



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS**

**PROPUESTAS DE MEJORA DE LA UTILIZACIÓN EFECTIVA EN BASE A  
DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE CARGUÍO Y TRANSPORTE EN MINERA LOS  
PELAMBRES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS**

**JOSÉ IGNACIO BONZI RÍOS**

**PROFESOR GUÍA:  
NIDIA VIVIANA MEZA MAUREIRA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
ALFONSO OVALLE WALKER  
JUAN SOTO TORRES**

**SANTIAGO DE CHILE**

**2016**

# RESUMEN

En la minería a gran escala, siempre se presentan oportunidades para mejorar los índices de producción.

El estudio realizado en esta memoria se lleva a cabo en Minera Los Pelambres, ubicada en la región de Coquimbo, provincia del Choapa. Pelambres se encuentra en un proceso de cambio de la reportabilidad, ya que se estandarizaron los índices operacionales para todo el grupo minero (AMSA) para identificar buenas prácticas entre las distintas faenas.

El presente estudio tuvo como línea de trabajo la identificación de desafíos operacionales para lograr aumentos en la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad (UEBD).

El trabajo de la memoria se acotó al estudio de las operaciones de transporte y palas de cable eléctricas de la operación de carguío. Además, se enfocó el análisis en las demoras y pérdidas operacionales.

Para desarrollar el estudio, se realizó un análisis estadístico de datos obtenidos de Dispatch®, junto a un levantamiento de datos en terreno de tiempos medidos por el estudiante, identificando los eventos operacionales y prácticas que generan una baja en la UEBD.

Se identificaron 13 desafíos operacionales (4 para chancado, 7 para transporte y 2 para carguío), para los cuales se presentan 15 propuestas de mejora (5 para chancado, 8 para transporte y 2 para carguío). Además, se plantean 4 necesidades que presenta el área de despacho y 5 necesidades para el área de operaciones (Instructores Mina).

De estas propuestas, se evalúa la opción de instalar un sistema de visión integral en las palas de carguío y un sistema de monitoreo en tiempo real de detección temprana de caída de elementos de desgaste (GETS) en los baldes de las palas. Con el proyecto se pretende monitorear los elementos de desgaste de baldes de pala y prevenir que lleguen a chancado y produzcan detenciones no programadas asociadas a pérdidas operacionales y de producción.

En base al análisis técnico y económico realizado al proyecto del sistema de visión, se concluye que es viable y que se recuperarían aproximadamente 4.5 días de tiempo efectivo a la flota de carguío al año. También se tiene una disminución del tiempo de pala esperando camión de 2 min/ciclo a 1.2 min/ciclo, lo que implica una mejora en la UEBD de un 1%.

Se recomienda a la empresa realizar un estudio de las propuestas de mejora presentadas en esta memoria para su futura implementación, puesto que se mejorarían los tiempos efectivos de las diferentes áreas.

# ABSTRACT

In the large-scale mining, there are always opportunities to improve the production rates.

The study of this report is carried out in Minera Los Pelambres, located in Coquimbo region, Choapa province. Pelambres is in a changing process of its reportability, because the operational indexes for all mining group (AMSA) were standardized to identify the good practices between different labors.

The study working line was the identification of operational challenges to achieve an increase in the Effective Use Bases on Availability index (UEBD).

The memory work was narrowed to study the transport operation and electric cable shovels of the haulage operation. Furthermore, the analysis was focused on delays and operational losses.

To do the study, a statistical analysis of data provided by Dispatch® was carried and a lifting of field data measured by the student, identifying operational events that generate a decline in the UEBD index.

13 operational challenges (4 for crushing, 7 for transport and 2 for haulage) were identified, which 15 improvement proposals (5 for crushing, 8 for transport and 2 for haulage) were presented. In addition, 4 needs from Dispatch area and 5 needs from operations area (mine instructors) were presented.

Of these proposals, the option to install a view system on shovels and a system of real time monitoring for early detection of wear elements fall (GETS) on the bucket's shovels is evaluated. The project aims to monitor the wear elements and prevent them from reaching crushing and produce unscheduled arrests associated to operational and production losses.

Bases on the technical an economic analysis made to the vision system project, it is concluded that it is feasible and it would be recovered approximately 4.5 days of actual time haulage flee annually. Also it has a reduce in the shovel waiting truck time from 2 min/cycle to 1.2 min/cycle, which means an improve of 1% of the UEBD index.

The company is recommended to study the improvement proposals presented on this memorandum for future implementation, because the effective time of different areas would be improved.

# AGRADECIMIENTOS

Primero que todo quiero agradecer a mi familia por todo el apoyo que me dieron, por todas las horas que dedicaron en escucharme y en entender mis decisiones. Quiero agradecer a mi papá por introducirme a la minería, puesto que gracias a eso me di cuenta que soy minero de corazón. Quiero agradecer a mi mamá por todo el “regaloneo” que me dio durante toda la carrera en esos tiempos en los que uno no quiere hacer nada. Gracias a mis hermanos por apoyarme y escucharme cuando lo necesité.

Quiero dar gracias a mi papá, familia y a Dios por darme las facilidades para estudiar, puesto que a diferencia de muchos, fui un privilegiado en esta etapa de estudios, teniendo todas las facilidades para poder hacerlo (transporte, hogar, cariño, apoyo, felicidad, solvencia económica).

Quiero agradecer a la Tere por hospedarme en su casa esos 6 meses que lo necesité por temas de transporte y por darme la alegría y garra que tiene.

También quiero agradecer a mi polola Camila Valenzuela, sin ti me hubiera sido más difícil llegar hasta lo que soy hoy. Gracias por entenderme, apoyarme y levantarme el ánimo cuando lo ameritaba. Gracias a tu familia (Lorena, Sergio y Trini) por soportarme en su casa por 6 meses, los cuales fueron difíciles y duros, pero se pasaron volando. Gracias a la tía Lorena por “regalonearme” con cosas dulces y por darme su apoyo místico (ruda, positivismo, San Expedito, etc.) cuando las cosas no resultaban.

También quiero agradecer a mis amigos (Alan, Diego, Camila, Alonso, Carlos) por su simpatía y compromiso en los trabajos grupales. También agradecerles su apoyo y esos momentos en los que no pude trabajar mucho y me salvaron la espalda, sobre todo cuando estuve en el CAM.

Agradecer a los del CAM 2014 por ayudarme a aprender a trabajar en equipo y a controlar mis sentimientos cuando involucran al resto.

Finalmente, quiero agradecer a la gente de Pelambres por darme la oportunidad de finalizar esta etapa. A Don Juan Soto por confiar en mí en el tema tratado y por todo el conocimiento y ayuda que me prestó. También a Don Eduardo Becerra que me ayudó a desarrollarme como profesional y por todo ese trabajo que sirve para aprender y mejorar. En especial quiero agradecer a la gente que hace la vida en faena más agradable como la Señorita Annabel con su simpatía, buena disposición y humor negro y a Don Eduardo Gómez (Sodexo) por su preocupación, buena disposición, humor, simpatía y respeto. Gracias a ustedes por haber sido parte en esta etapa importante de mi vida. Esto no es un hasta nunca, es un hasta pronto. Espero verlos en el corto plazo.

Agradecer a mi hermano Felipe por toda su ayuda, por todos esos acarreos, por ir a dejarme e ir a buscarme a esas horas terribles para poder ir a la mina. Gracias Felo por hacerte el tiempo por tu hermano mayor.

