumen de Ingreso para Zona de Carguío

<b>MANIOBRA DE INGRESO POR CARGUÍO</b>		
<b>TIEMPO</b>	<b>MINUTOS</b>	<b>SEGUNDOS</b>
Encima del promedio	0.46	27.52
Promedio	0.56	33.70
Bajo el promedio	0.69	41.32

Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina Tintaya

Este cuadro resumen resulta de cada media obtenida en las gráficas summary, extraídas de Minitab 14. Ver anexo (6).

Durante esta etapa se plantearon los tiempos a mejorar para lo cual se debería conseguir que los operadores que se encuentren con bajo promedio se les ubique como operadores dentro del promedio; los operadores dentro del promedio llegaran a ser operadores encima del promedio y aquellos operadores que están por encima del promedio mantenerlos en ese nivel.

Tiempo a Mejorar:

- De: Bajo el promedio A: Promedio

7.62

seg

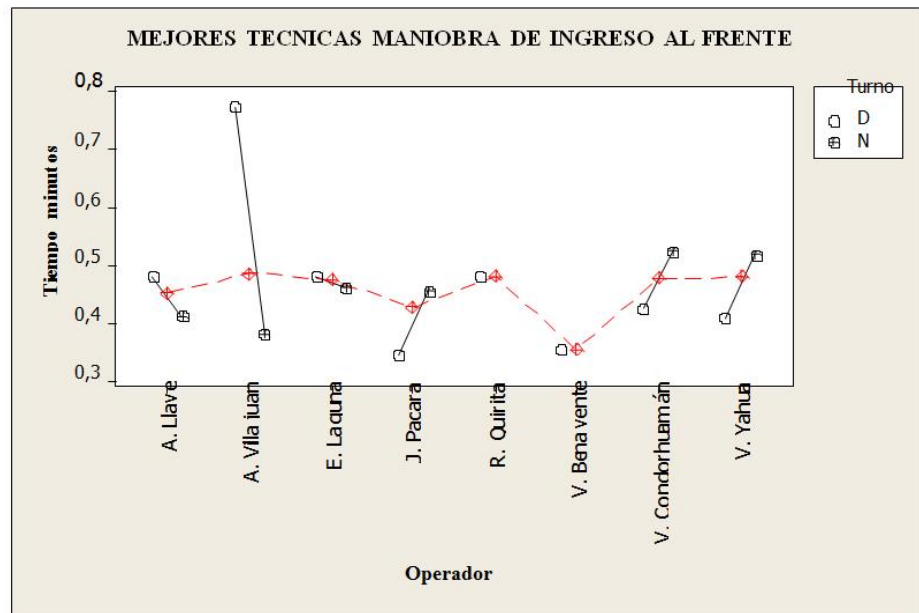
- De: Promedio                      A: Encima del promedio                      6.18

seg

Los operadores de bajo el promedio tienen que mejorar 7.62 segundos para poder llegar a operadores dentro del promedio y los operadores dentro del promedio necesitan 6.18 segundos para llegar a ser operadores por encima del promedio.

**ENCIMA DEL PROMEDIO**

Gráfico 29. Multi-Vari. Mejores Técnicas de Maniobra para Ingreso a Carguío



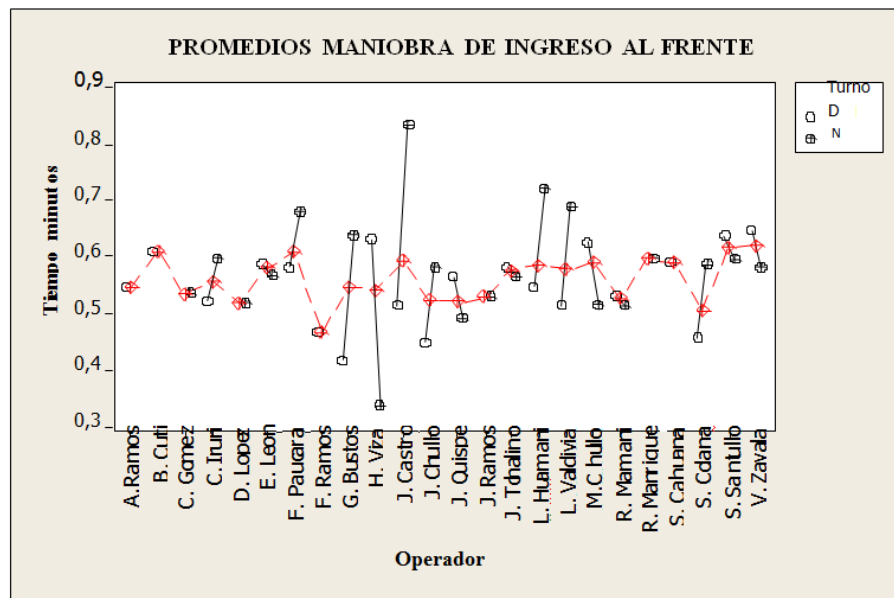
Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina Tintaya

Aquí observamos a operadores que fueron registrados en dos turnos y operadores que no: Quirita y Benavente.

Todos estos operadores están por encima del promedio de sus compañeros, además algunos destacan por tener menos variación en su trabajo de turnos, es decir, trabajan de igual forma de día y de noche, dentro de los cuales tenemos a E. Laguna, A. Llave, y V. Condorhuaman.

**PROMEDIO**

Gráfico 30. Multi-Vari, Técnicas Promedio de Maniobra para Ingreso a Carguío

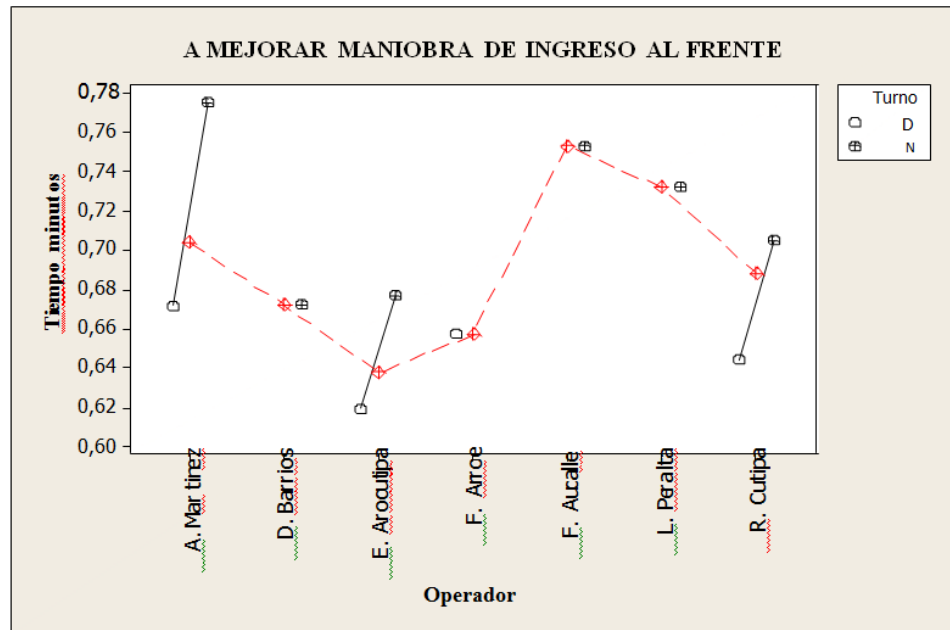


Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina Tintaya

La oportunidad de mejorar se les debe de brindar a todos, pero en especial a los operadores promedio, ya que por ser la mayoría en el os va a radicar el cambio.

**BAJO PROMEDIO**

Gráfico 31. Multi-Vari. Técnicas a Mejorar de Maniobra para Ingreso a Carguío



Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina Tintaya

Estos operadores necesitan un trato especial puesto que en ellos se vio que la rutina les había quitado gran parte de la motivación y peor aún el orgullo por el trabajo.

### 3.6.1.2. Maniobras de descarga en botadero y stock

Cuadro 16.  $y = f(x)$  para Maniobra de Descarga en Botaderos y Stock.

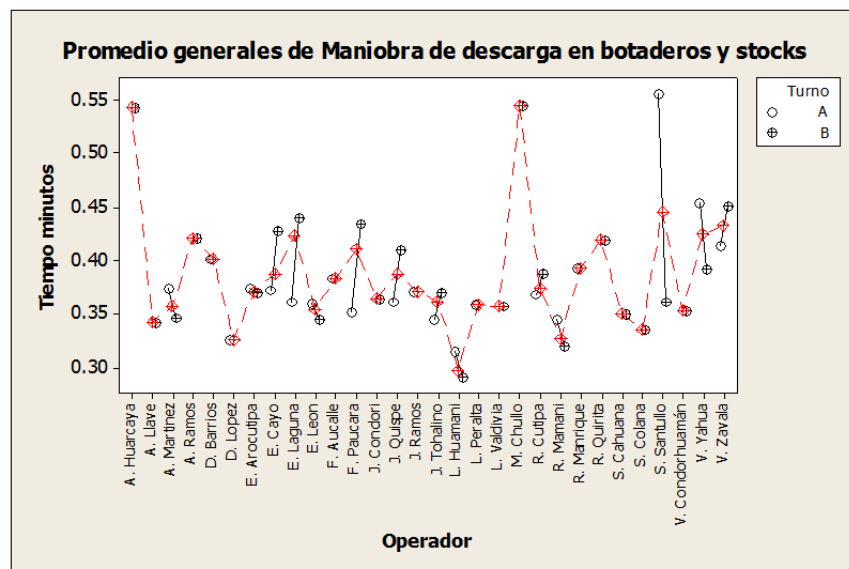
MANIOBRA DE DESCARGA	$y=F(x)$
	Condiciones del piso (botaderos y stock) Congestión en el botadero Técnicas de operación del operador Ubicación del cuadrador Estado de las bermas Seguridad Cuidado del equipo

Fuente: Lluvia de ideas – Operaciones Mina

Todos los botaderos 28A, 28B, 28C, 26-S2, 23 y stock de sulfuros primarios 101, 102 y sulfuros secundarios 103, 105, con el tiempo y condiciones ambientales sufren deterioro; en el caso de los botaderos se les habilita según sus condiciones; botaderos con fallas son inhabilitados y

asegurados por el tractor de orugas que limpia, corta la zona de la falla y después rellena la parte afectada habilitándola inmediatamente apenas terminado su trabajo. Este trabajo también se realiza cuando se presentan huecos en los botaderos, sin ejecutar la parte de corte. El control más detallado lo realiza el Departamento de Planeamiento con equipo especial (Prisma) se detecta el deslizamiento de los taludes.

Gráfico 32. Multi-Vari. Promedios de Maniobra de descarga en Botadero y Stock



Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

El gráfico muestra a tres grupos, los operadores de bajo promedio, dentro del promedio y por encima del promedio; analizados en tres variables; el tiempo de duración de la maniobra, el operador que la realiza y la eficiencia del operador al trabajar en turno día o noche; hay operadores que solo se les tomo tiempos en un solo turno y otros registran los dos turnos.

Cuadro 17. Resumen de Maniobra de Descarga en Botaderos y Stock

MANIOBRA DE DESCARGA		
TIEMPO	MINUTOS	SEGUNDOS
Encima del promedio	0.33	19.87
Promedio	0.38	23.10
Bajo el promedio	0.50	29.92

Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

De igual forma las medias obtenidas para este cuadro son de las graficas summary. Los operadores por encima del promedio están con 0.33 minutos, es decir, que realizan la operación de maniobra de descarga en 19.87 segundos.

Los operadores dentro del promedio están con 23.10 segundos y los de bajo promedio en 29.92 segundos. Pese a que es muy corta la diferencia en tiempos, se debe de

estandarizar la maniobra de descarga para servir de referencia a los demás operadores.

Tiempo a Mejorar:

- De: Bajo el promedio A: Promedio 6.82

seg

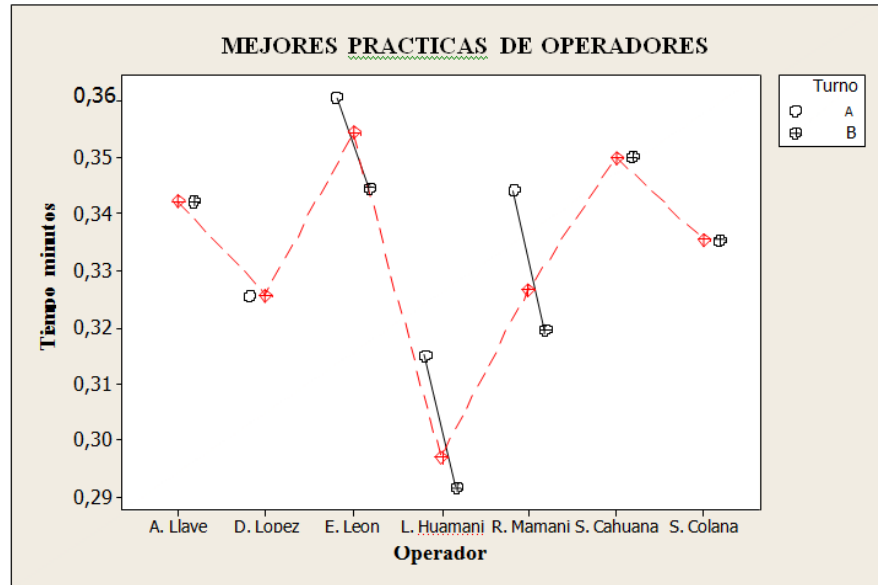
- De: Promedio A: Encima del promedio 3.23

seg

Seguimos la misma metodología de maniobra de ingreso a zona de carguío llevando los de bajo promedio a promedio; pues tan solo requieren mejorar 6.82 segundos y los de promedio a encima del promedio en 3.23 segundos.



Gráfico 33. Multi-Vari. Mejores Maniobras de descarga en Botadero y Stock



Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

De todos los operadores presentes en este gráfico, es L. Huamani sobresale entre los demás pese a ser el más joven del grupo y de los tres operadores que tienen tiempos tomados en ambos turnos, L. Huamani sigue siendo el mejor; cabe resaltar que los tres operadores rinden mejor en el turno de día.

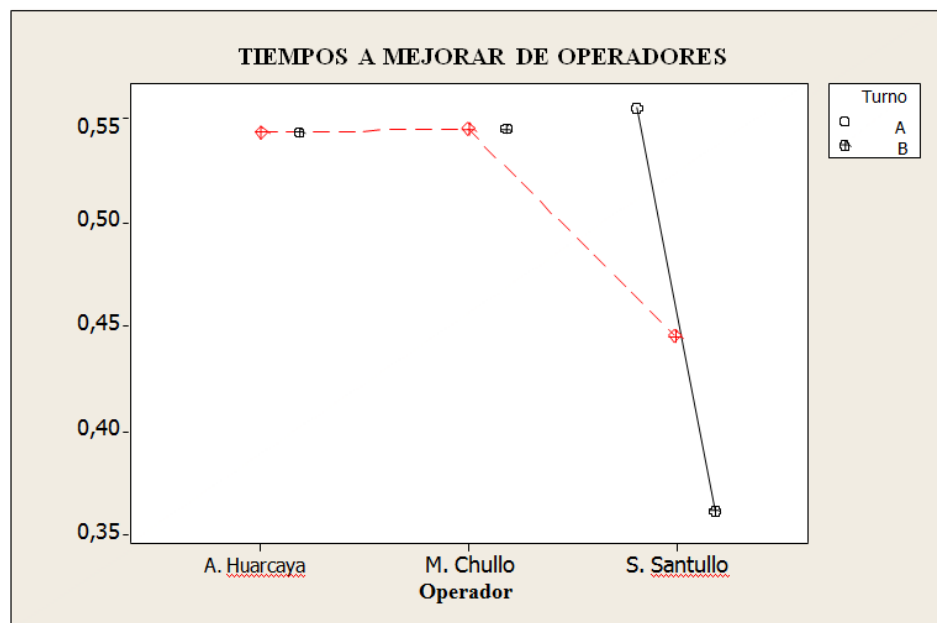
### PROMEDIO

De la misma manera el apoyo central radicaría en los operadores que se encuentran dentro del promedio. También

se observa que los operadores trabajan más cómodos en turno de noche; probablemente la temperatura, el polvo y la tensión del día les dificulte su trabajo; pero más que una limitación sería una excusa puesto que hay operadores de pala y camión que trabajan excelentemente de día y bien en el turno de noche. Se recomienda analizar a los operadores promedio, puesto que pueden presentar el síndrome de “Burnout”. (Ver Glosario).

**BAJO EL PROMEDIO**

Gráfico 34. Gráfico 34. Multi-Vari. Tiempos a Mejorar de Maniobra de descarga en Botadero y Stock



Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

De estos tres operadores el tiempo a mejorar será de 6.82 segundos. Aparentemente estos operadores son más eficientes trabajando en el turno día. Repitiendo el mismo caso de operadores promedio y operadores a mejorar conduciendo nuevamente al síndrome Burnout (Ver Glosario).