Gracias mamá, papá, Felo, Hondo y Camila, sin ustedes no sería lo que soy hoy. Quiero dedicarles este triunfo y que sepan que esté Ingeniero Civil de Minas estará siempre con ustedes para siempre y que pueden contar conmigo para lo que sea. Este fin de un gran comienzo es para y por ustedes.

# TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción Tema.....	1
1.2. Antecedentes Generales y Contextualización para el Trabajo.....	2
1.2.1. Descripción Faena.....	2
1.2.2. Geología.....	3
1.2.3. Descripción del Proceso Productivo.....	4
1.2.1. Sistema de Trabajo.....	6
1.2.2. Flota de Equipos de Alto Rendimiento.....	6
1.3. Motivación del trabajo.....	8
1.3.1. Situación Inicial de ASARCO MLP.....	9
1.3.2. Nuevo ASARCO AMSA.....	9
1.4. Objetivos.....	10
1.4.1. Objetivo general.....	10
1.4.2. Objetivos específicos.....	10
1.5. Alcances.....	11
1.6. Metodología de Trabajo.....	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. Sistema de Despacho Dispatch®.....	13
2.1.1. Operación del Sistema.....	13
2.1.2. Dispatch® como una Herramienta de Productividad.....	14
2.1.3. Modelo Minero.....	14
2.1.4. Algoritmo del Sistema Dispatch®.....	15
2.1.5. Componentes del Sistema Dispatch®.....	17
2.2. Distribución de Tiempos ASARCO.....	18
2.2.1. Descripción de Variables de Nuevo ASARCO AMSA.....	20
2.2.2. Índices Operacionales de Gestión.....	21
2.3. Operaciones Unitarias.....	22
2.3.1. Operación de Carguío.....	23
2.3.2. Operación de Transporte.....	24
2.3.3. Match Pala-Camión; Teoría Óptima.....	27
2.4. Detenciones Programadas Importantes.....	28
2.4.1. Cambio de Turno.....	28
2.4.2. Colación.....	29

3.	DESARROLLO DEL ESTUDIO .....	30
3.1.	Generalidades.....	30
3.1.1.	Análisis Previo 2014 .....	30
3.1.2.	Resumen Análisis 2014 .....	37
3.2.	Desarrollo y Análisis 2015.....	38
3.2.1.	Caso Base 2015 .....	38
3.2.2.	Carguío.....	40
3.2.3.	Transporte .....	47
3.2.4.	Síntesis del Desarrollo y Análisis 2015.....	56
3.3.	Levantamiento de Datos en Terreno .....	57
3.3.1.	Desafíos para Chancado .....	57
3.3.2.	Observaciones para chancado .....	64
3.3.3.	Desafíos para Transporte .....	65
3.3.4.	Observaciones para Transporte .....	71
3.3.5.	Resumen de Datos para Transporte.....	78
3.3.6.	Desafíos para Carguío.....	79
3.4.	Conclusiones del Capítulo.....	87
3.4.1.	Chancado .....	87
3.4.2.	Transporte .....	87
3.4.3.	Carguío.....	88
4.	PROPUESTAS DE MEJORA .....	89
4.1.	Chancado.....	89
4.1.1.	Propuestas para Chancado .....	89
4.2.	Transporte.....	90
4.2.1.	Propuestas para Transporte .....	90
4.3.	Carguío .....	93
4.3.1.	Propuesta de Implementación .....	93
4.4.	Despacho .....	98
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	101
7.	ANEXOS.....	102
7.1.	Anexo A.....	102
7.2.	Anexo B.....	106
7.3.	Anexo C .....	116
7.3.1.	Antecedentes Sistema de Visión MMI .....	116
7.3.2.	Antecedentes de la Tecnología .....	116

7.3.3. Antecedentes tecnología Actual .....	117
7.3.4. Aspectos Técnicos.....	119
7.3.5. Alternativas Evaluadas .....	120
7.3.6. Cotización Sistema de Visión .....	121
7.4. Anexo D .....	122

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ubicación Minera Los Pelambres y sus componentes.....	3
Figura 1-2. Mapa de la geología local del sector donde se ubica el yacimiento Pelambres .....	4
Figura 1-3. Mapa con los procesos productivos de MLP.....	5
Figura 1-4. Diagrama de ASARCO actual en MLP más índices operacionales .....	9
Figura 1-5. Diagrama de nuevo ASARCO AMSA más índices operacionales .....	10
Figura 2-1. Ejemplo del modelo minero Dispatch®.....	15
Figura 2-2. Escala de tiempos según norma ASARCO.....	18
Figura 2-3. Ejemplo de distribución de tiempos modificada en base a norma ASARCO.....	19
Figura 2-4. Nuevo ASARCO AMSA .....	20
Figura 2-5. Ejemplo de reportar los tiempos de ciclo de la flota de carguío .....	24
Figura 2-6. Ejemplo de reportes entregado por Dispatch® para los tiempos del transporte .....	27
Figura 2-7. Medición de tiempos de las detenciones realizado por Dispatch® .....	28
Figura 3-1. BoxPlot de las demoras más significativas para el transporte del 2014.....	36
Figura 3-2. Comparación de datos reales (convertidos) con datos propuestos en Caso Base 2015 para carguío .....	39
Figura 3-3. Comparación de datos reales (convertidos) con datos propuestos en Caso Base 2015 para transporte.....	39
Figura 3-4. Distribución de tiempos reales de mayo comparados con los propuestos para carguío .....	40
Figura 3-5. Distribución de tiempos reales de junio comparados con los propuestos para carguío .....	43
Figura 3-6. Distribución de tiempos reales de julio comparados con los propuestos para carguío .....	45
Figura 3-7. Distribución de tiempos reales de mayo comparados con los propuestos para transporte.....	48
Figura 3-8. Distribución de tiempos reales de junio comparados con los propuestos para transporte .....	51
Figura 3-9. Distribución de tiempos reales de julio comparados con los propuestos para transporte .....	54
Figura 3-10. Pasos de llegada y maniobra de acuatamiento de los CAEX .....	71
Figura 3-11. Comparación tara real v/s tara teórica de la flota de transporte.....	74
Figura 3-12. Distribución de las taras de la flota de transporte .....	75
Figura 3-13. Distribución real del peso en los camiones .....	75
Figura 3-14. Distribución de peso en los ejes de la flota de transporte .....	76
Figura 3-15. Frecuencia de la distribución de peso en los CAEX.....	77
Figura 3-16. Frecuencia de la distribución de carga en los CAEX .....	77
Figura 4-1. Cantidad de horas utilizadas en inspección de gets .....	96
Figura 7-1. Nueva distribución de demoras programadas.....	102
Figura 7-2. Nueva distribución de demoras no programadas.....	103
Figura 7-3. Nueva distribución de reservas.....	104
Figura 7-4. Nueva distribución de no disponible(Mantenciones).....	104
Figura 7-5. Distribución de pérdidas operacionales .....	105
Figura 7-6. Fotos de instalaciones de MMI ToothMetrics™ en Sudamérica .....	117



Figura 7-7. Ejemplo del ShovelMetrics™ en pala P&H .....	118
Figura 7-8. Consola de pantalla de monitoreo de los dientes del balde .....	118
Figura 7-9. Detección en tiempo real de la caída de dientes .....	119
Figura 7-10. Horas utilizadas en inspección de elementos de desgaste para la flota de carguío .....	122