A los operadores con bajos promedios se les identificó Burnout, siendo en algunos casos conducidos a hostigamiento psicológico laboral llamado "Mobbing"; mientras que a los operadores promedio de las guardias B y C no se les pudo identificar Burnout ni Mobbing debido a la cantidad de dichos operadores. Se ha encontrado en operadores de la guardia A y dentro de ésta se ha identificando a operadores dentro del promedio con Burnout y Mobbing; de los cuales, cinco operadores de camión presentan el síndrome de Burnout y un operador del tractor de ruedas (torito) con Mobbing.

Las características que indican Burnout son:

- Falta de vitalidad en los operadores.
- Inseguridad al realizar el trabajo.
- Insatisfacción con el trabajo.
- Actitudes negativas hacia las personas con las que trabaja (irritabilidad).

- Síntomas conductuales. (Ver Glosario)
- Síntomas somáticos. (Ver Glosario)
- Síntomas cognitivos. (Ver Glosario)

La presencia de estos factores afecta a la productividad de los trabajadores.

Las características que indican Mobbing son:

- Prohibir a la víctima charlar con los compañeros.
- Instigar a los compañeros en su contra.
- Evitar trabajar con el operador.
- Hablarle de modo hostil y grosero.
- Ser vigilado y controlado de manera obsesiva.
- No dar respuesta a sus preguntas verbales o escritas

Todas aquellas mencionadas anteriormente fueron encontradas a algunos operadores de carguío, acarreo, equipo auxiliar, que formaron parte de este proyecto. Ver.<sup>1</sup>

### **3.6.1.3. Grado de precisión de ingreso de Carga y Descarga**

El cálculo de grado de precisión lo hacemos mediante el grado de variabilidad de la muestra, el cual hallaremos a continuación:

#### **Maniobra de Ingreso a Carga**

Varianza: 0.0205

Desviación estándar: 0.14315

Media: 0.48

Calculamos el coeficiente de variabilidad:

$$CV = (0.14315/0.48) \times 100 = 30.12\%$$

### **Maniobra de Ingreso a Descarga**

Varianza: 0.0229

Desviación estándar: 0.1513

Media: 0.41

Calculamos el coeficiente de variabilidad:

$$CV = (0.1513/0.41) \times 100 = 36.83\%$$

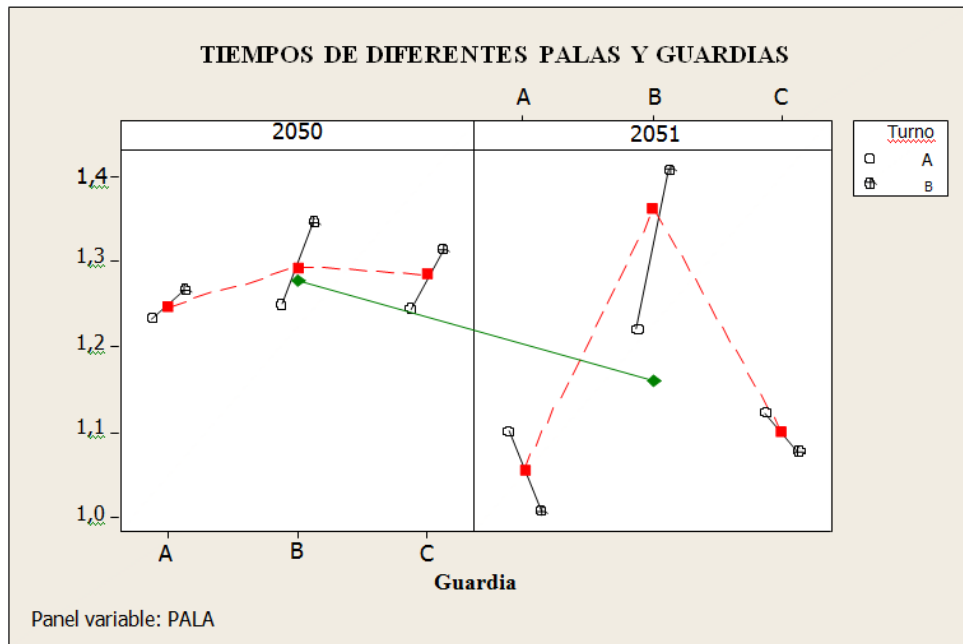
Los cálculos muestran que hay bastante variabilidad en las muestras, eso debido a que las muestras no fueron tomadas siempre en las mismas condiciones, como son diferentes operadores, diferentes condiciones climáticas, neblina y lluvia, turnos de día y noche, etc. Eso hace que se tenga una variabilidad mayor al 30%.

---

<sup>1</sup> "Mobbing", Drs. Carmen Knorz y Dieter Zept. (Alemania, 1999)

**3.6.2. Tiempo del Ciclo de Carguío (Punto de vista de operadores de camión)**

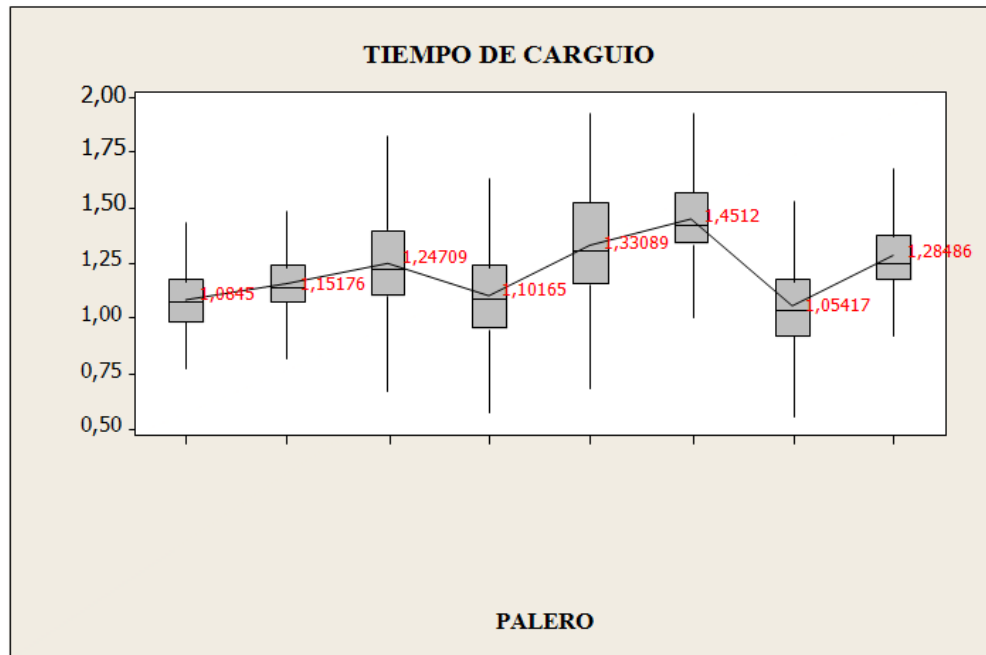
Gráfico 35. Multi-Vari. Tiempo de Operadores en diferente Pala y Guardias



Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

En este procedimiento se tomaron los tiempos desde la cabina de los camiones cuando estaban siendo cargados; reflejando las mismas tendencias de los anteriores análisis. Se diría que está completo el proceso de carguío porque comprende desde el primer pase hasta el ciclo completo de carguío, controlado desde el camión Komatsu 830E.

Gráfico 36. Box-Plot. Tiempos del Ciclo de Carguío



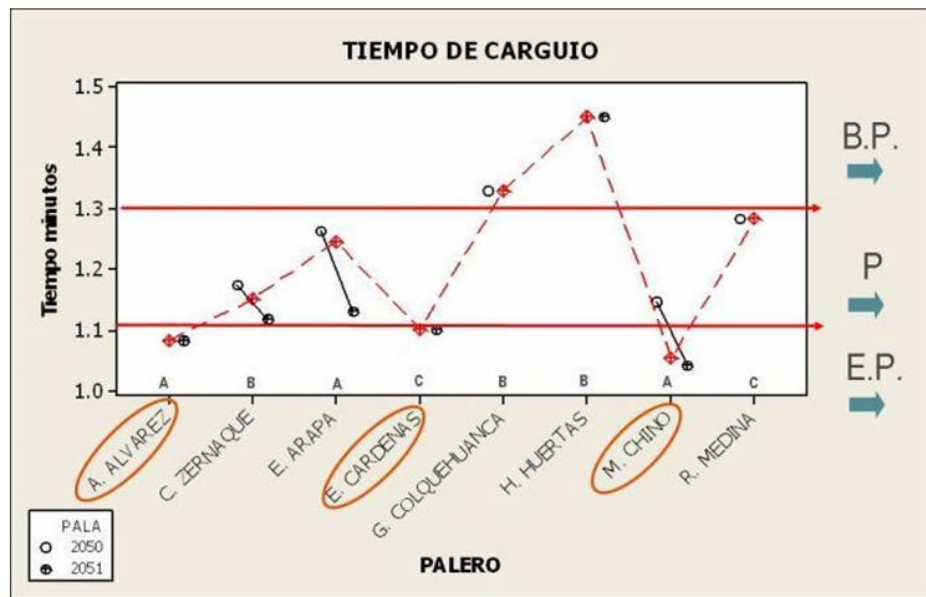
Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

Una de las medias más rápidas es la del operador M. Chino con 1.054 minutos dentro de la guardia “A” y en todo el proceso de carguío.

El operador A. Álvarez con 1.084 minutos de la guardia “A”; maneja la pala 2041 quien sustituyó a M.Chino por encontrarse de vacaciones, mostrando también óptimos resultados y a

continuación el operador E. Cárdenas con 1.101 minutos de la guardia “C”.

Gráfico 37. Multi-Vari. Tiempos del Ciclo de Carguío



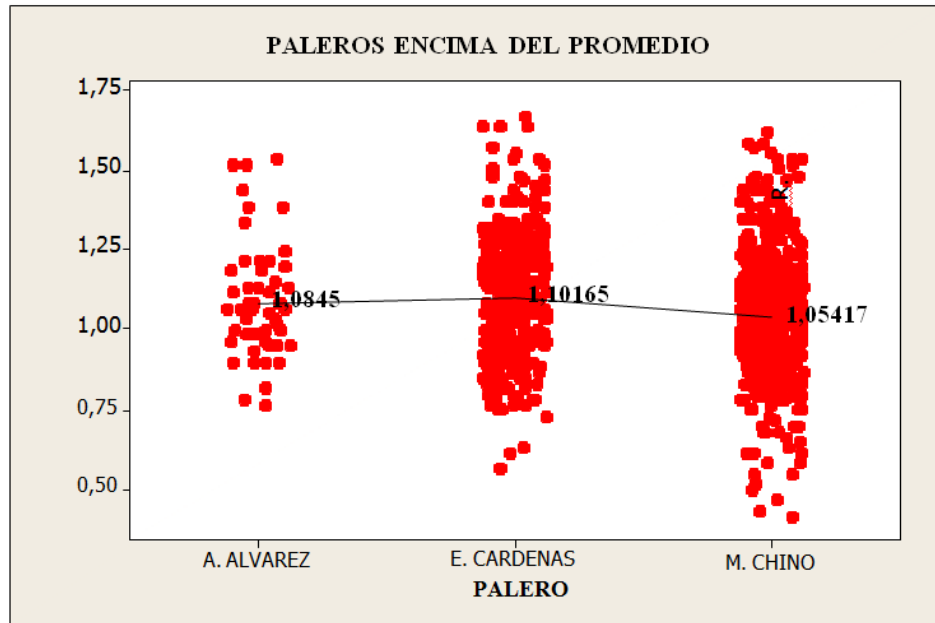
Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

Los tres operadores por encima del promedio están marcados por un círculo rojo, de los cuales A. Álvarez maneja la pala 2051 por reemplazo, E. Cárdenas la pala 2051, y M. Chino la pala 2051.



## ENCIMA DEL PROMEDIO

Gráfico 38. Individual Value-Plot. Operadores con Promedio Alto



Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

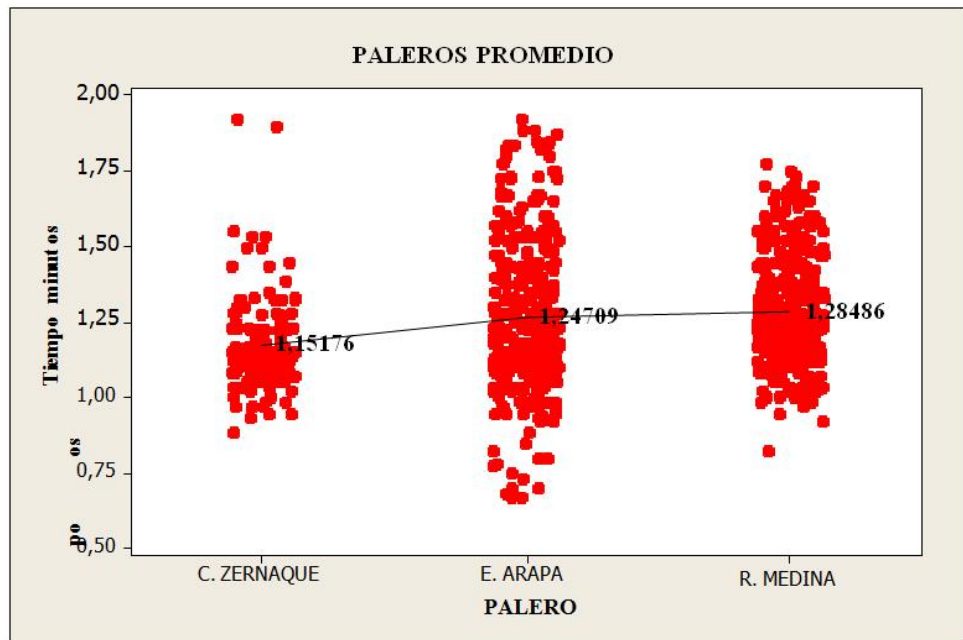
Este gráfico muestra a 3 operadores de la misma pala con la totalidad de sus datos, los cuales se encuentran dispersos (puntos rojos), mostrando que M. Chino es exacto en su trabajo, pues los datos se encuentran cercanos al mismo punto, pero no es preciso porque sus datos se dispersan; lo contrario ocurre con el operador E. Cárdenas que es más preciso y constante a lo largo de su trabajo (turno); es un operador regular mientras que M. Chino es irregular y variable, sin embargo, no dejan de ser excelentes

operadores.

El gráfico además de mostrarnos la precisión y exactitud de los operadores al realizar su operación, a su vez, indica la media obtenida por los operadores, reafirmando las tendencias de los datos para uno de ellos. También observamos que la cantidad de datos registrados para el operador A. Álvarez es mínima, presagiando que con más datos podría ser el mejor o el tercer mejor operador, en todo caso sus valores oscilarán por esos rangos.

**PROMEDIO**

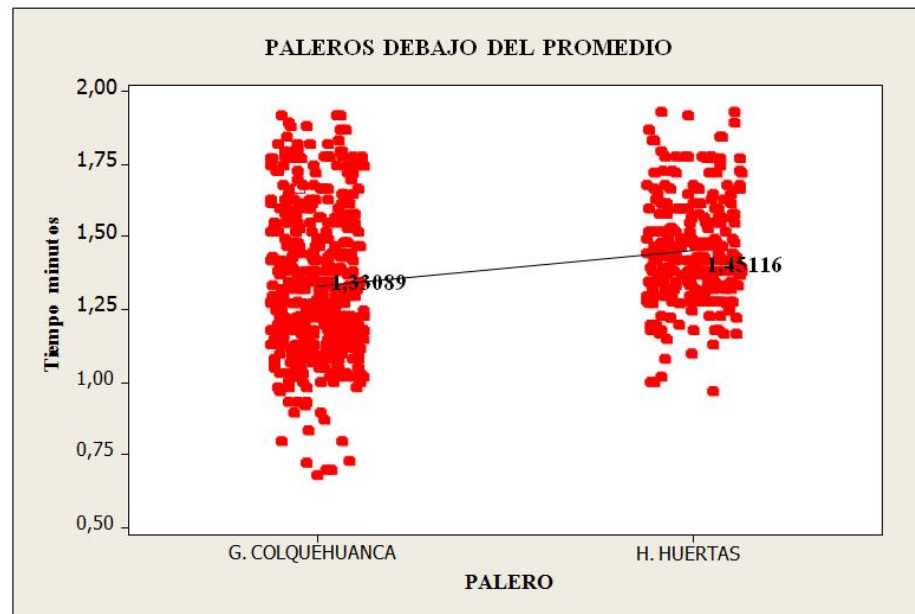
Gráfico 39. Individual Value-Plot. Operadores dentro del Promedio



Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

## BAJO EL PROMEDIO

Gráfico 40. Individual Value-Plot. Operadores con bajo Promedio.