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1. Pareto de las demoras acumuladas del año 2014 para carguío.....	31
Gráfico 3-2. BoxPlot de las demoras más significativas para el carguío del 2014 .....	32
Gráfico 3-3. Evolución de los índices operacionales para carguío en el 2014 .....	33
Gráfico 3-4. Pareto de las demoras acumuladas del año 2014 para transporte.....	34
Gráfico 3-5. Pareto de las demoras acumuladas del año 2014 para transporte sin considerar la limpieza de frente.....	35
Gráfico 3-6. Evolución de los índices operacionales para transporte en el 2014 .....	37
Gráfico 3-7. Pareto de las demoras del carguío para mayo 2015 .....	41
Gráfico 3-8. Pareto de las demoras del carguío para junio 2015 .....	43
Gráfico 3-9. Pareto de las demoras del carguío para julio 2015 .....	46
Gráfico 3-10. Pareto de las demoras del transporte para mayo 2015 .....	49
Gráfico 3-11. Pareto de las demoras del transporte para junio 2015 .....	52
Gráfico 3-12. Pareto de las demoras del transporte para julio 2015 .....	55
Gráfico 3-13. Evolución del promedio mensual de la UEBD .....	86

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Horario de turnos en Pelambres .....	6
Tabla 1-2. Flota de perforadoras .....	7
Tabla 1-3. Flota de Carguío.....	8
Tabla 2-1. Descripción del cálculo de tiempos según Dispatch®.....	26
Tabla 3-1. Demoras dentro del grupo de otras demoras del Pareto de carguío 2014....	31
Tabla 3-2. Demoras dentro del grupo de otras demoras del Pareto de transporte 2014	35
Tabla 3-3. Resumen de opciones de mejora para carguío y transporte respecto año 2014 .....	37
Tabla 3-4. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de carguío mayo 2015...	41
Tabla 3-5. Resumen de las demoras con mayores tiempos para carguío mayo 2015...	42
Tabla 3-6. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de carguío junio 2015 ....	44
Tabla 3-7. Resumen de las demoras con mayores tiempos para carguío junio 2015 ....	44
Tabla 3-8. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de carguío julio 2015 .....	46
Tabla 3-9. Resumen de las demoras con mayores tiempos para carguío julio 2015 .....	47
Tabla 3-10. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de transporte mayo 2015 .....	49
Tabla 3-11. Resumen de las demoras con mayores tiempos para transporte mayo 2015 .....	50
Tabla 3-12. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de transporte junio 2015 .....	52
Tabla 3-13. Resumen de las demoras con mayores tiempos para transporte junio 2015 .....	53
Tabla 3-14. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de transporte julio 2015 .....	55
Tabla 3-15. Resumen de las demoras con mayores tiempos para transporte julio 2015 .....	56
Tabla 3-16. Promedio de las esperas de camiones en chancado .....	58
Tabla 3-17. Tiempo promedio del aculatamiento, espera y descarga de los CAEX en Chancado.....	59
Tabla 3-18. Datos de llegada de camión 54 a chancador 1 proporcionados por Dispatch .....	60
Tabla 3-19. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 101 para camión 54.....	60
Tabla 3-20. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 100 para camión 54.....	61
Tabla 3-21. Datos de llegada de camión 65 a chancador 1 proporcionados por Dispatch .....	61
Tabla 3-22. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 101 para camión 65.....	61
Tabla 3-23. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 100 para camión 65.....	62
Tabla 3-24. Datos de llegada de camión 68 a chancador 1 proporcionados por Dispatch .....	62
Tabla 3-25. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 101 para camión 68.....	62

Tabla 3-26. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 100 para camión 68.....	63
Tabla 3-27. Datos de llegada de camión 77 a chancador 1 proporcionados por Dispatch .....	63
Tabla 3-28. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 101 para camión 77.....	63
Tabla 3-29. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 100 para camión 77.....	64
Tabla 3-30. Datos de la unidad 80 .....	66
Tabla 3-31. Tiempos medidos para camión 80 .....	66
Tabla 3-32. Continuación datos medidos para camión 80 .....	66
Tabla 3-33. Datos de la unidad 81 .....	67
Tabla 3-34. Tiempos medidos para el camión 81.....	67
Tabla 3-35. Datos de la unidad 103, posterior 102.....	67
Tabla 3-36. Datos medidos para la unidad 103.....	68
Tabla 3-37. Datos medidos para la unidad 102.....	68
Tabla 3-38. Comparación datos medidos con reportados para unidad 80 .....	69
Tabla 3-39. Datos promedios importantes para la flota de transporte.....	78
Tabla 3-40. Tiempos de ciclo medidos de la pala 4 el 21 de julio de 2015 .....	80
Tabla 3-41. Promedio de los tiempos medidos pala 4 sistema defectuoso.....	81
Tabla 3-42. Tiempos medidos en terreno de las palas 3 y 4 del 22 de julio 2015.....	83
Tabla 3-43. Tiempos medidos en terreno de las palas 3 y 4 del 23 de julio 2015 .....	83
Tabla 3-44. Medición del tiempo de un ciclo de cada pala del 22 de julio 2015 .....	83
Tabla 3-45. Tiempos de inspección manual para la detección de la caída de dientes en pala 3 .....	84
Tabla 3-46. Resumen de estadísticas para la pala 04 .....	85
Tabla 3-47. Resumen de estadísticas para la pala 07 .....	85
Tabla 3-48. Datos influyentes para la obtención de la UEBD de mayo a septiembre ....	86
Tabla 4-1. Análisis del VAN del proyecto de cámaras.....	97
Tabla 7-1. Valores caso base 2015 para carguío.....	106
Tabla 7-2. Valores caso base 2015 para transporte.....	107
Tabla 7-3. Tiempos de espera medidos para camiones en sala de chancado.....	108
Tabla 7-4. Tiempos del ciclo de camiones en el proceso de llegada y descarga de mineral al chancador 1 .....	111
Tabla 7-5. Validación de datos para camión 80 parte 1 .....	114
Tabla 7-6. Validación de datos para camión 80 parte 2 .....	115

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1. Fórmula para calcular la Disponibilidad Mecánica.....	22
Ecuación 2-2. Fórmula para calcular la UEBD .....	22
Ecuación 2-3. Fórmula para calcular el porcentaje de pérdidas operacionales .....	22
Ecuación 2-4. Fórmula para calcular el porcentaje de reservas.....	22
Ecuación 2-5. Fórmula para calcular el tiempo medio entre fallas .....	22
Ecuación 2-6. Fórmula para calcular el tiempo medio que duran las mantenciones.....	22
Ecuación 2-7. Ciclo camión de extracción.....	24

# CAPÍTULO 1:

---

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. INTRODUCCIÓN TEMA

En un mercado competitivo, como lo es la minería y junto con el apremiante clima económico actual, las compañías mineras deben asegurar el cumplimiento del plan de producción e inversión, como también buscar adicionar valor al negocio, a través de la reducción de los costos de operación a lo largo del proyecto (Nel *et al.* 2011).

La minería a cielo abierto corresponde a una actividad productiva cuyo objetivo es la extracción descendente de mineral, desde la superficie terrestre, para ser procesados al menor costo posible. El principal objetivo de este método es la maximización de los beneficios durante todo el período de la vida de la mina. Para lograr este fin, en la mayoría de los casos, el método se vuelve rentable cuando la operación de extracción es a gran escala (economía de escalas).

La base de la industria minera a gran escala es la operación de extracción, la cual es un proceso que demanda una extensa cantidad de recursos (capital humano, equipos de alto rendimiento, insumos, etc.) los cuales se consideran en la “Planificación Geominerometalúrgica” (proceso global), mediante la relación entre rendimientos y tiempos, los que permiten obtener resultados de índices importantes (KPI: “*Key Performance Indicators*”) para la gestión de la operación, como por ejemplo el material movido, la producción, la productividad, etc., a través de los que se obtienen índices de rentabilidad económica y de capital.

Para la obtención del producto final de extracción, se requieren de varias operaciones unitarias, de las cuales se analizarán el carguío y transporte en esta memoria. El carguío tiene por objetivo retirar el material tronado (fragmentado) desde la frente de carguío de una pila dispuesta de forma tal que facilite la extracción del material hacia el chancado y/o botaderos y/o puntos intermedios (*Stocks*), mientras que el transporte tiene como propósito el trasladar el material desde los puntos de extracción hacia los diferentes destinos de la mina (chancador, botaderos, acopios, etc.).

La optimización de una operación de carguío y transporte es compleja debido a la naturaleza interdependiente del sistema, es decir, el funcionamiento de las unidades de carga afecta el rendimiento de las unidades de transporte y viceversa (Macleod, 2008). La unidad de transporte más utilizada en la minería a cielo abierto es el camión, a diferencia de otras industrias productivas que tienen procesos cíclicos de transporte sin mayores variaciones de un ciclo a otro, en minería se tiene un proceso dinámico, continuo de cambios mientras se avanza en la explotación de la mina (Elbround y Soumis, 1987).

Desde el punto de vista económico, en la minería a cielo abierto el carguío y transporte representan entre un 50% a 60% los costos operacionales del proceso de explotación (Alarie y Gamache, 2002; Ercelebi and Bascetin, 2009). Sin embargo, gracias a los avances en tecnología y a los desarrollos en innovación por parte de las diferentes empresas del rubro minero que se han desarrollado en las últimas décadas, existen diversos sistemas de control y gestión de flotas que ofrecen un potencial de mejoras en la productividad y en la reducción de costos operacionales.

Es de suma importancia tener la claridad de los conceptos a emplear. Por ejemplo, se debe definir el uso de los tiempos de los equipos mineros, puesto que deben cumplir al menos dos objetivos esenciales:

1. Se debe precisar el uso real de los equipos siendo esto parte de las bases para la planificación minera.
2. Se debe asignar responsabilidades de los tiempos de los equipos.

El estudio de investigación de la memoria se realizó en la empresa Minera Los Pelambres, bajo la supervisión del Superintendente de Operaciones Mina, Don Juan Soto Torres.

### **1.2. ANTECEDENTES GENERALES Y CONTEXTUALIZACIÓN PARA EL TRABAJO**

A continuación se presentan los datos generales de Minera Los Pelambres.

#### **1.2.1. Descripción Faena**

Minera Los Pelambres (MLP) es una empresa dedicada a la explotación de un yacimiento de cobre. Pertenece a la compañía Antofagasta Mineral S.A. (AMSA), y de acuerdo a las estadísticas entregadas por la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) en 2014 fue la sexta empresa con mayor producción de concentrado de cobre a nivel nacional con una producción anual de 404.6 [kton].

Es una mina a cielo abierto ubicada a 200 [km] de Santiago de Chile, que produce cobre desde diciembre de 1999 y “está considerada como una de las cinco minas de cobre más ricas del mundo con unas reservas de 2,210 [Mton] de cobre” (*Business News Americas, 2010*).

La mina se encuentra a 45 [km] al este de la ciudad de Salamanca, provincia del Choapa, cuarta región de Coquimbo, en plena Cordillera de Los Andes a 3,600 [m.s.n.m.]. En la Figura 1-1 se muestra la ubicación de las principales operaciones de la minera.



Figura 1-1. Ubicación Minera Los Pelambres y sus componentes

MLP produce aproximadamente 400 [kton] de concentrado de cobre y 10 [kton] de concentrado de molibdeno al año. Tiene 2,125 millones de toneladas de mineral con una ley de 0.64% de cobre y 167 millones de toneladas de molibdeno.

Pertenece en un 60% a Antofagasta Minerals S.A., 25% a un grupo japonés integrado por Nippon LP Resources B.V. y 15% a MM LP Holding B.V.

Durante sus años de operación ha realizado grandes inversiones con el objetivo de aumentar su capacidad productiva, desarrollar nuevas tecnologías de monitoreo en tiempo real, capacitar a su personal, desarrollar sistemas de información y gestión; lo que ha llevado a Pelambres a ser una empresa líder en la industria minera.

### 1.2.2. Geología

La mina Los Pelambres está emplazada sobre un yacimiento pórfido cuprífero llamado Los Pelambres. Este yacimiento posee las siguientes características:

- Complejo intrusivo de unos 5 [km] de largo por unos 2 [km] de ancho.
- Diorita cuarcífera y pórfidos de diorita cuarcífera intruidos por diques de pórfido de diorita cuarcífera (pa), cuarzomonzodiorítico (pb) y pórfido cuarzomonzonítico (pórfido tardío).
- Se emplaza en rocas volcánicas andesíticas y en pórfido cuarzo-feldespático estéril, premineral.
- Hay sistemas de brechas ígneas e hidrotermales.
- Mineralización primaria de calcopirita, bornita, molibdeno y secundaria de calcosina y covelina en vetillas t4, a y b principalmente.
- Procesos supérgenos han desarrollado zona lixiviada sobre el enriquecimiento secundario que, a su vez, cubre la zona primaria.

En la Figura 1-2 se tiene un mapa con la geología del sector.