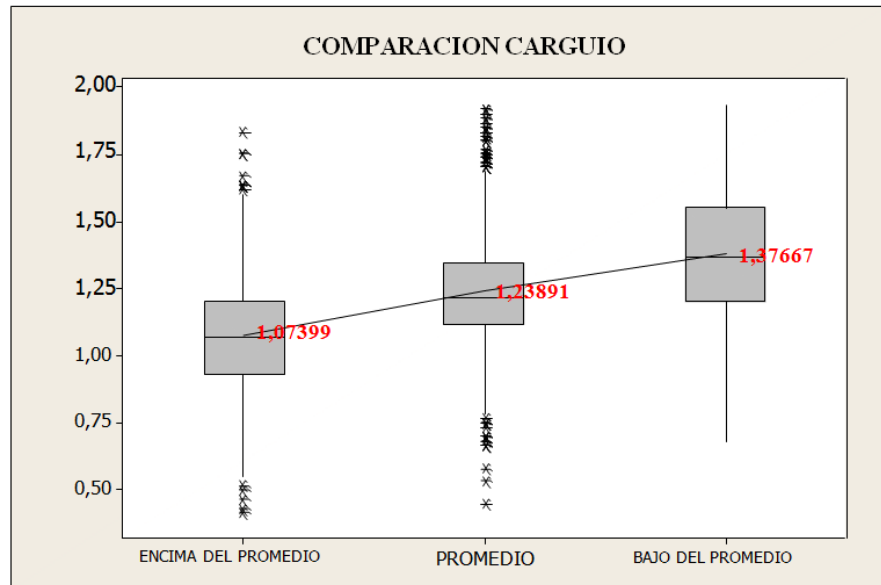


Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

En el gráfico 43 se observa a E. Arapa con el segundo tiempo más rápido, indicando su exactitud para el trabajo, mas no es preciso (constante-variable) en el turno completo. Para el otro gráfico 44, ambos operadores son bastante inexactos por lo que necesitan capacitación. Ver Anexo 07.

### 3.6.2.1. Boxplot. Promedio comparativo de ciclo de carguío

Gráfico 41. Box-Plot. Rendimiento de Operadores de Carguío.



Fuente: Datos de Campo – Operaciones Mina

El diagrama de caja muestra las medias de cada categoría, resaltando en éste la diferencia de los operadores de bajo rendimiento con un tiempo de 18.00 segundos de pérdida con respecto de los operadores de alto rendimiento.

### 3.6.2.2. Cuantificación de pérdidas por baja velocidad de operación OPERACIÓN

Cuadro 18. Cuantificación de Pérdidas por Velocidad del ciclo de carguío

CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR VELOCIDAD DE CICLO DE CARGUÍO							
Tiempo medio de carguío			18.00	seg/ciclo			
F.C. por cola de camiones			7.05%				
DM			84%				
DE			80%				
Turnos por día			1.00	gd/día			
Pérdida por ciclo			0.85	seg/ciclo			
Pérdida por día			0.014	min/ciclo			

PALAS	HISTÓRICOS		CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS				
	TM/HR	TM/MIN	MIN/CICLO	CICLO/GDA	MIN/DIA	MIN/AÑO	TM/AÑO
2050	3469.55	57.83	0.014	239.80	3	828	47866.69
2051	4549.79	75.83	0.014	217.50	3	751	56932.56

Fuente: Sistema Dispatch

Del diagrama de caja obtenemos los 18.0 segundos por ciclo de carguío, Dispatch brinda el factor de corrección por cola de camiones (porcentaje de recuperación del flujo), disponibilidad mecánica y la utilización efectiva también la brinda Dispatch; la pérdida sería el tiempo que demora la pala

cargando o realizando los pases respectivos (0.85 s / Ciclo).  
Las cargas que realiza la pala por guardia son 239.80 TM/día, llegando a perder anualmente 104,799.26 TM.

### **3.6.2.3. Grado de Precisión para carguío con Pala P&H 2800 y P&H 2300**

#### **Velocidad de Carguio con pala P&H 2800**

Varianza: 0.18

Desviación estándar: 0.43

Media: 1.38

Calculamos el coeficiente de variabilidad:

$$CV = (0.43/1.38) \times 100 = 30.91\%$$

#### **Velocidad de Carguio con pala P&H 2300**

Varianza: 0.78

Desviación estándar: 0.88

Media: 2.65

Calculamos el coeficiente de variabilidad:

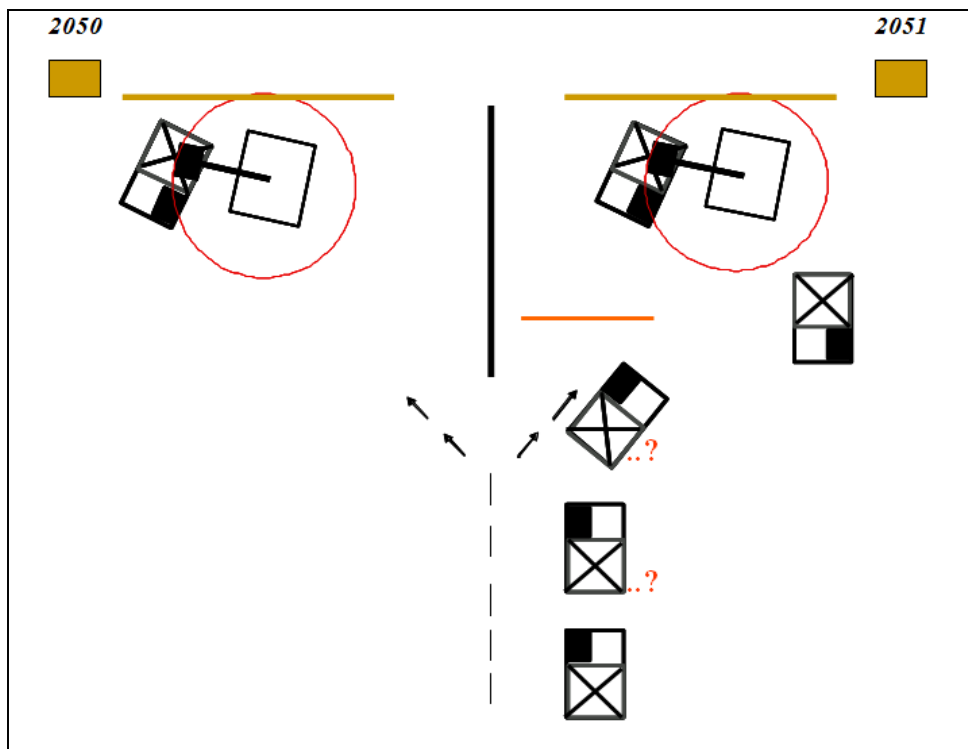
$$CV = (0.88/2.65) \times 100 = 33.36\%$$

De igual forma que en el caso de maniobra de ingreso aquí también en el carguío encontramos mucha variabilidad, básicamente por las mismas razones, las muestras no fueron medidas bajo las mismas condiciones. Es así que como ya hemos visto la diferencia de habilidad de los operadores de pala, las condiciones del clima y el trabajo por turno generan

esta alta variabilidad en las muestras.

### 3.7. COLAS Y ESPERA DE CAMIÓN

Gráfico 42. Ejemplo de colas en Equipos de Carguío



Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina

Este gráfico ilustra claramente el problema de la presencia de camiones (colas) en las palas o equipos de carguío, la pala 2051 se encuentra cargando por un lado y por el otro ya asignó y liberó al camión Komatsu; después, el siguiente camión se dirige hacia el lado derecho para ingresar a la zona de carguío; mientras que la pala 2050 se encuentra

cargando por un lado y por el otro está sin camiones; lo que quiere decir que siempre estará sin cargar por un lado hasta que Dispatch le asigne camiones o se regularice el flujo de camiones. Los cuellos de botella se forman al empezar la guardia, después del disparo y al finalizar la guardia. El problema fundamental radica en el sistema Dispatch que actualmente se encuentra con problemas, faltando Hardware y Software en campo y despacho. Algunos camiones no cuentan con el sistema en sus equipos, provocando que se trabaje con asignación fija, ocasionando un trabajo menos dinámico y disminuir la fluidez de los camiones. La rápida asignación de los equipos permite que el trabajo sea constante y parejo ya que el sistema busca mediante millones de ecuaciones lineales la rápida y mejor solución del problema.



### 3.7.1. Colas en equipo de acarreo

Foto 05. Visualización de Colas de Camiones en las Palas.



Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina

La pala 2051 está cargando en el tajo Martha nivel 3940; éste frente tiene 40 metros de largo y cuando el mineral se derrama (lado izquierdo de la pala) por la operación del palero, los camiones tienen dificultades al ingresar a la zona de carguío; para evitar esto se debe limpiar el frente constantemente, ocasionando colas en los camiones.

Foto 06. Visualización de Colas de Camiones en las Palas.



Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina

Aquí se observan las colas que se producen, después del disparo y del refrigerio las colas que se van a formar en esta foto corresponden a la pala 2050, puesto que el palero llega retrasado, sumando al retraso de 5 a 7 minutos por la puesta en operación del equipo, ocasionando las denominadas colas. Los dos primeros camiones que bajan por la rampa van a la pala 2050 y el tercer camión se dirige a la pala 2051 que tienen flujo regular, pero otro camión descarga material para levantar la berma de seguridad a una

altura de 1.50 metros (no es su función), producirá un flujo irregular, por consiguiente, generará más colas; este camión se encuentra en el lado inferior izquierdo.

Para el análisis de datos se tomó en cuenta el origen de la cola, para el caso que ésta sea un suceso fuera del ciclo, como una falla mecánica, no se tomó en cuenta y fue depurado.

Los datos que se incluyeron para el análisis y los que originaron colas, fueron: fin de turno, refrigerio y disparo.

### 3.7.1.1. Colas de los equipos de acarreo $Y=F(X)$

Cuadro 19.  $Y= F(X)$  Para Colas de Equipos de Acarreo.

COLAS EN PALAS	$y=F(x)$
	Limpieza de frente Cambio de posición de pala Movimiento de puentes y cables Abastecimiento de combustible Espera en chancadora Condiciones de frente de minado Condiciones mecánicas del equipo

Fuente: Lluvia de ideas – Operaciones Mina

La limpieza de frente es originada por una mala perforación y disparo; producto de eso la pala necesita limpiar su frente ya

que el material está en forma de bolones o de llampo; (material muy triturado), perjudicando al operador porque el material se le derrama; los bolones (material sobre dimensionado) impide cargar rápido y bien a la pala.

Las técnicas de operación de cada operador son distintas, tal es así, que mientras un operador realiza dos o máximo tres cambios de posición los otros realizan de cuatro y a veces cinco cambios de posición.

Los movimientos de puente y cables que realiza la pala son originados por las técnicas de los operadores de pala, al realizar los cambios de posición, de sus respectivas palas, es decir, los operadores al mover sus palas tienen que cambiar de posición a los puentes y cables, colocándolos en el lugar que el palero vea por conveniente; las personas que realizan estos movimientos son los líderes de cables, que a su vez utilizan los servicios de los camiones Cat para ejecutar esta maniobra, ya que los camiones Komatsu se encuentra imposibilitados de ejecutar esta maniobra por tener un dispositivo eléctrico que les impide realizar acciones cuando la tolva se encuentra levantada.

El abastecimiento de combustible en la actualidad se realiza de acuerdo al operador del camión, quien ve en su panel si lo requiere, pero este tipo de acciones son mal realizadas por los operadores, puesto que al observar en

su panel un nivel adecuado insisten en llamar por radio al camión de combustible o se dirigen al grifo saliendo de su ruta para dirigirse a dicho lugar perdiendo un tiempo valioso. Esta conducta que muestran algunos operadores es difícil de controlar puesto que sabiendo que es prohibido, lo hacen, actitudes que pueden corregirse porque son visibles mas el comportamiento cuando es variable es de difícil control; por lo tanto, sería necesario el apoyo del Departamento de Desarrollo Organizacional.

La espera en chancadora es muy corta, pero pese a ello los camiones pierden la secuencia originando colas, peor aún si las cargas de los camiones traen bolones pues ocasionan congestión en la chancadora y a su vez el operador de ésta rompe las rocas empleando más tiempo en la chancadora y por consiguiente retrasando el proceso.

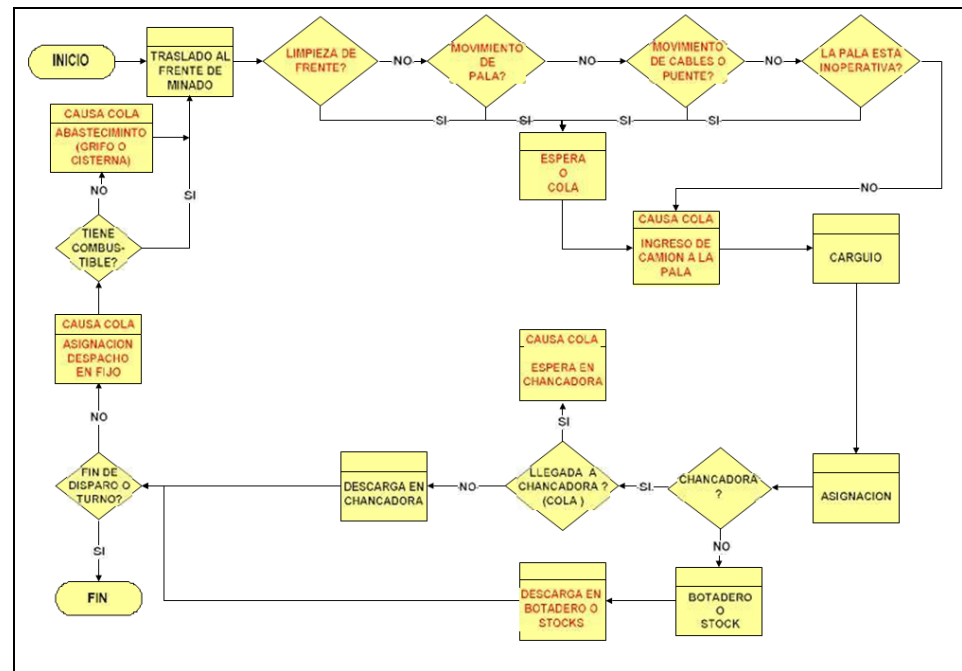
Como se explicó anteriormente los frentes angostos menores a 40 metros de largo para la operación de carguío y la maniobra de ingreso a carguío son más difíciles de ejecutar y a veces demandan mayor tiempo del requerido. La función de mantener los frentes amplios corresponde al Departamento de planeamiento; la ejecución de estos frentes amplios solucionaría la mayoría de los problemas como el cambio excesivo de posición de la pala, movimiento de puentes y cables continuamente; para el o se

requiere de un equipo de carguío, afectando a las orugas de la pala pues el cambio de una grampa de la oruga demora entre 3 y 6 horas, dependiendo de las dificultades que encuentren.

Un punto muy importante es cuando designan dos palas a un botadero; este tiempo de la descarga varía mucho. Como no se sigue una secuencia de izquierda a derecha, sino más bien un desorden, se pone en aprietos al cuadrador; esto trae consigo una congestión con los otros camiones que se encuentran en el botadero y también en las mismas vías

**3.7.1.2. Mapa del proceso actual**

Gráfico 43. Mapeo del proceso de acarreo



Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina

En este mapeo del proceso de acarreo se muestra a los subprocesos y actividades señalados por el color rojo indicando que originan que los camiones Komatsu 830E realicen colas en los equipos de carguío.