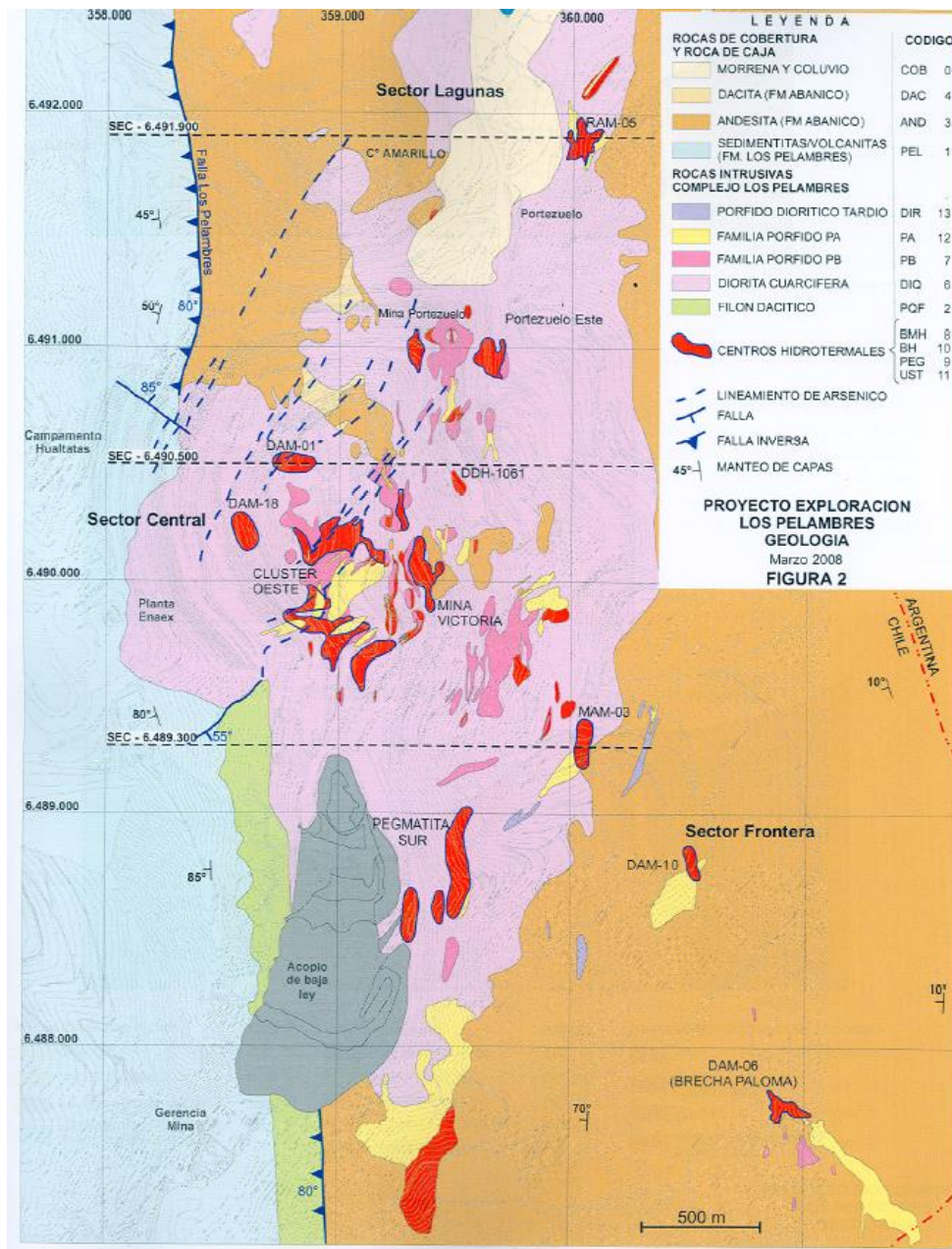


Figura 1-2. Mapa de la geología local del sector donde se ubica el yacimiento Pelambres

### 1.2.3. Descripción del Proceso Productivo

“Minera Los Pelambres produce 400 [kton] de concentrado de cobre fino al año, además de otros subproductos como concentrado de molibdeno. Para ello, es que cuenta con un proceso productivo que empieza en la misma cordillera de Los Andes, hasta terminar en las costas de Los Vilos, donde se carga dicho material hacia todo el mundo” (Minera Los Pelambres, 2014).

En la Figura 1-3 se observa un esquema del proceso productivo de Pelambres, donde se muestran los procesos productivos individuales que tiene la minera. De manera general son:

1. Exploración (Geología)
2. Extracción (Mina)
3. Chancado
4. Molienda
5. Flotación
6. Embarque



Figura 1-3. Mapa con los procesos productivos de MLP

### 1.2.3.1. Proceso Productivo de la Mina

El yacimiento de Minera Los Pelambres está en la cordillera de los Andes, en el límite con Argentina, a casi 3.600 metros sobre el nivel del mar. Desde el cerro se extrae el material que contiene los minerales los cuales son obtenidos mediante los siguientes procesos:

- Planificación Minera
- Perforación y Tronadura
- Carguío y Transporte
- Chancado y Correas

La empresa es poseedora de los equipos principales que operan en la extracción de mineral. La operación minera tiene las siguientes características:

- Explotación de Open Pit, bancos de 15 [m], berma 12.5 [m] cada 30 [m].
- Perforación de producción de 10 5/8" y precorte de 6", tronadura con detonadores electrónicos.
- Posee 10 perforadoras (entre DMH, PV 351 y PV 316).
- Carguío: Palas Hidráulicas de 56 a 73 [yd<sup>3</sup>] y cargadores frontales de 35 y 54 [yd<sup>3</sup>].
- Transporte: camiones de 330 [t].
- Chancado: Chancador Taylor de 60x110" con capacidad máxima de 250,000 [tpd] con un uso promedio de 190,000 [tpd], stock de 18,000 [t] vivas (72,000 [t] total)
- Correa transportadora de 12 [Km], potencia total de 22 [MW].

*1.2.3.2. Proceso Productivo de la Planta*

La planta concentradora, está ubicada a 1.600 metros sobre el nivel del mar y procesa en promedio 178 mil toneladas por día. El mineral chancado es transportado hasta los molinos, donde alcanza el tamaño de liberación de las partículas de cobre.

Durante el proceso de flotación, al mineral de cobre sulfurado se le agrega agua, reactivos, aire y es agitado para hacerlo burbujear, consiguiendo el arrastre a la superficie del mineral que se convertirá en concentrado de cobre, enviado por un ducto a Puerto.

El proceso de producción del molibdeno también se realiza a través de flotación.

*1.2.3.3. Proceso Productivo del Puerto*

El concentrado de cobre viaja a través de un ducto de 120 kilómetros hasta la ciudad de Los Vilos donde se embarca en el Puerto Punta Chungo a distintos puntos del mundo. El concentrado de cobre llega al puerto en forma de pulpa, donde es filtrado alcanzando un contenido de humedad de 9% y cargado en barcos a través de una correa transportadora encapsulada.

El Puerto Punta Chungo recibe en promedio 6 barcos mensuales, los que van cargados con concentrado de cobre de Minera Los Pelambres, principalmente a mercados de Asia y Europa.

**1.2.1. Sistema de Trabajo**

En MLP se tiene un sistema de trabajo en faena durante toda la semana de manera continua. Se planifica una contingencia de 15 días, lo que implica un total de 350 días de trabajo al año. Se tiene un sistema de turnos operativos de 12 horas cada uno, por lo que considerando el contra-turno, se tienen 4 grupos de trabajo que van rotando. Estos turnos son los 7x7 (Días de Trabajo x Días de Descanso). En la Tabla 1-1 se tienen los horarios respectivos.

*Tabla 1-1. Horario de turnos en Pelambres*

<b>Turno</b>	<b>Inicio del Turno</b>	<b>Fin del Turno</b>
<b>A</b>	9:00	21:00
<b>B</b>	21:00	9:00

También se tiene otro sistema de turno administrativo correspondiente al 4x3. Este turno es para supervisores e ingenieros. Se trabaja de lunes a jueves, 12 horas diarias.

**1.2.2. Flota de Equipos de Alto Rendimiento**

Como se dijo anteriormente, Pelambres es una mina a gran escala, por lo que requiere equipos de alto rendimiento en gran cantidad. Las características de este

tipo de equipos son sus grandes dimensiones y poseen las últimas tecnologías para poder operar de manera óptima y eficiente.

Se precisa contar con una avanzada tecnología en los equipos, con ella se tienen ventajas como el mejoramiento y la introducción de nuevas aplicaciones que se pueden realizar a equipos como a los sistemas de gestión.