**3.7.1.3. Análisis del Diagrama de Ishikawa**

Gráfico 44. Análisis de Causa-Raíz



Fuente: Lluvia de ideas – Operaciones Mina

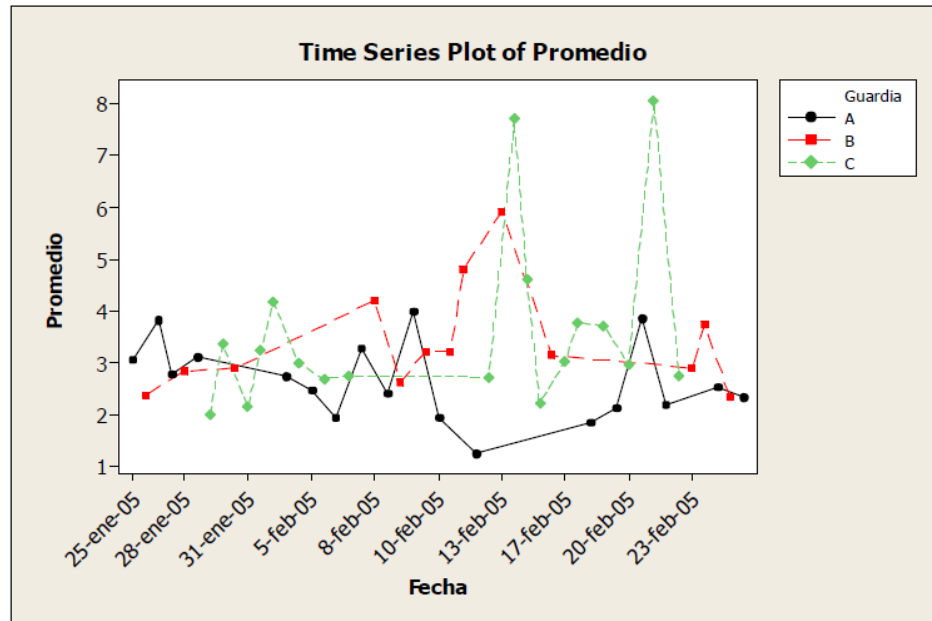
El diagrama de espina de pescado muestra en rojo el punto crítico que viene hacer la cola en equipo de acarreo. Ramificado es sus espinas se tienen los factores determinantes como Personal: operadores de pala con técnicas de operación inadecuadas realizando cargas que deterioran la suspensión de los equipos y peor aún realizan cargas desiguales de equipo a equipo, los cuales son cargados más que otros con el fin de controlar el flujo de camiones según el criterio del operador de pala; Material: como ya se mencionó el llampo, morrena y bolones son las principales dificultades para el carguío ya que implican demasiado tiempo en la ejecución de la operación misma; el frente de minado necesita de 40 metros como mínimo para poder trabajar en forma eficiente; Mediciones: el Sistema Dispatch no cuenta actualmente con la logística adecuada en campo y despacho, para realizar la optimización del proceso, al tener constantemente diferentes carga (toneladas) los camiones; sus velocidades varían determinando la mala secuencia y flujo de los camiones; Medio Ambiente: la presencia de agua en las vías por filtraciones y lluvia ocasionan que los operadores manejen los equipos a la defensiva para prevenir cualquier incidente; cuando hay filtraciones en el mismas vías se lastra material (desmonte) para evitar que se forme barro que ocasionaría pisos



resbaladizos, con llevando a un posible accidente. Los pisos deben de llevarse de forma horizontal y con mayor cuidado, pues donde se registran mayores incidentes son los pisos de pala, botaderos, stock y canchas de ripios que suelen ser verdaderamente pistas de atollo y patinaje; los Métodos están ocasionando dificultades puesto que no se lleva el debido control, en algunos casos se realizan en forma inadecuada originando que la operación baje de rendimiento; con respecto a los Equipos: la disponibilidad de los equipos auxiliares, ya que cuando se necesita un equipo éste llega a los 15 minutos o simplemente no llega porque estuvo realizando otras tareas.

Las velocidades de los camiones CAT y Komatsu son diferentes puesto que cargan diferentes tonelajes, eso es obvio, pero el problema radica cuando asignan dichos equipos a un mismo frente, también afecta al proceso que los equipos de CAT se encuentren sin Goic (despacho).

Gráfico 45. Time Series Plot de Colas de los Camiones  
Komatsu 830E.



Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina

Vemos en los respectivos períodos los promedios de las colas, esto quiere decir, las veces (frecuencia) que realizaron colas las respectivas guardias en periodos de tiempos, identificando y reafirmando que pese a tener paleros por encima del promedio, no es la guardia de mayor producción; concluyen que la guardia “A” tuvo 49 minutos de colas en 18 días durante un mes; mientras que la guardia “B” tuvo 43 minutos de colas en 13 días por un mes y la

guardia "C" 67 minutos de colas en 18 días/ mes; por consiguiente la guardia "B" trabaja optimizando mejor su tiempo y esto a su vez se refleja en la producción.

#### **3.7.1.4. Grado de precisión para la cola**

##### **Colas en Palas**

Varianza: 0.5966

Desviación estándar: 0.7724

Media: 2.15

$CV = (0.7724/2.15) \times 100 = 35.92\%$

### 3.7.2. Espera de Camión



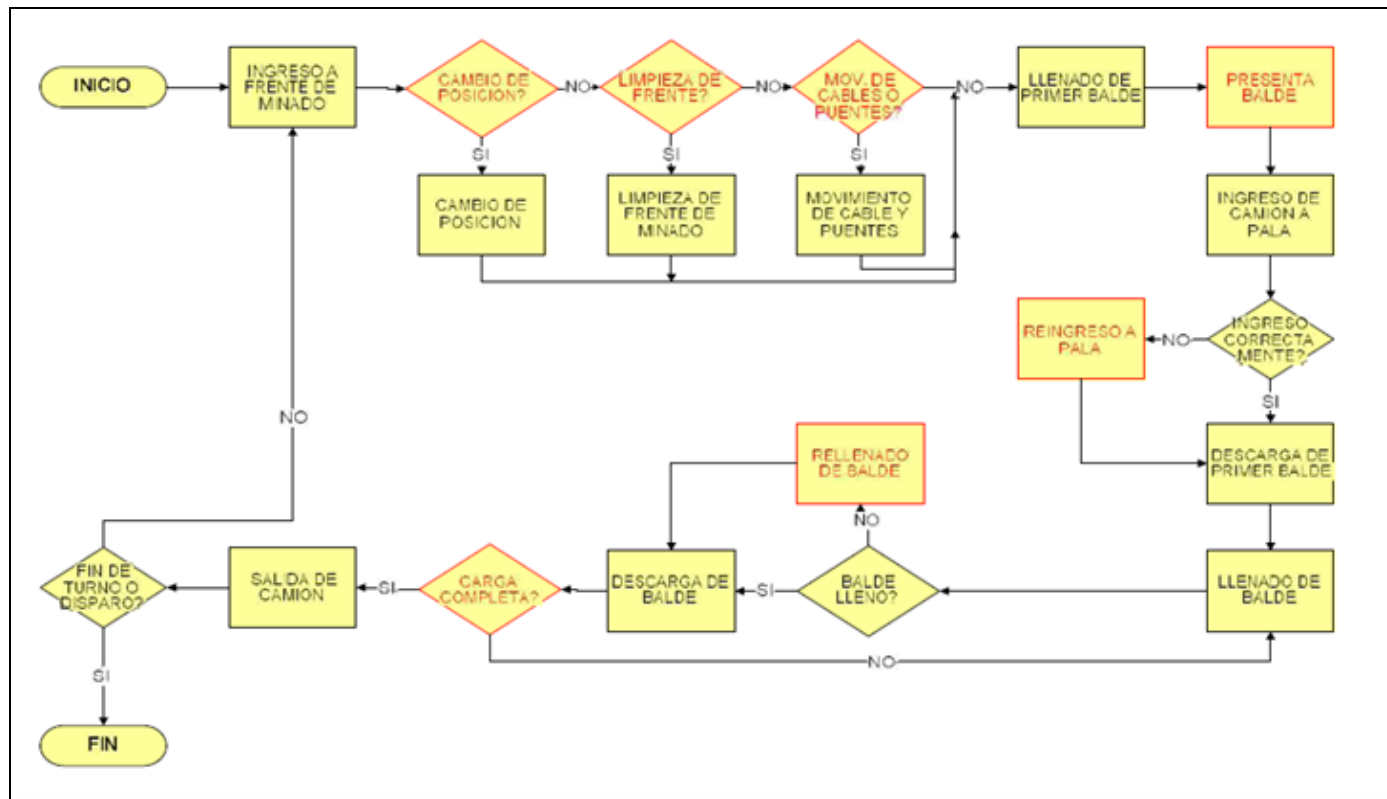
Foto 11. Visualización. Espera de Camiones por Pala

Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina

Se observa a las dos palas trabajando y la pala 2050 esperó 17 minutos al camión para poder cargarlo. Cuando no está presente el camión en la zona de carguío, la pala se “asigna en espera de camión”.

### 3.7.2.1. Procedimiento para la espera del camión

Gráfico 46. Procedimiento de espera del camión Komatsu

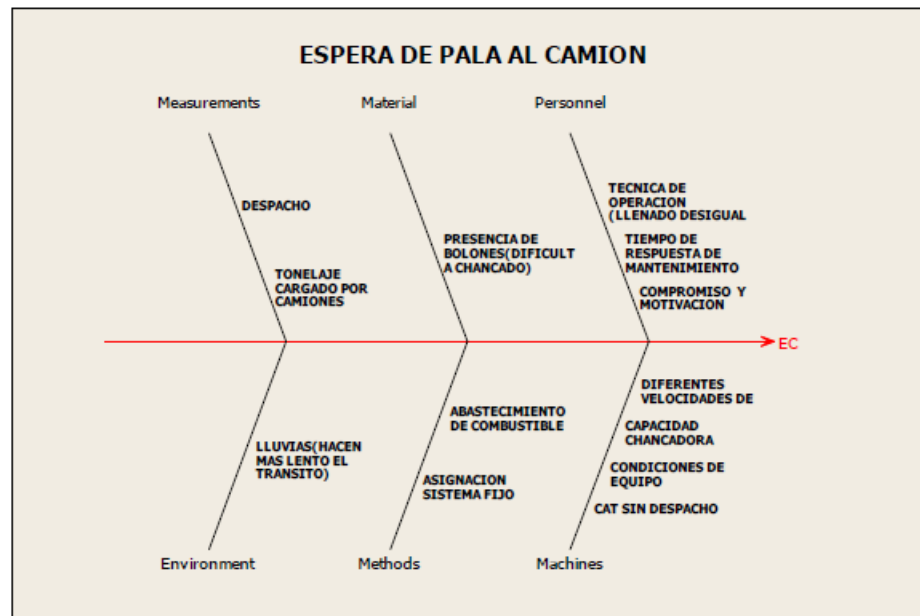


Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina

Este mapeo muestra cada paso que realiza la pala al cargar el material (mineral o desmonte) al camión, desde que inicia sus operaciones hasta cuando las termina por fin de turno.

### 3.7.2.2. Análisis de Diagrama de Ishikawa

Gráfico 47. Análisis de Causa Raíz.



Fuente: Lluvia de ideas – Operaciones Mina

Entre las técnicas de operación el llenado desigual ocasiona la pérdida de la secuencia de los camiones; cuando el operador indica que un equipo de carguío sale de operativo a inoperativo, es cuestión de minutos que estén en el lugar de la falla, pero el equipo mantenimiento llega después de 30 minutos, y tan solo le debería de llevar 15 a 20 minutos, eso dependiendo de la distancia que se encuentre del frente; también al terminar su trabajo dan operativo al equipo cuando el tiempo en retirarse le demanda más que el tiempo de los camiones al llegar a la pala, ocasionando "colas". Todas estas causas son comandadas por la falta de motivación y pérdida del compromiso por el trabajo.

Materiales: la presencia de bolones, morrena afecta al llenado del balde; este factor depende de las condiciones que presenta el frente y de la calidad de la voladura, es decir cuando presenta bolones, la pala se demora más en el llenado y a veces tiene que vaciar el balde para volver a llenarlo, porque el bolón se atascó o simplemente se demora en agarrar el bolón.

Esto ocasiona que algunas cargas se demoren mucho más que otras, lo que descompensa el ciclo.

Para realizar la carga completa se requiere de dos puntos:

1. Calidad de la voladura.- Cuando la voladura es mala el frente presenta bolones, el cucharón no se llena por completo y la carga no es buena.

2. Técnica de operación.- El operador de pala debe tratar de cargar a todos los camiones de la misma forma con la misma cantidad de material.

La cantidad de carga es importante porque los camiones menos cargados pueden ir más rápido que los mejor cargados y al acortarse la distancia entre ellos afecta el ciclo porque uno va a llegar muy cerca del otro a la pala.

Dispatch requiere buen soporte en campo y despacho; dichos Materiales haría que se controle mediante asignación dinámica eliminando la mayoría de la fallas y demoras, sólo dejando las imprevistas.

Como se dijo anteriormente en presencia de lluvias se debe manejar a la defensiva.

El abastecimiento de combustible lo realiza el operador de camión a criterio, claro siempre comprobando el panel de control; este control lo debería de llevar Dispatch mediante el ingreso de los horómetros y así, permitiría que Dispatch envíe el camión al grifo o llame a cisterna para abastecer al camión, sin llegar a suspicacias por parte del operador de camión.

Con la re-implementación del Sistema Dispatch se trabajaría con la asignación en dinámico, que solucionaría todos los problemas y sólo dejando las fallas imprevistas, claro también las de motivación del personal.



Cuando se asigna camiones CAT y Komatsu a una sola pala se arrastran problemas ya que tienen diferentes velocidades; los camiones Komatsu son más rápidos en pendientes altas y los CAT en pistas horizontales son demasiado rápidos para los Komatsu.

Si a chancadora se le asigna 4 o más camiones, la chancadora se satura y no puede recibir más camiones, hasta que pueda procesar las cargas que ya tiene; peor aún, si en las cargas hay presencia de bolones la chancadora se satura y sale de operación por 7 o 12 minutos. Para eso cada carga que se exceda de bolones será enviada a stock.

Como ya se sabe hay palas más rápidas que otras, ese es el caso de la pala 2051 que es más rápida que la pala 2050.

### **3.7.2.3. Grado de precisión para la espera de camión**

#### **Espera de Camiones por equipos de carguío**

Varianza: 1.85

Desviación estándar: 1.36

Media: 2.07

Calculamos coeficiente de variabilidad:

$$CV = (1.36/2.07) \times 100 = 65.66\%$$

## **CAPÍTULO 4: PROPUESTAS Y BENEFICIOS PARA CARGUIO Y ACARREO**

Para la presentación de este capítulo se priorizara mostrar los beneficios, quedando en primer lugar los beneficios tangibles, para luego realizar en algunos casos las propuestas de mejora en un planteamiento de acciones y responsabilidades con plazos determinados, brindándonos beneficios cualitativos que al final de todo se manifiestan en tangibles.

### **4.1. CAMBIO DE GUARDIA**

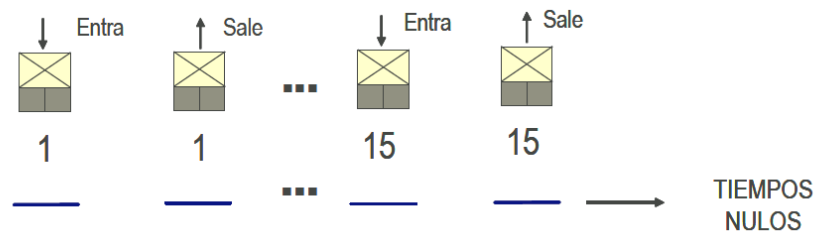
Como se vio en la etapa de análisis, capítulo anterior, las pérdidas del sistema consistían en la unión del proceso de carguio y acarreo; las pérdidas en ese sistema eran de 42 minutos y las pérdidas ocasionadas por el cuello de botella son de 12 minutos; para plantear

mejor nuestro sentido de urgencia, utilizamos el TOC, ya mencionado en el análisis; así sabemos que nuestro objetivo es 12 minutos del cuello de botella, esto nos genera una brecha de 30 minutos y vendría a ser nuestro tiempo a ganar.

#### 4.1.1. Propuestas de mejora

##### 4.1.1.1. Propuesta A:

Hacer el cambio de guardia operador por operador, utilizando los mismos recursos actuales.



Así, con esta propuesta los tiempos para el cambio de guardia serían cero.

GANANCIA: 26 minutos en el Cambio de Guardia; este tiempo representa un beneficio de 1'077.826.0 Tn/Año. Dos minutos por cambio de operador.

RIESGOS: Negociación con los trabajadores (Nueva forma de Cambio de Guardia). Sacrificar la vuelta al gallo apenas empieza el turno.

RECURSOS: Construcción de Parqueos Auxiliares y bahías.  
(Necesidad de zonas seguras de Cambio de Guardia).

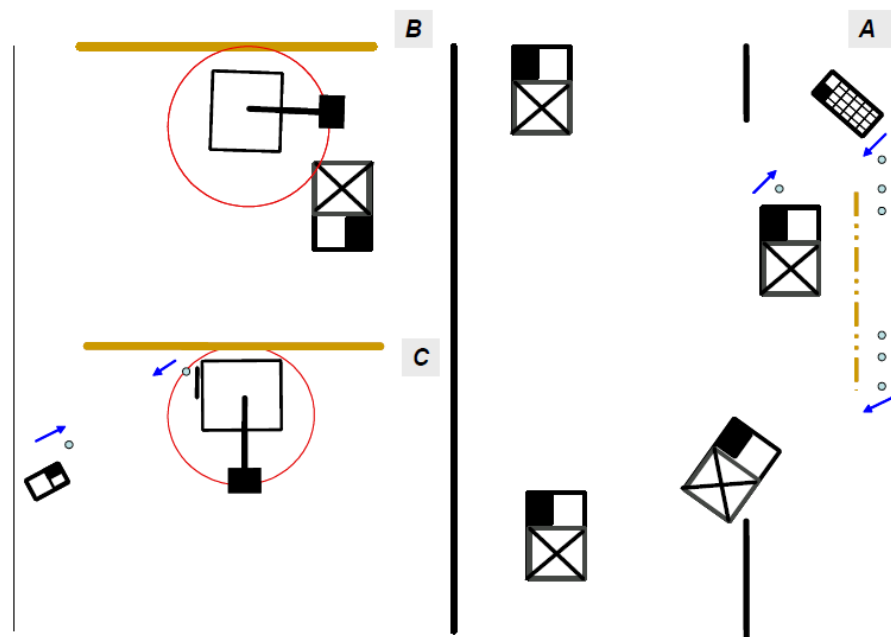
El riesgo previsto que implica la propuesta "A" es la negociación con los trabajadores; esta negociación se dio paralelamente al proyecto llegando a un punto clave para los trabajadores y las operaciones en la mina; de los resultados que obtenga el proyecto los trabajadores recibirán incentivos al finalizar el año fiscal 2005.

La ubicación de parqueos auxiliares estará a cargo del Departamento de Planeamiento y Seguridad y la ejecución de la construcción de estos parqueos y bahías la realizará Construcción Mina.

El siguiente gráfico visualiza el cambio de guardia según la propuesta "A".

Consiste en intercambiar operadores en el proceso de cambio de guardia sin parar la producción. Cada bus se dirige al parqueo y todos los operadores esperan su turno para intercambiar; los operadores que están trabajando siguen su ritmo normal de trabajo y cuando llegan al parqueo se estacionan e intercambian de operador; para esto el cambio de guardia no será limitado por tiempo será CONTINUO. Para el caso de los paleros serán llevados en camioneta por el líder de guardia (O1) hasta sus palas respectivas, intercambiando con el operador saliente y lo mismo se

realiza con los dos restantes operadores; luego se les dirigirá a campamento. A todos los operadores de camión, una vez terminado su cambio en caliente se procederá a llevarlos al campamento.

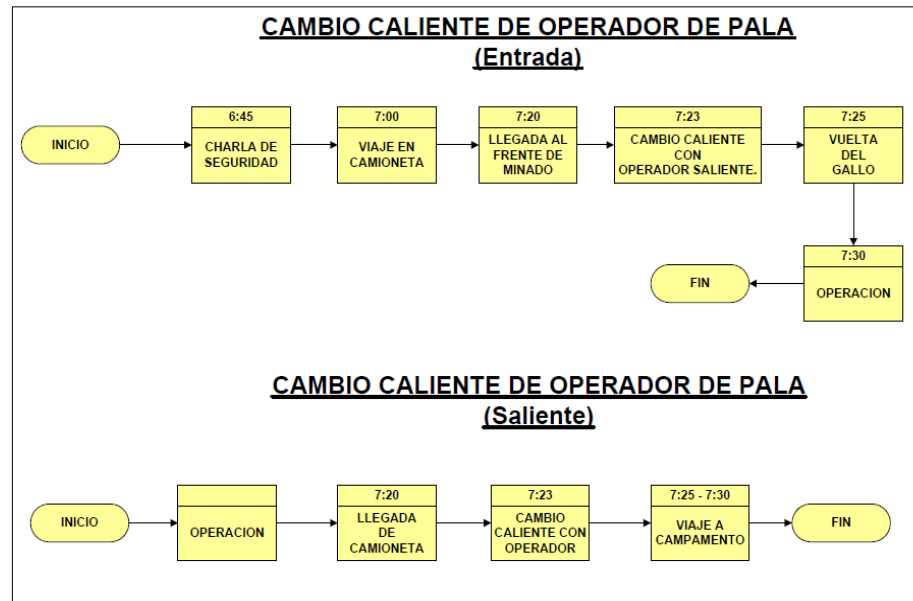


La parte A del gráfico muestra el cambio de guardia de los operadores de acarreo, la parte B muestra el cambio de guardia de los operadores de pala; una vez terminando de cargar el operador de la pala gira la pala de lado contrario del frente de minado; a esa operación se le llama plantar el balde, después el operador se dirige al cambio de guardia parte C.

A continuación se verá el cambio de guardia en caliente por mapeo de procesos, clarificando las ideas en tiempos

óptimos esperados.

Gráfico 48. Mapeo del proceso de cambio de guardia en caliente – PROPUESTA A



Fuente: Datos de campo – operaciones mina

La vuelta de gallo, ya vista en la etapa de análisis, es de aproximadamente 7 minutos; las observaciones recogidas en la etapa de análisis brindaron una información valiosa.

Los operadores de pala ingresan a la sala de máquinas sólo con el pretexto de revisar el equipo (demoras), puesto que ellos no tienen la facultad de arreglar cualquier desperfecto y así notaran la falla, está prohibida la manipulación de la maquina. Entonces sólo necesitan una vista rápida para

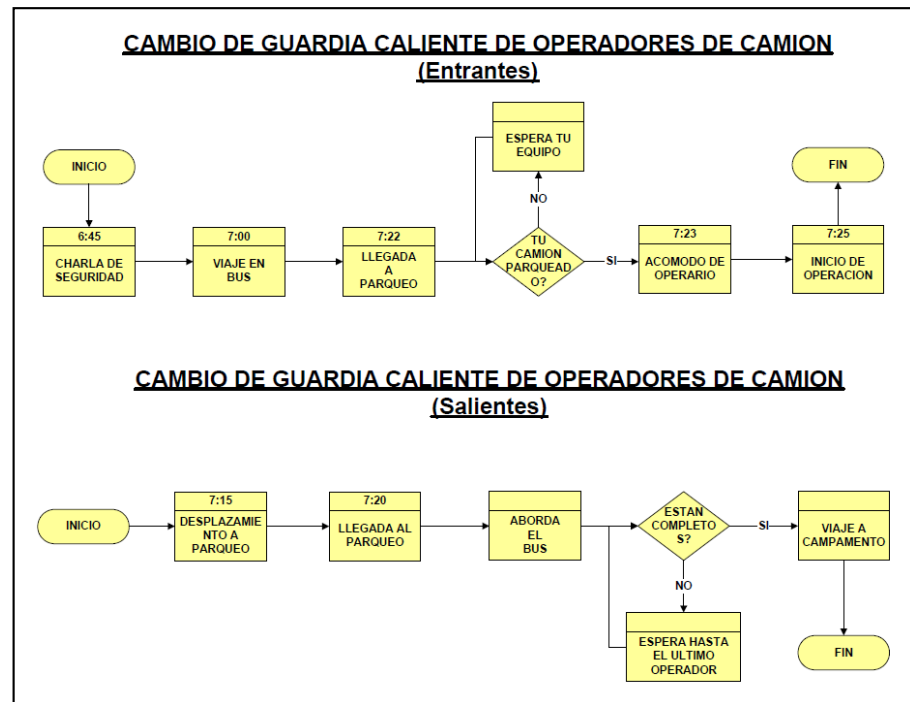
detectar una falla e informar de dicha falla al líder de mantenimiento quien enviará a una persona calificada para la reparación; dicha persona subirá al equipo en el momento adecuado y realizará las acciones necesarias.

Por lo tanto, la vuelta de gallo se redujo de 7 minutos a sólo 5 minutos; se determino este tiempo en la reunión quincenal.

Ver grafico (1).

Los tiempos si disminuyeron y el personal de mina en general se sentía conforme con los resultados.

Gráfico 49. Mapeo del proceso de cambio de guardia en caliente – PROPUESTA A

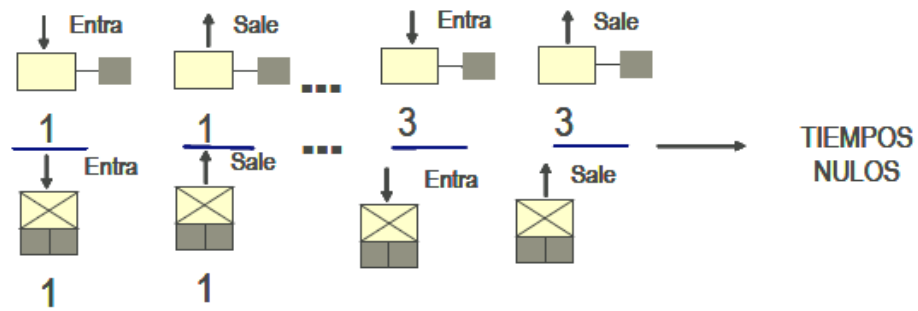


Fuente: Datos de campo – operaciones mina

#### 4.1.1.2. Propuesta B

Hacer el cambio de guardia paralelamente en las tres palas utilizando camionetas, las cuales transportarán al siguiente personal: 1 Operador de Pala y 3 Operadores de Camión.  
Recursos: 5 Camionetas, 1 Bus.





GANANCIA: 22 minutos en el Cambio de Guardia.

RIESGOS: Inversión Extra (Camionetas).

En cuanto a la ganancia de los 22 minutos representa un beneficio de 912.007.25 TM/ Año.

De esta propuesta (B), el problema son las camionetas adicionales requeridas, ya que es una inversión muy fuerte y el beneficio es el mismo que el de la primera propuesta (A); entonces se consideró sólo realizar la propuesta "A", que tiene un aumento en la producción de 1.077.826.75 TM/Año y esto representa un incremento en la productividad en 1.21 %

#### 4.1.1.3. Beneficio

BENEFICIO: Tiempo del Sistema – Tiempo por Cuello de Botella =  $42 - 14 = 28$  minutos - 2 minutos = 26 minutos neto.

Cuadro 20. Ganancias de Toneladas Anuales por Cambio de guardia

**CASO IDEAL**

SUPUESTOS		UNIDADES
PRODUCTIVIDAD	649	Ton/Hora
DÍA	24	Horas
AÑO	365	Días

**CASO PROPUESTO**

TIPOS DE GUARDIA	ton/hora	ton/min	min/dia	ton/dia	ton/año	70% Efectividad
CAMBIO DE GUARDIA TIPO (A)	649	10.8166667	26	281.2333333	102650.1667	71855.11667
CAMBIO DE GUARDIA TIPO (B)	649	10.8166667	22	237.9666667	86857.83333	60800.48333

	Camion	Flota
	Ton/Año	Ton/Año
MEJORA TIPO (A)	71855.1167	1077826.75
MEJORA TIPO (B)	60800.4833	912007.25

Fuente: Sistema Dispatch

Podemos observar que la productividad de los camiones aumenta en 3.77%, aumentando de 649 Ton/Hr a 673 Ton /Hr.

Cuadro 21. Aumento de Productividad en Toneladas por Camión.

	ton-Ad/Turno	Toneladas/turno	Productividad Inicio	Productividad Final
Camion	197.21	5233.536	649	673

Fuente: Sistema Dispatch

#### 4.1.1.4. Costo por tonelada

Cuadro 22. Toneladas adicionales por mejores prácticas

DATOS DE MINA	
LEY	1.30%
RECUPERACION	75%
DESBROCE	12
TONELADAS/LIBRA	2204.626
FAC. CASTIGO	0.965
PRECIO LIBRA DE Cu (\$)	1.1
\$/TON REMOVIDA	0.273

NUEVO CAMBIO DE GUARDIA	ton/año	ton.min/año	libras pagables	ingreso/año	egresos/año	beneficio(\$)
CAMBIO DE GUARDIA TIPO "A"	1077826.75	808.3700625	1719778.279	1891756.107	294246.7028	1597509.405

Fuente: Sistema Dispatch

Como podemos observar la empresa por las mejoras podría recibir un año antes casi (\$)1.6 millones

## 4.2. CAMBIO DE GUARDIA

### 4.2.1. Beneficios tangibles (Waterfall-Chart)

Cuadro 23. Cuantificación de mejoras por Presentación del Primer Pase.

Palas	Historicos		Cuantificacion				
	TM/HR	TM/MIN	MIN/PASE	TM/PASE	PASES/GD	TM/DIA	TM/AÑO
2041	2328	38.8	0.03	1.23	102	125	45672
2050	3470	57.8	0.03	1.83	239.8	438	160017
2051	4550	75.8	0.03	2.40	217.5	521	190324
TOTAL							396013

Fuente: Sistema Dispatch

Se percibirán en el primer trimestre del año fiscal 2006 que empieza en Junio del 2005 las 396 013 toneladas/año. Para ver mejor el impacto de las toneladas que se ganarán sobre las toneladas actualmente ejecutadas se planteará el Waterfall -Chart. Ver gráfico (50).

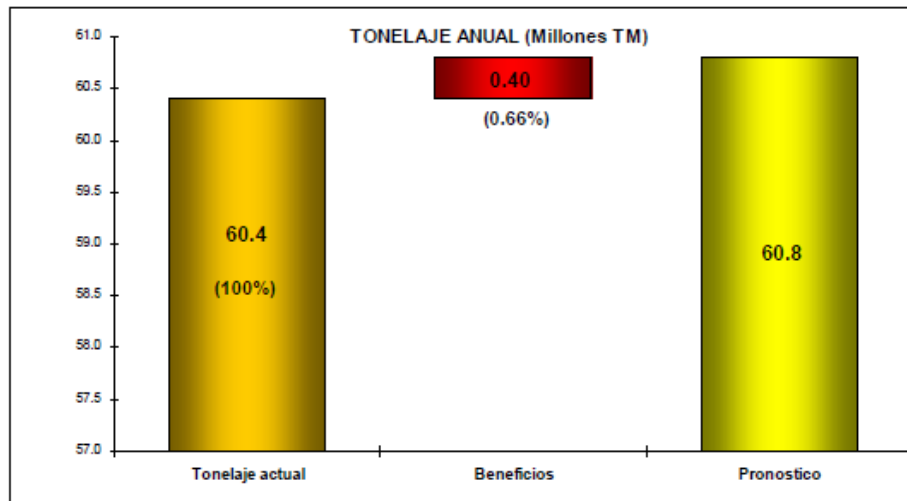
Cuadro 24. Beneficios Projectados

<b>BENEFICIOS</b>	
Toneladas Actuales	60409516.51
Beneficios	396013.00
PRONÓSTICO	60805529.51

Fuente: Sistema Dispatch

Con este planteamiento los beneficios tangibles por la no presentación del balde es de 396.013,00 toneladas/año y este valor es proyectado sobre la base de la producción actual de 60.409.516,51 toneladas/año, dando como resultado un pronóstico favorable de 60.805.529,51 toneladas/año. Ver gráfico (50).

Gráfico 50. Waterfall-Chart. Pronostico de la Producción



Fuente: Sistema Dispatch

La finalidad de este gráfico es mostrar el valor de los beneficios, 0.40 millones de toneladas anuales y este representa el 0.66% de la producción; proyectando tenemos que la producción se incrementaría en 60.805.529,51 toneladas/año.

#### 4.2.2. Plan de Acción

El objetivo es eliminar la presentación de balde y que el camión espere ya listo para ser cargado.

Las tareas a seguir deben ser las siguientes:

1. Elaboración de nuevo procedimiento.
  - Quién: Operaciones Mina
  - Cuándo: 15 Abril - 2005.

2. Revisión y aprobación de nuevo procedimiento:
  - Quién: Departamento de Seguridad
  - Cuándo: 05 Mayo - 2005
3. Difusión de nuevo procedimiento:
  - Quién: Área de Entrenamiento – Jefe de Entrenamiento
  - Cuándo: 12 Mayo - 2005
4. Practicas de nuevo procedimiento en campo:
  - Quién : Área de Entrenamiento –Entrenadores de Pala y Camión.
  - Cuándo: 12 Junio - 2005
5. Supervisión de ejecución de nuevo procedimiento a las operaciones normales:
  - Quién : Área de Entrenamiento - Entrenadores
  - Cuándo : Permanente.
6. Ingresar el nuevo tiempo de carguío para elaboración de presupuesto.
  - Quién: Operaciones Mina – Supervisor de Costos
  - Cuándo: 15 Agosto – 2005

Es importante tomar en cuenta que aparte de la mejora implementada, el tiempo de carguío y la primera cucharada mejoraría si se toma en cuenta también lo siguiente:



1. Una buena fragmentación ayuda significativamente la velocidad de carguío.
2. Operaciones Mina debe verificar constantemente el estado mecánico de los equipos.
3. Fluidez en el carguío de los camiones por parte de la pala.  
Revisiones constantes de las rutas en el sistema dispatch
4. Eficiencia de la pala en el carguío de camiones.
5. El personal comprenderá la importancia de no exceder la capacidad límite de los equipos en función de la producción

### **4.3. LIMPIEZA DE FRENTE**

Las propuestas al plan de acción son:

#### **4.3.1. Plan de Acción**

1. Menor % de zonas reducidas en el próximo FY
  - Quién: Líder de planeamiento a corto plazo
  - Cuándo: Permanente
2. Estudio de la Calidad de los Disparos en los Frentes de Minado
  - Quién: Líder de Perforación y Voladura
  - Cuándo: Segundo Semestre del año Fiscal – 2006
3. Entrenar al Personal de equipo auxiliar en mejorar las técnicas de operación.
  - Quién: Líder Mantto. a Palas – Líder de Guardia

- Cuándo: 24 Abril - 2005
4. Dar Instrucción al Personal de Operación Mina en Técnicas de Mantenimiento Preventivo
    - Quién: Líder Mantto. a Palas – Líder de Guardia
    - Cuándo: 24 Abril - 2005
  5. Definición de la distancia del dispositivo:
    - Quién: Superintendente de Operación Mina
    - Cuándo: 24 Abril - 2005
  6. Diseño y selección optima de materiales del dispositivo
    - Quién: Líder Mantto. a Palas – Superintendente Mantto
    - Cuándo: 24 Abril - 2005

Los beneficios al  $Y = F(Xs)$  son:

1. Va a facilitar y brindar seguridad al trabajo de limpieza de frente.
2. La limpieza de frente se requerirá sólo en momentos muy esporádicos, permitiendo la disminución de tiempos muertos por demoras operativas.
3. Disminuir el tiempo de operación que realiza el equipo auxiliar.
4. El personal comprenderá la importancia de no exceder la capacidad límite de los equipos en función de la producción
5. Dar seguridad a los operadores de equipo auxiliar al trabajar realizando la limpieza de frente.