La extracción mina en Los Pelambres está dividida en 4 grupos u operaciones unitarias: Perforación, Tronadura, Carguío y Transporte. Actualmente la empresa cuenta con equipos propios para Perforación y Carguío. Los equipos auxiliares son de empresas colaboradoras (Movitec, Chaxa, Dust a Side, entre otras). Los equipos de Transporte son arrendados bajo un contrato “Leasing” operativo con la empresa Komatsu, pero los operadores son trabajadores propios.

#### 1.2.2.1. Perforación

Pelambres tiene 10 perforadoras compuestas por 3 tipos. En la Tabla 1-2 se tiene un resumen de los equipos de perforación.

Tabla 1-2. Flota de perforadoras

Perforadora	Tipo	Combustible
5	DMH	Eléctrica
6	PV351	Eléctrica
7	PV351	Diésel
21	PV351	Diésel
22	PV351	Diésel
23	PV351	Diésel
24	PV351	Diésel
25	PV351	Diésel
26	PV316	Diésel
27	PV316	Diésel

Los diámetros de perforación varían de acuerdo a la necesidad y a la perforadora. Para las perforadoras de precorte se utiliza un diámetro de 6”. Para las perforadoras de producción se tiene un diámetro de 12 1/4” cuando se perfora “huinchas” de producción y 10 5/8” cuando se trata de “huinchas” de control.

#### 1.2.2.2. Carguío

Hay 5 palas y 3 cargadores frontales, es decir, Los Pelambres tiene una flota de 8 equipos de carguío propios para su operación. En la Tabla 1-3 se tiene la descripción de la flota.



Tabla 1-3. Flota de Carguío

Equipo	Tipo	Balde [yd3]	Combustible
P1	P&H 4100A	56	Eléctrica
P3	P&H 4100XPB	73	Eléctrica
P4	P&H 4100XPB	73	Eléctrica
P5	P&H 4100XPB	73	Eléctrica
P7	P&H 4100XPC	73	Eléctrica
CF8	L1850 Letourneau	35	Diesel
CF10	L2350 Letourneau	54	Diesel
CF11	L1850 Letourneau	54	Diesel

### 1.2.2.3. Transporte

Para el transporte, se utilizan camiones. La flota de transporte está compuesta por 52 camiones a la fecha y consiste en un sólo tipo de camión. Los camiones son Komatsu 930E, todos eléctricos. Tienen una capacidad máxima de diseño de 330 toneladas. Al hacer el “*Match*” pala camión, se tiene que cada 3 baldadas se debería llenar un camión (en condiciones ideales).

## 1.3. MOTIVACIÓN DEL TRABAJO

La actual metodología de gestión de flota en MLP considera la utilización de parámetros operativos (uso de equipos y rendimientos). Se quiere cambiar la forma de reportar desde parámetros operativos a parámetros efectivos, donde el desafío principal es el gestionar las demoras (programadas y no programadas) en la operación y las pérdidas operacionales (esperas) existentes, las cuales restan tiempo efectivo.

El grupo minero AMSA S.A. busca estandarizar el set de demoras y pérdidas operacionales para medir y tener un patrón único en todas sus operaciones en Chile. Se le solicitó a Modular Mining Systems® (MMS) que realizara un proyecto de cambio de la configuración del sistema Dispatch® del actual ASARCO MLP al nuevo ASARCO AMSA.

Además, de la configuración a un nuevo ASARCO, se creó una nueva distribución de las demoras programadas, de las demoras no programadas, de las reservas, de los tiempos no disponibles y de las pérdidas operacionales.

En base a este cambio, se solicitó al memorista que investigue y levante los datos de los desafíos que se encuentran en la operación, y generase propuestas de mejora para aumentar el índice operacional de la utilización efectiva en base a disponibilidad.

**1.3.1. Situación Inicial de ASARCO MLP**

En la Figura 1-4 se muestra el modelo inicial de ASARCO que posee MLP, donde se aprecia en el diagrama la distribución de tiempos. Además, se retratan las funciones de Disponibilidad y del Uso de Disponibilidad que están en base a variables operativas.

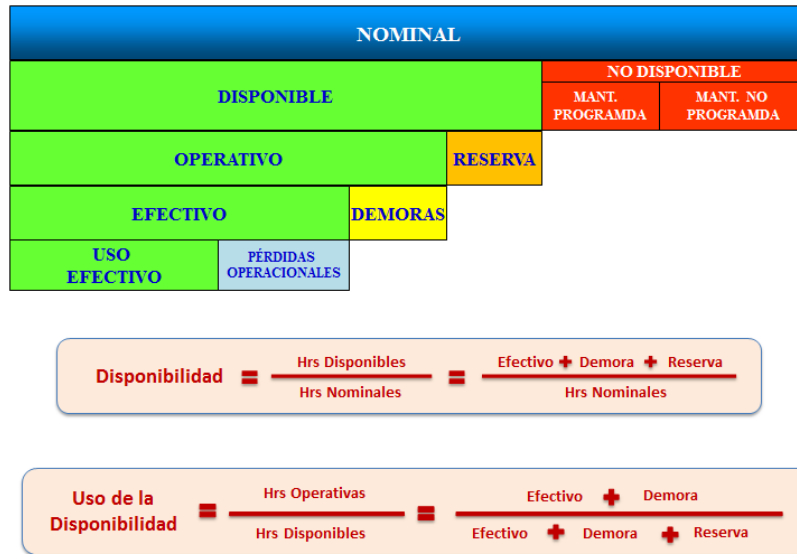
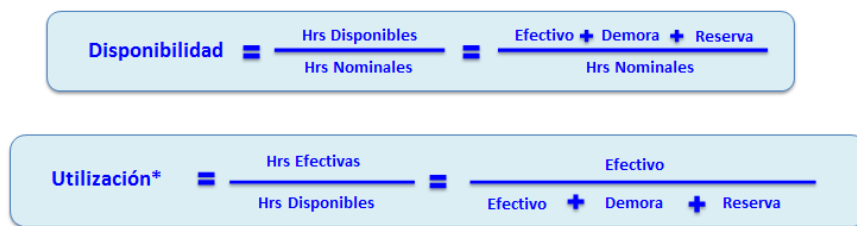
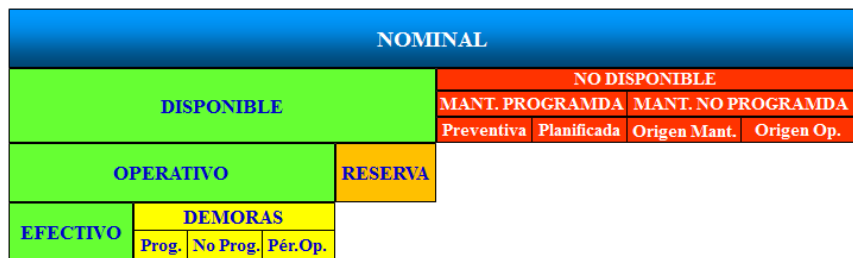


Figura 1-4. Diagrama de ASARCO actual en MLP más índices operacionales

Este modelo debió cambiarse en su configuración en el sistema Dispatch® a la nueva nomenclatura.

**1.3.2. Nuevo ASARCO AMSA**

En la Figura 1-5 se muestra el diagrama de la nueva distribución de tiempos del nuevo ASARCO definido por AMSA S.A. para todas sus operaciones mineras. También se presenta el cambio de variables de las funciones de disponibilidad y de utilización, las cuales cambian de ser variables operativas a variables efectivas. Es por esto que se genera el nuevo concepto a utilizar: **Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad (UEBD)**.