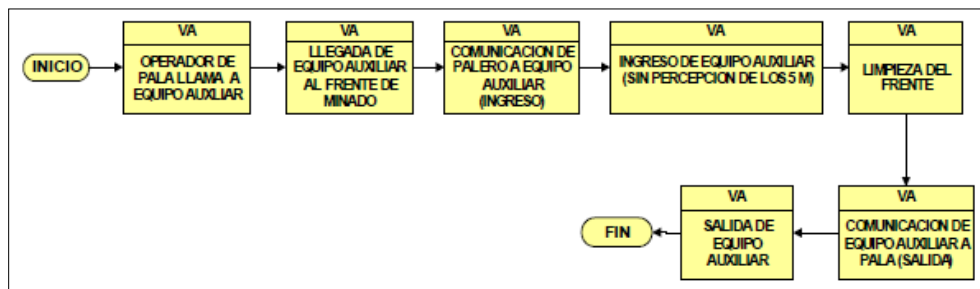
6. Percibir de forma rápida y clara estos dispositivos de seguridad, cumpliendo requisitos ergonómicos y de durabilidad.

La actividad de limpieza de frente actualmente tiene un procedimiento que genera tiempo perdido al proponer el mapeo de procesos nuevos; se verá el beneficio de esta propuesta.

#### 4.3.2. Propuesta:

Proceso de Limpieza de Frente de Pala (Operación Continua)

Gráfico 51 Mapeo del Proceso de Limpieza de Frente



Fuente: Datos de campo – Operaciones Mina

Con la nueva propuesta se eliminaron 5 etapas innecesarias para este proceso.

Evaluando la ambigüedad, tenemos dos opciones:

1. Operación continua de la pala.
  - Buen cálculo de la distancia de 5 m respecto a la parte posterior de la pala.
2. Parar la pala.

- No habrá producción por ese tiempo.

La actividad de limpieza de frente considerada anteriormente como parte del proceso sin producir demoras, fue desechada en el análisis de este proyecto; dicha actividad generó un tiempo perdido de 5.90 minutos y se cuantificó en 580,835.86 toneladas año.

Tomando en cuenta un 50% de efectividad según lo proyectado la ganancia sería de 290,417.9 toneladas año.

#### 4.3.3. Beneficios Tangibles

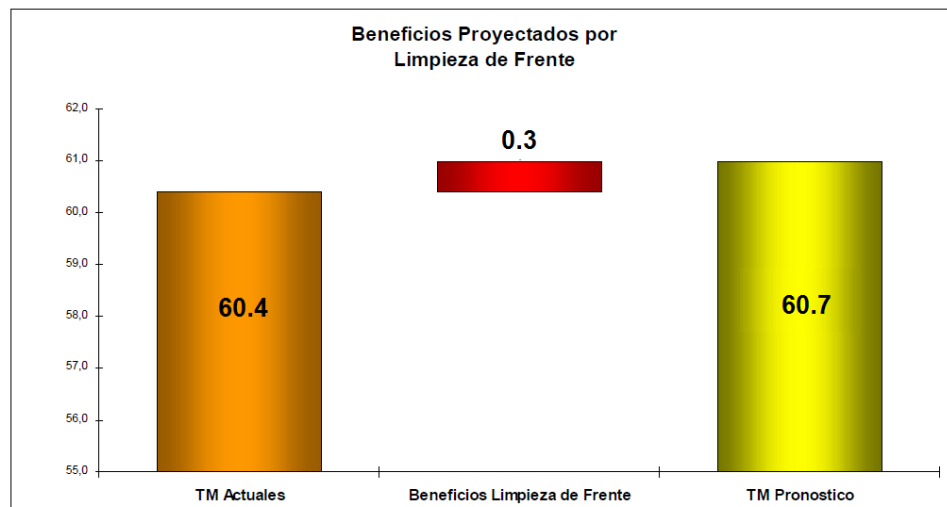
Cuadro 25. Beneficios proyectados

PRODUCCIÓN	
Pronóstico de producción	60409516.51 TM/AÑO
Pérdida de producción	290417.9 TM/AÑO
PROYECCIÓN	60699933.5 TM/AÑO

Fuente: Sistema Dispatch

Los beneficios estimados por limpieza de frente son de 290,417.00 TM/Año; dichas Tn/Año se proyectan al finalizar el año fiscal 2005 en 60.699.928,51 TM/Año sobre la base actual de 60.409.516,51 TM/Año.

Gráfico 52. Waterfall-Chart. Pronóstico de la Producción



Fuente: Sistema Dispatch

Aunque parezca poco significativo, esa mejora por limpieza de frente representa producción en mineral 0.3 millones de toneladas que representa prácticamente un día de producción en la mina.

#### 4.3.4. Solución para ambos casos

Tanto la presentación del primer pase como la limpieza de frente se apoyan en un mismo punto; las dos oportunidades de mejora necesitan un marco de referencia, barrera física que les permita percibir, diferenciar la distancia de los 5 metros, para así permitirles percibir esa distancia a los operadores de camiones Komatsu y también permitir al operador del equipo auxiliar percibir

dicha distancia.

**En el primer caso:**

Al eliminar la presentación del balde los operadores de camión no perciben de forma segura por donde ingresar a la zona de carguío (homogeneidad).

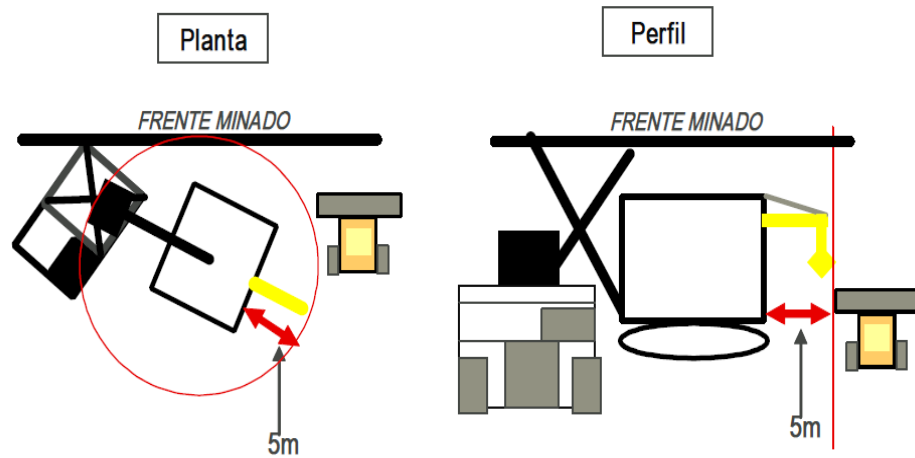
**En el segundo caso:**

Al realizar la limpieza de frente sin el procedimiento, los operadores de equipo auxiliar tienen inseguridad al ejecutar este trabajo, por no percibir de forma física la distancia mínima que deben de tener con respecto a la pala.

**Solución para ambos casos:**

Implementar un dispositivo físico que permita referenciar una distancia segura desde el contrapeso de la pala.

Gráfico 53. Visualización, vista de planta y perfil



Fuente: Datos de campo – Operaciones mina

#### 4.3.5. Benchmark. Cuajone SPCC

##### Experiencias Anteriores:

BHPB Tintaya tuvo anteriormente algunas experiencias:

- Se implementó dispositivo físico que servía de referencia para el ingreso de camiones.
- Se eliminó por las condiciones de frentes de minado reducidos y porque este dispositivo era rígido.
- Se propone instalar un dispositivo que sea flexible o rebatible en caso de que el frente sea reducido.

#### **4.4. TIEMPOS DE OPERACIÓN Y TIEMPO DEL CICLO DE CARGUÍO**

##### **(Punto de vista de operadores de camión)**

Dentro de los tiempos de operación tenemos:

- Maniobra de ingreso a zona de carguío.
- Maniobra de descarga en botaderos y stock.

##### **4.4.1. Maniobra de Ingreso a Zona de Carguío**

La mejoras se realizarán de acuerdo al  $Y = F(Xs)$ ; se tomarán medidas, brindado responsabilidades a quienes corresponda.

##### **4.4.1.1. Plan de Acción**

1. Mantener el piso horizontal de ingreso a zona de carguío

- Quién: Líder de guardia-operador de motoniveladora
- Cuándo: Permanente

2. Mejorar la eficiencia de los disparos

- Quién: Líder de perforación y voladura
- Cuándo: Segundo semestre año 2006

3. Menor% de zonas reducidas en el próximo año

- Quién: Líder de planeamiento a largo plazo
- Cuándo: Permanente

4. Rotar a los líderes de pala cada seis meses

- Quién: Líder de guardia
- Cuándo: 24 de Abril de 2005



5. Implementar cuaderno de tareas, e inventario de accesorios, estandarizar procedimientos de trabajo de cableados.

- Quién: Líder de cables
- Cuándo: Inmediato, Marzo 2005

6. Dar Instrucción al Personal de Acarreo en Técnicas de Mantenimiento Preventivo.

- Quién: Líder Mantto. a palas – Líder de guardia
- Cuándo: 24 de Abril de 2005

7. Entrenar al Personal Operador de Camiones en mejorar las Técnicas de Ingreso a Carguío:

- Quién: Líder Mantto. a palas – Líder de guardia
- Cuándo: 24 de Abril de 2005

Las propuestas mencionadas en el plan de acción nos indican los beneficios que vamos a lograr con la ejecución de estas propuestas:

Los beneficios de eliminar las (Xs) son:

1. Eficiencia en los camiones al ingresar a zona de carguío; también se logrará que las llantas se mantengan en buen estado.

2. Que las rocas derramadas no dificulten el acceso a la zona de carguío.

3. Las maniobras de ingreso se van a ejecutar con holgura.
4. Mayor energía, dinamismo y control en cada etapa de la operación; también mantener la auto regulación de dichos equipos.
5. Mejorar la comunicación en el relevo de turno, tener un stock nuevo y/o listo para operación y eficiencia en la ejecución de cambio de puentes
6. Fusionar la seguridad proactiva con técnicas de mantenimiento preventivo respectivamente.

#### **4.4.1.2. Benchmarking entre operadores**

Los operadores fueron calificados en la etapa de análisis en operadores por encima del promedio, operadores promedio y operadores bajo el promedio. Al personal que fue incluido dentro de los operadores bajo el promedio se le llamará operadores a mejorar, dándoles la oportunidad de mejora.

La capacitación se realizará en el último día de trabajo de las guardias, la cuales salen de días libre en la mañanas al finalizar su turno noche; en la tarde del mismo día se les conducirá a los patios de instrucción donde realizarán maniobras de ingreso a carguío, para luego en la noche ser conducidos a sus respectivos destinos.

Cuadro 26. Operador de maniobra de ingreso a mejorar

INSTRUCCION	
A. Martines	F. Aucalle
D. Barrios	L. Peralta
E. Arocutipa	R. Cutipa
F. Arroe	

Fuente: Plan de entrenamiento – Operaciones mina

A los operadores dentro del promedio se les realizará las mismas instrucciones, claro en sus respectivas guardias. Este tipo de instrucción durará por espacio de un mes, luego se observará al personal en su trabajo para reclasificarlos y así ver los impactos del entrenamiento.

Al personal por encima del promedio se le capacitará una hora después de su trabajo diario; la capacitación será: motivación, Coaching en buenas prácticas maniobra de ingreso.

#### **4.4.2. Maniobra de descarga en Botadero y Stock**

##### **4.4.2.1. Plan de Acción**

1. Ampliar áreas en botadero y stock
  - Quién: Planeamiento a corto plazo

- Cuándo: 02 de Marzo de 2005
2. Nivelar y lastrar los pisos de Botaderos y Stock
    - Quién: Líder de Guardia – operador de moto niveladora
    - Cuándo: Inmediato, Marzo 2005
  3. Dar Instrucción a los operadores en mejores técnicas de descarga en botaderos y stock:
    - Quién: Instructor de Camiones – Líder de Guardia
    - Cuándo: 24 de Abril de 2005
  4. Contratar a un personal cuadrador adicional:
    - Quién: Gerencia Mina – Desarrollo Organizacional
    - Cuándo: 24 de Abril de 2005
  5. Mantener la bermas de seguridad en los botaderos en buen estado
    - Quién: Construcción Mina- Líder de guardia
    - Cuándo: 24 de Abril de 2005
  6. Entrenar al Personal Operador de Camiones en mejorar las técnicas de descarga y técnicas de mantenimiento proactivo
    - Quién: Líder Mantto. a palas – Líder de guardia
    - Cuándo: 24 de Abril de 2005

Las propuestas mencionadas en el plan de acción nos indican los beneficios que vamos a lograr con la ejecución de estas propuestas, tales como:

1. Evitar congestión en todo el stock de sulfuros, también en botaderos como 28b, 28c, 28d.
2. Evitar daños a los equipos, también el tiempo en esta maniobra se reducirá.
3. Reducir los tiempos de descarga.
4. Se contratará a un cuadrado más para distribuir mejor a los camiones.
5. Brindar seguridad en la descarga al operador del camión; posible caída del equipo.
6. El operador comprenderá la necesidad de trabajar respetando las capacidades y limitaciones del equipo en bien de la producción.

Cuadro 27. Operadores de Maniobra de descarga, a mejorar

INSTRUCCION
A. Huarcaya S. Santullo M.Chullo

Fuente: Plan de entrenamiento – Operaciones mina

De igual forma se les capacitará a los operadores por encima del promedio, después de finalizar su trabajo.

Las manifestaciones del síndrome de Burnout en algunos operadores de acarreo y equipo auxiliar son preocupantes, puesto que no se ha descartado la presencia Burnout en los demás operadores (Burnout, ver glosario).

#### **4.4.3. Tiempo del Ciclo de carguío**

Como se vio en el capítulo de análisis e interpretación de resultados sólo se realizó la cuantificación de las palas 2051 y 2050, porque son palas con capacidades y características iguales; por lo contrario la pala 2041 tiene otras cualidades diferentes y no se le tomó en cuenta al realizar este análisis.

#### 4.4.3.1. Beneficios tangibles

Cuadro 28. Cálculo de beneficios de toneladas

Palas	Historicos		Cuantificacion				
	TM/HR	TM/MIN	MIN/PASE	TM/PASE	PASES/GD	TM/DIA	TM/AÑO
2041	2328	38.8	0.02	0.61	102	62	22574
2050	3470	57.8	0.02	0.90	239.8	217	79091
2051	4550	75.8	0.02	1.18	217.5	258	94071
<b>TONELADAS TOTALES</b>							<b>195736</b>
<b>BENEFICIO REAL</b>							<b>58720.6971</b>

Fuente: Sistema Dispatch

Cuadro 29. Beneficios proyectados

<b>BENEFICIOS</b>	
Toneladas Actuales	60409516.51
Beneficios	58720.70
PRONÓSTICO	60468237.21

Fuente: Sistema Dispatch

Al percibir los 58.720,70 toneladas anuales por realizar en forma eficiente el carguío de los camiones por parte de los operadores de pala. Se pronosticaría en un aumento de 60.468.237,21 toneladas / año.

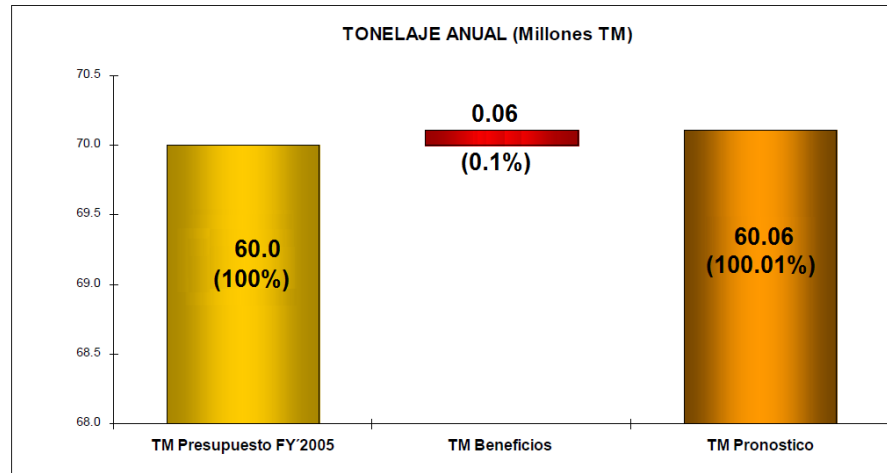
Esta cantidad percibida es sólo como referencia puesto que los beneficios reales por carguío se cuantificaron en el capítulo anterior, con el sistema pala – camión; esos beneficios si eran reales, en cambio estos valores sólo nos indican que se necesitan operadores en carguío (pala) que sean muy eficientes en su trabajo, para asegurar una producción al máximo.

Se tuvo que presentar esta forma por estrategia, ya que los operadores necesitaban saber cuánto están perjudicando a la producción, y según ellos estaban trabajando para la producción, pero no es así, parecía que estaban rindiendo al máximo pero no era así, hasta los dividimos en tipos de operadores.

Esta percepción de buen rendimiento cuando en verdad no lo es, se denomina "*BURNOUT*".



Gráfico 54. Pronóstico de beneficios anuales



Fuente: Sistema Dispatch

Como se verá en este gráfico, la producción del año fiscal 2005 será de 60.409.516 millones de toneladas anuales; este valor se espera llegar al finalizar el año 2005 (100%); al trabajar con operadores eficientes se lograría obtener beneficios de 58.720,7 TM/Año, llegando a 60.468.237 millones de TM/Año sobrepasando nuestras expectativas.

“Por ende es vital trabajar reforzando los equipos autodirigidos en operadores realizando en ellos gestión por competencias”.

La nueva organización de los operadores de pala en diferentes equipos sería:

- Los paleros que han alcanzado estar por encima del promedio durante este proyecto se les mantendrá como paleros fijos en sus respectivas palas.

- En la pala 2051 sólo dos paleros han logrado mantenerse, M. Chino y E. Cárdenas, cada uno de la guardia A Y C respectivamente; de la pala 2050 sobresalen E. Arapa y C. Zernaque; este último operador se retiró de la compañía dejando su espacio libre para ser ocupado.
- En la pala 2041 los dos paleros realizan bien su trabajo; A. Álvarez está por encima del promedio y R. Medina está en el promedio.
- A los operadores que se les dará la oportunidad de mejorar son H. Huertas y G. Colquehuanca de las Palas 2051 y 2050 respectivamente.

Pero se requiere dar oportunidad también a los operadores que han continuado eficientemente su trabajo en el transcurso del tiempo; en este caso tenemos a A. Álvarez y R. Ticona que pese a ser operador variable en palas P&H 2300, P&H 2800 y operador fijo del cargador frontal Cat 994, ha demostrado ser muy eficiente operando las palas P&H, con tiempos en carguio de 0.59 segundos en la pala 2051 y en pala 2050, 1.01 minutos; estos tiempos lo ubican en operador por encima del promedio, siendo necesario su apoyo en dichas palas.

Cuadro 30. Distribución de operadores de pala

OPERADORES	PALAS P & H 2800		PALA P & H 2300
	2051	2050	2041
<i>Fijos</i>	Manuel Chino (A)	Ernesto Arapa (A)	Agnpino Alvares (A)
	Hector Huertas (B)	Genaro Colquehuanca (B)	Cristoval Zernaque (B)
	EmilioCardenas (C)	Ramiro Medina (C)	Clemente Quispe (C)
<i>Variables</i>	Agnpino Alvares (A)	Ronal Ticona (A)	Ronal Ticona (A)
	Cristoval Zernaque (B)	Cristoval Zernaque (B)	OctavioParedes (C)
	Clemente Quispe (C)	OctavioParedes (C)	

Fuente: Distribución de Operadores Mina Tintaya

Cuadro 31. Propuesta de distribución de operadores de Pala

OPERADORES	PALAS P & H 2800		PALA P & H 2300
	2051	2050	2041
<i>Fijos</i>	Manuel Chino (A)	Ernesto Arapa (A)	Hector Huertas (A)
	Agnpino Alvares (B)	Ronal Ticona (B)	Genaro Colquehuanca (B)
	EmilioCardenas (C)	Ramiro Medina (C)	Clemente Quispe (C)
<i>Variables</i>	Hector Huertas (A)	Lucio Vargas (A)	Lucio Vargas (A)
	Genaro Colquehuanca (B)	Genaro Colquehuanca (B)	Leandro Sumiri (B)
	Clemente Quispe (C)	OctavioParedes (C)	OctavioParedes (C)

Fuente: Propuesta de mejora Proyecto Six Sigma

## 4.5. COLAS Y ESPERA DEL CAMIÓN

### 4.5.1. Colas

Las propuestas para eliminar las colas están planteadas en el plan de acción, pero se eliminarían todas con la implementación de Sistema Dispatch; esto terminaría con los problemas de administración de la operación (demoras operativas, tiempos muertos, etc.), dejando sólo la posibilidad de tener alguna falla imprevista como atollo, pinchazo de llanta, falla en el circuito del camión o pala, rotura del cable de compuerta, etc.

#### 4.5.1.1. Plan de Acción

1. Controlar los cambios en limpieza de frente
  - Quién: Superintendente de mina
  - Cuándo: Permanente
2. Dar Instrucción a los operadores en mejores técnicas de operación
  - Quién: Instructor de camiones y palas-Líder de guardia
  - Cuándo: 24 de Abril de 2005
3. Estandarizar procedimientos de trabajo de cableados
  - Quién: Líder de cables
  - Cuándo: 08 de Marzo de 2005
4. Despacho asignara el abastecimiento de combustible:
  - Quién: Administrador de despacho – Asistente de Líder de guardia
  - Cuándo: 01 de Junio de 2005
5. Menor % de zonas reducidas en el próximo año fiscal (FY)
  - Quién: Líder de planeamiento a largo plazo
  - Cuándo: Permanente

Tenemos  $y=F(x)$

1. Eliminar las colas producidas por limpieza de frente, para así ayudar a la continuidad de la producción.

2. El instructor de palas observará las técnicas de operación de los operadores.
3. Mejorar la comunicación en el relevo de turno, tener un stock nuevo y/o listo para operación, y mejorar la eficiencia en la ejecución de cambio de puentes.
4. Eliminar los tiempos muertos originados por el abastecimiento de combustible.
5. Eliminar los tiempos muertos originados por tener frentes reducidos.

#### **4.5.2. Espera de camión**

Se brindarán propuestas para solucionar el tiempo de espera de la pala al camión.

##### **4.5.2.1. Plan de acción**

1. Dar tiempo promedio de demora en habilitar un equipo
  - Quién: Superintendente de Mantto. – Líder de Mantto. a palas
  - Cuándo: Permanente
2. Dar Instrucción a los operadores en mejores Técnicas de Operación
  - Quién: Instructor de camiones y palas-Líder de guardia
  - Cuándo: 24 de Abril de 2005
3. Retroalimentar a los operadores de pala en trabajo en equipo

- Quién: Instructor de camiones y palas-Líder de guardia
  - Cuándo: 08 de Marzo de 2005
4. Despacho asignará el abastecimiento de combustible
- Quién: Administrador de despacho – Asistente de Líder de guardia
  - Cuándo: 01 de Junio de 2005
5. Brindar el Joy (Sistema Modular) necesario a los equipos CAT
- Quién: Gerencia de mina – Administrador de despacho
  - Cuándo: 22 de Enero de 2006
6. Menor % de zonas reducidas en el próximo FY
- Quién: Líder de planeamiento a largo plazo
  - Cuándo: Permanente

La mayoría de inconvenientes que presentan las colas y espera de camión se solucionarían con la complementación del sistema Dispatch a Dinámico, llevando al sistema a un 100% de su capacidad y eliminando las colas y espera de camión, sólo quedando por solucionar las fallas imprevistas que por su naturaleza tan variable se quedarían así.

Además también es muy importante capacitar a los

despachadores, para que puedan hacer una buena gestión, lamentablemente en esta operación minera tienen la mala percepción de que pueden poner como despachador al que sobra y sin dar más que una capacitación mínima.

Para resumir se tiene los siguientes problemas:

- Los camiones trabajan en fijo hacia las palas.
- Los despachadores no conocen las bondades del sistema

Cuadro 32. Cálculo de pérdidas por disminución de colas

<b>SISTEMA DINAMICO DISPATCH</b>	
Objetivo reducir en	20.00 %
Colas	2.21 min
Colas / dia	10.00 col / camion
T. colas / dia camion	22.15 min / dia camion
<b>RENDIMIENTO CAMIONES</b>	
Produccion por dia	157,000.00 ton / dia
Produccion por camion	170.00 ton / viaje
Viajes diarios	923.53 viajes / dia
Camiones de produccion dia	15.00 camion / dia
Viajes por camion	61.57 viajes / dia
Tiempo neto de operacion	16.13 hr / dia
Viajes por hora	3.82 viajes / hr
En minutos	0.06 viajes / min
T. colas / dia camion	22.15 min / dia camion
Rendimiento de camiones	0.06 viajes / min
	1.41 viajes / dia
	170.00 ton / viaje
Por camion	239.55 ton / dia
Por flota de produccion	3,593.21 ton / dia
<b>Perdida mensual estado actual</b>	<b>107,796.35 ton / mes</b>
Con el sistema dinamico del Dspatch Suponemos Reducir en	
	20.00 %
Ganariamos en produccion	262,304.45 ton / año
Que necesitamos para implementarlo?	
Reparar el GPS de X equipos	
Reparar la pantalla de Y equipos	
<b>Entrenar al personal para la correcta utilizacion del sistema</b>	

Fuente: Sistema Dispatch

En este caso no fue aprobada la capacitación externa. A pesar que en el capítulo siguiente se justifica el pago de la justificación.



En otras minas de tajo abierto en el Perú que tienen instalado el sistema dispatch vemos que su cola promedio varía entre 1.0 minuto hasta 1.5 minutos. Teniendo en esta mina una cola promedio de 2.15 y ya habiendo identificado oportunidades de mejora básicas podría haber una mejora bastante significativa. Se asumió que la cola podría bajarse en un 20%, ya que hay tanta oportunidad de mejora que en un corto tiempo podría bajarse como mínimo esa cantidad aunque la cola continuaría estando por encima del rango promedio de las otras minas. Ese 20% de colas que se rebajarían significa minar 262,304.45 toneladas adicionales al año. Esas toneladas adicionales que se están minando tienen 2 beneficios la oportunidad de tener mayor cantidad de libras vendidas un año antes y además la ganancia de \$71609 por haberlas producido con los mismos recursos.

Cuadro 33. Beneficio de disminución de colas

BENEFICIOS		Und
Toneladas Adicionales/año	262304	Ton
Costo Ton. Removida	0.273	\$/Ton
Dolares ahorrados	71609	\$

Fuente: Sistema Dispatch

## **CAPÍTULO 5: JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

Para la ejecución de este capítulo se tomarán los valores ya obtenidos en los capítulos anteriores, valores correspondientes a los procesos que dieron como resultados pérdidas en los procesos como cambio de guardia, presentación del balde, limpieza de frente. A estos valores expresados en toneladas/año se les llevará a un beneficio económico expresado en dólares, versus los costos que representan las propuestas de cada proceso, para así comparar cual de las dos alternativas es la más conveniente.

Cabe resaltar que la ejecución de un proyecto Six Sigma lo primordial es la determinación de puntos críticos, la cuantificación de dichos puntos y la rápida ejecución de las mejoras; por ende, este proyecto logró ejecutar algunas mejoras cuando todavía se estaba ejecutando la tercera etapa del proyecto y no se esperó a terminar el proyecto para ver si era económicamente factible, ya que un proyecto Six



### 5.1.2. Beneficio económico para la implementación de la barrera física

Cuadro 35. Ganancia Anual por Implementar la barrera física.

MEJORAS	Ton/Año	\$/Año
LIMPIEZA DE FRENTE	290418	79284
NO PRESENTACION DE BALDE	396013	108111.549
<b>GANANCIAS TOTALES</b>	<b>686431</b>	<b>187396</b>

Fuente: Sistema Dispatch

Como podemos observar los beneficios por la implementación de la barrera física son de 187 mil dólares sumando los beneficios de la limpieza de frente y la no presentación del balde. Las toneladas son 686 mil toneladas. El cálculo del beneficio en dólares solo se hizo con las toneladas adicionales y el costo de dólares por toneladas actual.

### 5.1.3. Beneficio Económico por la capacitación a despachadores

Este es el único caso que es netamente teórico y se estima totalmente cuanto se cree que se podría ganar como mínimo con la capacitación a los despachadores y claro esta colocar en esa posición gente que le pueda sacar provecho. Más adelante se hará la evaluación económica que justifica que el gasto de las capacitaciones se pagan solas.

Cuadro 36. Ganancia Anual por Disminución de colas

MEJORAS	Ton/Año	\$/Año
DISMINUCION DE TIEMPO DE COLA	262304	71609

Fuente: Sistema Dispatch

#### 5.1.4. Beneficio Económico total del proyecto.

Los resultados del proyecto sobrepasaron las expectativas de los miembros del equipo realizador del proyecto. Si bien los proyectos de este tipo en otros sites habían logrado ganancias significativas, había mucha incredulidad en toda la supervisión de línea media.

La creencia de la mejora continua era más teórica que practica, aun cuando como se ve no se gano todo lo evaluado en la estimación inicial, como vemos en el cuadro líneas abajo no es una cifra nada despreciable tomando en cuenta que es el primer proyecto de ese tipo.

Cuadro 37. Beneficio total de proyecto Six Sigma

MEJORAS		UNIDAD
PROPUESTA PARA EL CAMBIO DE GUARDIA	294,247	\$
PROPUESTA PARA EL PRIMER PASE	108,112	\$
PROPUESTA PARA LA LIMPIEZA DE FRENTE	79,284	\$
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>481,643</b>	<b>\$</b>

Fuente: Calculo del Proyecto

## **5.2. COSTO DEL PROYECTO SIX SIGMA**

A continuación presentaremos los costos que conllevaron la implementación de cada una de las mejoras. Solo en el caso de la disminución de colas se presentara una evaluación económica porque la inversión es mayor, además que deben efectuarse unos cambios internos para lograr que funcione, esta fue una oportunidad de mejora donde no se tomo acción.

### **5.2.1. Costo de la mejora de cambio de guardia**

En total se hicieron 3 lugares para realizar el cambio caliente, cada uno de estos lugares con 2 bahías. Para la construcción de las bahías se utilizaron volquetes que llevaban el material, tractores D10R para empuje del material, grúa pequeña para movimiento de materiales y una excavadora 330E para darle acabado a la bahía. Además para el transporte del personal de las 3 bahías hacia el campamento se realiza en 3 camionetas, una de ellas es la camioneta de entrenamiento y las otras 2 son camionetas alquiladas, de esta forma se lograba llegar antes al punto de cambio de guardia y al campamento a la misma hora que llegaba el bus de retorno o a lo más 2 o 3 minutos después, no perjudicando a los operadores que habían realizado su cambio de guardia en las bahías.

Cuadro 38. Costo Total de la implementación de cambio caliente

DATOS GENERALES				
TIEMPO DE VIAJE	17			
# VIAJES POR BAHIA	10			

EQUIPOS	COSTO HORARIO	HRS/BAHIA	# BAHIAS	COSTO TOTAL INVERTIDO(\$)
Volquete 830E	157.33	2.83	6	2675
Tractor D10R	97.18	1.5	6	875
Grúa	37.87	1.5	6	341
Excavadora 330E	47.65	1	6	286
TOTAL INVERTIDO				4176

Gastos incurridos por traslados	Costo diario	Costo anual
Costo de alquiler camioneta (\$)	50	18250
Costo de combustible del viaje (\$)	5	1825
Costo Total por 2 camionetas(\$)	40150	

	Gasto de construcción	Gasto de transporte
Gastos Parciales (\$)	4176	40150
Total Invertido (\$)	44326	

Fuente: Calculo del Proyecto

Como podemos observar el total invertido en la implementación del nuevo cambio de guardia es \$4176, mas adelante veremos en cuanto tiempo se recupera la inversión realizada.

### 5.2.2. Costo de la mejora de cambio de guardia

A continuación mostraremos en detalle lo utilizado para la implementación de la barrera física.