\*Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad

Figura 1-5. Diagrama de nuevo ASARCO AMSA más índices operacionales

El diagrama de la Figura 1-5 fue configurado por MMS para que estuviera disponible a partir de 2015. Esta nueva configuración será única para todos los usuarios, restringiendo la consulta histórica del antiguo modelo a un grupo de persona que requieran comparar dichos datos con los nuevos entregados por Dispatch®.

Las nuevas distribuciones de tiempos para las demoras, reservas, mantenimientos y pérdidas operacionales, se encuentran desde la Figura 7-1 a la Figura 7-5 de la sección Anexo A.

## 1.4. OBJETIVOS

Los objetivos generales y específicos del trabajo de investigación, se detallan a continuación.

### 1.4.1. Objetivo general

El objetivo principal que se quiere cumplir es el incorporar mejoras operacionales para poder lograr compromisos de mejoras en la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad adquiridos en Caso Base 2015.

### 1.4.2. Objetivos específicos

Complementariamente para lograr el objetivo general, se requiere cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Entender y contextualizar los datos entregados por la base de datos del programa Dispatch®.

- Identificar las demoras programadas y no programadas que generen ineficiencias en el proceso productivo.
- Identificar y entender la procedencia de las pérdidas operacionales que estén interfiriendo en la operación de manera drástica.
- Entregar recomendaciones estratégicas en terreno de la operación in-situ.
- Forzar las estrategias de acuerdo a la planificación de corto y mediano plazo.

### **1.5. ALCANCES**

Para el trabajo de la memoria se tienen las siguientes observaciones:

- Se analizarán exclusivamente las operaciones de Carguío y Transporte.
- Para la flota de carguío, se estudiarán únicamente las palas de cable eléctricas y no los cargadores frontales.
- Se debe profundizar el estudio de las demoras (programadas y no programadas) y pérdidas operacionales.
- Se deben proponer oportunidades de mejoras que acreciente el índice UEED.
- Analizar la implementación de al menos una oportunidad de mejora que aumente el índice UEED.

### **1.6. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Se utiliza la siguiente metodología como base para abordar el estudio.

1. Realizar un análisis de la base de datos proporcionada por Dispatch®.

El objetivo es identificar los eventos que generan mayores demoras y pérdidas operacionales a la operación.

2. Realizar un estudio de cada operación unitaria.

El propósito es identificar las actividades de cada equipo en un turno y/o día de operación. También analizar los tiempos de ciclos de cada equipo.

3. Levantamiento de datos en terreno.

Es relevante tener datos que alimenten al sistema Dispatch® y que estos datos sean de calidad de modo de poder obtener resultados confiables y representativos de la actividad. Es necesario obtener los datos y poder utilizarlos con el nuevo ASARCO AMSA y así comprobar la información dispuesta en el sistema. El objetivo es validar los datos de Dispatch® con los datos obtenidos en terreno. Además, identificar los posibles desafíos que se encuentren en la operación.



4. Propuestas de Mejora de Índices Operacionales.

Una vez identificados los eventos que generan mayor cantidad de demoras y/o pérdidas operacionales, se debe realizar un estudio para poder mitigar dichos tiempos que restan al tiempo efectivo de los equipos. Se deben generar planes de acción para aumentar los valores de los KPI operacionales, enfocándose en mejorar la utilización efectiva en base disponible.

## CAPÍTULO 2

---

### 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A continuación se presentan y detallan los contenidos teóricos que están en sintonía con el estudio de la memoria.

#### 2.1. SISTEMA DE DESPACHO DISPATCH®

Dispatch® es una herramienta de gestión que busca optimizar la asignación de camiones a palas y/o botaderos y/o chancado (destino), maximizando la utilización del tiempo y minimizando las pérdidas, en tiempo real.

Dispatch® tiene varios objetivos como por ejemplo:

- Automatiza y optimizar asignaciones de camiones.
- Archivar datos para equipos de carguío, transporte y auxiliares.
- Asignación de combustible automáticamente.
- Recolector de datos para mantenimiento.
- Mezclar minerales.
- Reportabilidad propia y a través de PowerView® según la necesidad del cliente.
- Aumentar productividad.
- Reducir costos de operación.

##### 2.1.1. Operación del Sistema

Dispatch® es una herramienta que registra los eventos que se desarrollan durante los ciclos de operación. En base a esta información, el sistema de forma automática determina la ruta óptima de acarreo de material. Las operaciones básicas del sistema son:

1. Registro de eventos del ciclo de acarreo de material relevantes e importantes para la empresa.
2. Traspaso de los datos en tiempo real y posterior decodificación.
3. El sistema registra los datos y guarda la información.
4. El software procesa los datos y gestiona asignaciones de manera óptima de destino a los camiones de extracción.
5. Finalmente, el sistema hace un envío de la asignación al camión respectivo para que realice la ruta óptima.

### 2.1.2. Dispatch® como una Herramienta de Productividad

Como se mencionó anteriormente, el sistema Dispatch® es una potente herramienta de gestión y control, lo que se puede traducir como un “administrador importante” de la operación minera y un optimizador de rutas. De esta manera, esta herramienta sirve para varias cosas dentro de la operación, como por ejemplo:

- Recolector de información
- Almacenador de los datos recolectados como una base de datos
- Una solución a problemas en tiempo real

### 2.1.3. Modelo Minero

El modelo minero del sistema Dispatch® consta de varios conceptos, los cuales están configurados de tal manera en el modelo que optimizan la gran cantidad de información y de variables para entregar a los equipos la mejor asignación. La ventaja que tiene el modelo es que puede procesar de manera rápida la información. En la Figura 2-1. Ejemplo del modelo minero Dispatch® se aprecia un ejemplo del modelo. El sistema se configura de acuerdo al siguiente modelo:

- **Mina:** Ubicación geográfica en el espacio que está siendo explotada.
- **Pit:** Lugar físico de explotación, donde se encuentran los equipos operando.
- **Región:** son los distintos sectores del pit de manera de puntualizar la operación en sectores específicos.
- **Punto de Carga:** Punto demarcado con coordenadas espaciales, donde se encuentra la operación de carga dentro del pit. Por lo general son ubicaciones de los equipos de carguío.
- **Punto de Descarga:** Punto demarcado con coordenadas espaciales, donde se encuentra la operación de descarga dentro del pit. Generalmente son ubicaciones correspondientes a botaderos, stocks y/o chancados.
- **Nodos Intermedios:** Son puntos virtuales en el sistema, definidos por coordenadas especiales. Sirven para referenciar caminos, es decir, entre cada nodo se puede conocer la distancia y pendiente de los caminos.
- **Balizas:** Son puntos virtuales dentro de las rutas de acarreo, los que incluyen los puntos de carga y descarga dentro del pit y se definen por coordenadas espaciales. Las balizas sirven para detectar los camiones de extracción en sus llegadas y/o salidas desde el origen o destino. En estos puntos, al sistema se le permite reasignar la ruta a los camiones si es que se llegase a encontrar una mejor.