Cuadro 39. Costo Total de la implementación de barrera física

GASTOS GENERALES	
DATOS MINA	MATERIAL FLEXIBLE
NOMBRE DEL MATERIAL	UHMV-TIVAR 1000
TIPO DE MATERIAL	Polietileno mejorado de Alta Densidad
FORMA DEL MATERIAL	Barra Cilíndrica
COLOR	Naranja

DIMENSIONES DE LA BARRERA FISICA		
Largo de la Barra		UNIDAD
Largo de barra	1.6	m
Diámetro de la barra	4.5	cm
Largo de Cadena	0.8	m
Diámetro de esfera	10	cm
Plancha de soporte	0.26	m <sup>2</sup>
Peso del soporte	2019	Kg
Peso de barra, cadena y esfera	2837	Kg
Peso Total de barrera física	4856	Kg

GASTOS EN BARRERA FISICA	Costo unitario	UNIDAD
MATERIAL UHMV-TIVAR 1000 (Barra y esfera)	35	\$
SOPORTE	27	\$
INSTALACION	43	\$
NUMERO DE BARRERAS FISICAS	2	unidades
<b>TOTAL DE GASTO</b>	<b>210</b>	<b>\$</b>

Fuente: Calculo del Proyecto

Como podemos observar la implementación solo cuesta la inversión mínima de \$210.



### 5.2.3. Costo del personal Realizador del Proyecto Six Sigma

A continuación se muestra un cuadro con los gastos del personal contratado solo para el proyecto Six Sigma. Los Asesores eran asesores también en otros proyectos por lo que no se está considerando el total del sueldo de los asesores sino solo por las horas.

Cuadro 40. Costo de personal

COSTO DEL PERSONAL REALIZADOR DEL PROYECTO		
COSTOS GENERALES	UNIDADES	
	S./	\$
Costo por Vestimenta	1053	317
Costo equipo de proteccion personal	6793	2043
Costo por alimentacion	7500	2256
Costo por vivienda	9000	2707
Costo por transporte	4099	1233
Salarios de personal realizador	56400	16962
<b>COSTO TOTAL DE PERSONAL SIX SIGMA</b>	<b>84845</b>	<b>25517</b>

PRECIO - DÓLAR	3.325
----------------	-------

Fuente: RRHH y Supervisor de Costos

### 5.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

A continuación vamos mostrar 2 evaluaciones, una de ellas acerca de todo el proyecto Six Sigma con las mejoras que fueron implementadas. La otra acerca de la mejora que no fue aprobada donde se justifica que si era

rentable su ejecución.

### 5.3.1. Evaluación económica de proyecto Six Sigma

Como podemos apreciar en el cuadro (46) líneas abajo la inversión se pagaría en un mes, y si solo asumimos 3 años de ganancia del proyecto con una tasa de 10% en los 3 años se ganaría más de 1 millón de dólares. Por lo que el proyecto bajo cualquier punto de vista fue una buena inversión.

Cuadro 41. Beneficio Costo Proyecto Six Sigma

<b>Proyecto Six Sigma</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>Total</b>
Costo de Personal	25,517			25,517
Costo de barrera física	210			210
Costo de Cambio Caliente	44,326	42,961	45,968	133,254
Beneficio Cambio de Guardia	294,247	294,247	294,247	882,741
Beneficio Primer Pase	108,112	108,112	108,112	216,224
Beneficio Limpieza de Frente	79,284	79,284	79,284	237,852
<b>Flujo de Caja (US\$)</b>	<b>411,590</b>	<b>438,683</b>	<b>435,675</b>	<b>1,285,948</b>

Fuente: RRHH y Supervisor de Costos

Cuadro 42. Análisis Financiero del proyecto

South America Tintaya PROYECTO SIX SIGMA		Initial Investment	2006	1 2007	2 2008	3 Total
<b>Capital Expenditures</b>		(70,053)	-	-	-	-
<b>Investment in working capital</b>		-	-	(42,961)	(45,968)	(88,929)
<b>Impact on revenue</b>						
improved recovery			-	-	-	-
<b>Impact on costs</b>						
maintenance and operating savings			451,740	481,643	451,740	1,385,123
energy savings			-	-	-	-
<b>Net cash flow</b>		<b>(70,053)</b>	<b>451,740</b>	<b>438,682</b>	<b>405,772</b>	<b>1,296,194</b>
Acumulative cash flow		(70,053)	381,687	820,369	1,226,141	
payback (years)			0.1			
IRR			640.0%			
NPV @ 0%			1,226,141			
NPV @ 5%			1,108,594			
NPV @ 10%			1,008,029			

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.2. Evaluación económica de entrenamiento a despachadores

Se está colocando esta oportunidad de mejora por separado al proyecto porque no fue aprobada para su ejecución. Pero de haber sido implementada hubiéramos tenido los siguientes resultados estimados.

Cuadro 43. Beneficio Costo Disminución de Colas

CAPACITACION DISPATCH	2006	2007	2008	Total
Capacitacion Personal Dispatch	8,000	8,000	8,000	24,000
Beneficio Disminucion de Colas	71,609	71,609	71,609	214,827
<b>Cash flow (US\$)</b>	<b>63,609</b>	<b>63,609</b>	<b>63,609</b>	<b>190,827</b>

Fuente: RRHH y Supervisor de Costos

Cuadro 44. Beneficio Costo Proyecto Six Sigma

South America Tintaya DISMINUCION DE COLAS				
	Initial Investment	1 2006	2 2007	3 2008
<b>Capital Expenditures</b>	(8,000)	-	-	-
<b>Investment in working capital</b>		(8,000)	(8,000)	
<b>Impact on revenue</b>				
improved recovery		-	-	-
<b>Impact on costs</b>				
maintenance and operating savings		71,609	71,609	71,609
energy savings		-	-	-
<b>Net cash flow</b>	<b>(8,000)</b>	<b>63,609</b>	<b>63,609</b>	<b>71,609</b>
Acumulative cash flow	(8,000)	55,609	119,218	190,827
payback (years)		0.1		
<b>IRR</b>		795.1%		
<b>NPV @ 0%</b>		190,827		
<b>NPV @ 5%</b>		172,134		
<b>NPV @ 10%</b>		156,197		

Fuente: Elaboración propia

Como podemos apreciar solo contando a 3 años de beneficio tendríamos una ganancia de \$156,000. Lamentablemente este cambio no fue aprobado. Además el proyecto se paga solo en el primer mes de producción con las nuevas herramientas.

## CONCLUSIONES

- La información no fluye en cascada de manera formal hasta la parte más baja del organigrama.
- A la línea media de la supervisión le falta creer e interiorizar que la mejora continua si es posible.
- Los diagramas de flujo de cómo se están realizando las cosas en campo deben de realizarse de manera periódica.
- Todo tipo de ideas deben tomarse en cuenta para luego ser evaluadas y cuantificadas, a veces lo que parece insignificante puede ser significativo.
- Los proyectos de tipo Six Sigma permiten recopilar información no solo cuantitativa sino también cualitativa.
- Los proyectos Six Sigma permiten obtener mejoras en los procesos y generar cambios que muchas veces pueden realizarse de manera rápida.

- Siempre se puede mejorar el proceso, mientras podamos ahondar más en el proceso más información tendremos par encontrar oportunidades de mejora. Las oportunidades están en los detalles.
- La inversión inicial del proyecto Six Sigma se paga en el primer mes de operación.
- La ganancia anual del proyecto está alrededor de los \$450,000.
- Los beneficios del proyecto en 3 años es de más de 1 millón de dólares. Y debido a que la inversión fue mínima deja un TIR DE 1600%.
- El no uso del sistema dispatch al 100% es una pérdida de dinero.
- Hay oportunidades de mejora en la capacitación de operación de equipos para mejorarla operación de palas y camiones y subir los tiempos de operación.
- Muchos de los procedimientos solo están en el papel porque en el campo la realidad es otra.
- Se debe examinar que los equipos operen en condiciones mecánicas estándar.
- Los rendimientos de los operadores varían según el turno de trabajo.

## RECOMENDACIONES

- Se debe hacer seguimiento constante a todas las mejoras realizadas, sino se hace el operador va a buscar siempre su complacencia. Los beneficios cuantificados podrían diluirse fácilmente.
- Se debe escoger gente adecuada para que opere el sistema dispatch.
- La capacitación a los despachadores debe realizarse y no debe verse como un gasto sino como una inversión.
- El dispatch debe manejarse en dinámico y no fijo. El sistema debe utilizarse con todas sus bondades.

- Se debe preparar a la supervisión de línea media con cursos de gestión.
- Deben brindarse charlas de mejora continua, especialmente a la supervisión.
- Se recomienda enviar al personal a hacer visitas a otras operaciones.
- Trabajar mucho con el área de entrenamiento donde hay una oportunidad de mejora.
- Se debe evaluar la efectividad de las coordinaciones de los supervisores de campo, se observo descoordinación cuando se realizo la toma de datos.
- Este tipo de trabajos deben continuar haciéndose, y el líder del proyecto debe ser rotativo para que así todos entiendan el tipo de trabajo.



## BIBLIOGRAFIA

- D'ALESSIO F., "Administración y dirección de la producción": *Las 7 herramientas para el mejoramiento continuo*, 2ª.ed., Edo. de México: Pearson Educación de México, 2004. 516-548
- ESCALANTE VAZQUEZ E. J., "*Six Sigma Metodología y Técnicas*". México DF: Limusa Noriega Editores, 1998.
- SUMMERS D., "Administración de la calidad": *Six Sigma y el Sistema Técnico*. 7a Edición, México DF: Cengage Learning Editores, 2008. 499-636
- WHEAT B. – MILLS C. – CARNELL M., "*Seis Sigma*". Bogota: Grupo Editorial Norma, 2003.
- WALPOLE R.E. – MYERS S.L.- MYERS R.H., "Probabilidad y Estadística". 8ª Edición, Mexico DF: Pearson Educacion de Mexico, 2007.

# GLOSARIO

## 1. **Benchmark**

Actividades que permitirán mejorar el desempeño como persona, producto, proceso, operación, compañía, etc. Y que son traídos de otra operación para ser tomados como ejemplo por considerarse buenas prácticas.

## 2. **Teoría de Restricciones:**

El criterio para maximizar las ganancias cuando existe un factor que limita las operaciones, es obtener la más alta contribución posible a la ganancia por cada unidad de factor limitante o escaso. El producto o proceso que es el más rentable cuando un factor en particular limita las operaciones puede ser el menos rentable si otro factor restringe las ventas.

Fuente: ( Introduction to Management Accounting, 9th ed., by Horngren et al., Prentice Hall, New York, 1993)

## 3. **Estrategias de Influencia:**

Una herramienta para identificar los intereses y ganancias del interesado directo y la subsiguiente Estrategia de Compromiso

La influencia efectiva requiere que veamos la situación desde su perspectiva.

Por cada interesado directo clave, determine cuáles son sus preocupaciones, intereses y “ganancias” potenciales: ¿Cuáles son las razones subyacentes por las que apoyan o resisten el cambio? ¿Cuál puede ser un beneficio para ellos?

## 4. **Análisis de Modo de Falla y Efectos, FMEA:**

Es un método estructurado para:

- Pronosticar fallas y evitar que ocurran en las operaciones de manufactura y otras operaciones funcionales que generen defectos.
  - Identificar las formas en que un proceso puede fallar en el cumplimiento de los requerimientos críticos de los clientes.
  - Estimar la severidad, detección y ocurrencia de defectos.
  - Evaluar el plan actual de control para evitar la ocurrencia de estas fallas.
  - Priorizar las acciones que se deben tomar para mejorar el proceso.
- Fuente: BLACK BELT TRAINING Six Sigma Análisis de Modo de Falla y Efecto (FMEA), Six Sigma Consultores 2002.  
Tipos de FMEA: de Sistemas, Diseño, Proceso, Equipos.

## 5. Los Outliers:

- Un Outliers es inusualmente muy pequeño o inusualmente muy grande.
- Un dato con un valor z menor que -3 o mayor que +3 pueden ser considerados como outliers.
- Puede ser un valor mal registrado.
- Puede ser un valor indebidamente incluido en una muestra (población).
- Como también puede ser un valor correctamente registrado y que pertenece a esta muestra (población)

## 6. El Síndrome de Burnout

Desde una perspectiva psicosocial, el síndrome de quemarse se conceptualiza como un proceso en el que intervienen elementos cognitivo-aptitudinales (baja realización personal en el trabajo), emocionales

(agotamiento emocional) y actitudinales(despersonalización). Desde una perspectiva psicosocial el síndrome de quemarse por el trabajo se conceptualiza como una respuesta al estrés laboral crónico que se caracteriza porque el individuo desarrolla una idea de fracaso profesional (en especial en relación a las personas hacia las que trabaja), la vivencia de encontrarse emocionalmente agotado, y actitudes negativas hacia las personas con las que trabaja. Estos síntomas han sido denominados respectivamente por Maslach y Jackson (1981, 1986) baja realización personal en el trabajo, agotamiento emocional y despersonalización.

#### **7. Síntomas Conductuales:**

Las principales manifestaciones del estrés a nivel conductual, menciona:

Propensión a sufrir accidentes, drogadicción, arranques emocionales, excesiva ingestión de alimentos o pérdida del apetito, consumo excesivo de bebidas o de cigarrillos, excitabilidad, conducta impulsiva, habla afectada, risa nerviosa, inquietud y temblor.

#### **8. Síntomas Somáticos:**

Ellos se explican por las alteraciones fisiológicas que ocurren en el organismo al movilizar energía para luchar o huir. Las consecuencias físicas del estrés, tales como:

La boca seca, sudoración, “puntos rojos” en el cuello, “carne de gallina”, dolor de estómago, tensiones musculares, voz vibrante, palpitations y pulso acelerado.

#### **9. Síntomas Cognitivos:**

Los accidentes de tránsito, algunas decisiones fatales en relación

con trabajos que entrañan estar vigilantes o decisiones erróneas tomadas por directivos en situaciones de tensión:

Estos síntomas se relacionan de manera especial con la ausencia de sentimientos de grupo, el tener que esconder las emociones, la falta de definición de rol y la falta de sentido del trabajo.

Fuente: MCs. Ps. RAÚL GUZMÁN GAMERO, Gestión de Recursos Humanos. Arequipa- 2005

**10. Control de Retardo Automático: (ARC)**

Controla electrónicamente el frenado en pendientes para mantener la velocidad de los motores, el 777D es de 1850 a 1950 rpm. Cuando el ARC modula los frenos, el operador puede aplicar mayor fuerza de frenado usando el retardo manual o el pedal de freno de servicio.

**11. Ayuda de Tracción Electrónica Automática: (AETA o TCS)**

Es un sistema que mejora el rendimiento en pendientes cuando el terreno está en malas condiciones controlando electrónicamente el patinaje de las ruedas.

Si el patinaje excede un límite preestablecido, los frenos de disco enfriados por aceite se conectan para frenar la rueda que esta patinando. El par motor se transfiere automáticamente a la rueda con mejor tracción.

**12. Coaching (Entrenando):**

- Dialogo en un contexto productivo y orientado a resultados.
- Relacionado con el aprendizaje.
- Alianza, colaboración con el sujeto para establecer y clarificar la finalidad y los objetivos y desarrollar un plan de acción destinado a su consecución.
- El coaching está relacionado con el cambio y la

transformación con la capacidad humana de crecer, modificar el comportamiento mal adaptado. Generar acciones satisfactorias.

- Está relacionado con la reinención de uno mismo.
- También opera en el plano emocional reconociendo que las técnicas personales e interpersonales son competencias esenciales en casa y en el lugar de trabajo.

Fuente: MCs. Ps. RAÚL GUZMÁN GAMERO, Gestión de Recursos Humanos. Arequipa- 2005

**13. Minitab 14.0 :**

Es un software que brinda técnicas y herramientas estadísticas de manera fácil, rápida y asequible para analizar datos.

FUENTE: Escuela Superior de Ingenieros de San Sebastián de la Universidad de Navarra. GUÍA DE MINITAB 14.0 .

**14. Gráficas Box-plot**

También llamado diagrama de caja, éste se utiliza para visualizar la variabilidad de un conjunto de datos pero esta vez utilizando como valores representativos de estos datos, lo que se llaman valores de posición: menor, mayor y cuartiles.

Los límites interiores se definen a 1.5 como rango intercuartílico (IQR) debajo de Q1 y 1.5 (IQR) encima de Q3.

Los límites exteriores se definen a 3 (IQR) debajo de Q1 y 3 (IQR) encima de Q3.

FUENTE: Escuela Superior de Ingenieros de San Sebastián de la Universidad de Navarra. GUÍA DE MINITAB 14.0 .

**15. Mobbing :**

Es el acoso psicológico laboral, uno de los elementos más destructivos que origina el estrés.

Los factores de riesgo psicológicos se han definido por la OIT como las interacciones entre el contenido, la organización y la gestión del trabajo y las condiciones ambientales, por un lado, y las funciones y necesidades de los trabajadores, por otro. Estas interacciones podrían ejercer una influencia nociva en la salud de los trabajadores a través de sus percepciones y sus experiencias

Fuente: MCs. Ps. RAÚL GUZMÁN GAMERO, Gestión de Recursos Humanos. Arequipa- 2005

**16. Cuadrador :**

Operador encargado de señalizar la descarga de los camiones en sus respectivos los botaderos.

**17. Lastrar :**

Es la actividad realizada exclusivamente por los camiones CAT en la cual realiza la descarga del desmonte (granulado) en forma pareja con el objetivo de cubrir desniveles en las vías de acceso