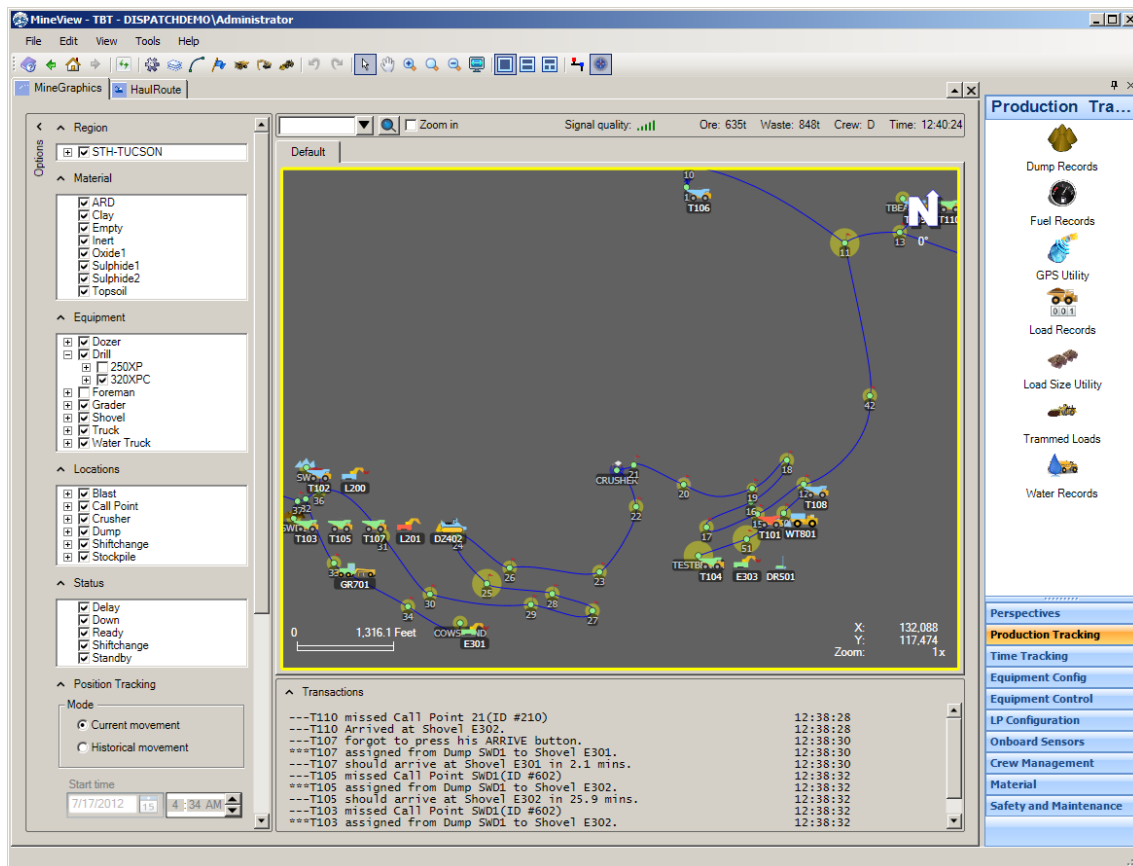


Figura 2-1. Ejemplo del modelo minero Dispatch®

### 2.1.4. Algoritmo del Sistema Dispatch®

Para comprender el algoritmo utilizado por el sistema Dispatch® se debe tener en consideración que este sistema maneja una gran cantidad de información y variables, de manera de generar una asignación óptima y eficiente. Los principales datos que debe manejar son los siguientes:

- Una red de ruta de acarreo que contiene cada uno de los caminos.
- Pendientes y distancias de cada uno de los caminos.
- Tiempos de viaje (históricos y en tiempo real) entre puntos de carga, descarga y balizas virtuales intermedias en ruta.
- Tiempos de maniobra y descarga en botaderos, stocks y/o chancado.
- Status operacionales de equipos.
- Restricciones operativas tales como prioridad de palas, capacidad de botaderos y chancado, etc.
- Ranking “Match Pala-Camión”.

Sobre la base de esta información, es donde el sistema realiza las asignaciones, mediante algoritmos que se encuentran en los tres subsistemas presentes:

1. Mejor Ruta: Cambios en la topografía.

2. Programación Lineal: Cambios importantes en las variables dependientes del tiempo.
3. Programación Dinámica: Asignación en tiempo real.

A continuación se detalla cada subsistema.

#### 2.1.4.1. *Mejor Ruta (MR – Best Path)*

Este subsistema es determinado mediante el menor tiempo de viaje de acarreo (tiempo – distancia), para lo cual usa el algoritmo de “*Dijktras*”. Este algoritmo calcula el tiempo mínimo de un nodo a otro (puntos virtuales de ubicación), mediante una red de nodos que describen un árbol direccionado. Una vez realizado el cálculo de la Mejor Ruta, se entrega al segundo subsistema (PL) la siguiente información acerca de las rutas de acarreo:

- Distancia total mínima.
- Estimación del tiempo de viaje.
- Puntos intermedios de viaje (los nodos virtuales por donde el camión debe pasar).

#### 2.1.4.2. *Programación Lineal (PL – Lineal Programming)*

Este algoritmo del sistema Dispatch® usa el método “*Simplex*” que resuelve un conjunto de ecuaciones lineales de restricciones para minimizar las necesidades de camiones de extracción, sujeto a una función de prioridades y exigencias. El modelo de PL tiene como variable la tasa de alimentación del objetivo en toneladas por hora [ton/h] o en metros cúbicos por hora [m<sup>3</sup>/h] para cada ruta, tanto de equipo de carguío como de puntos de descarga. La PL calcula la razón de alimentación que minimiza el total de camiones requeridos para cubrir las necesidades de las palas, sujeto a restricciones de la Mina. La información emitida es la siguiente:

- Continuidad de pala y puntos de descarga.
- Tasa de excavación máxima de cada equipo de carguío.
- Capacidad máxima de vaciado en los puntos de descarga.
- Equipos disponibles.
- Tipo de material.
- Ley de mineral.

Con esta información, Dispatch® utiliza las soluciones entregadas por la PL para generar asignaciones óptimas de equipos en tiempo real. Uno de los problemas que se genera al despachar camiones de extracción en una mina a rajo abierto es la gran cantidad de variables que existen y que se interrelacionan entre si. Para solucionar este inconveniente, la PL incluye una cantidad de variables relacionadas a un cierto número de ecuaciones matemáticas denominadas “*Restricciones*” y “*Función Objetivo*”. Este subsistema resuelve las ecuaciones lineales de restricciones maximizantes programadas en base a prioridades de carguío, tasas de extracción, capacidad de vaciado y restricciones de material y/o mezclas.

### 2.1.4.3. Programación Dinámica (PD – Dynamic Programming)

Como se mencionó anteriormente, la PL entrega una solución en cuanto al flujo de alimentación de cada ruta en [ton/h], pero no lo hace para el problema de las asignaciones de los equipos.

Este inconveniente es resuelto al utilizar la estrategia de la programación dinámica, la cual es un proceso de optimización basado en el principio optimizante de *Bellman's*.

Su principio consiste en entregar una importancia y modalidad dinámica de cálculo para las variables operacionales que se suscitan, como variaciones en la disponibilidad de los equipos (cambio de status), flujos de alimentación (punto de carga y/o descarga), prioridad de palas, distancias de acarreo, etc. Para generar la solución, el sistema Dispatch® en lugar de asignar camiones a las palas que más lo requieren, decide por asignar camiones a los equipos de carguío más necesitados en cualquier momento, ya sea que requieran asignación o ya lo estén. Para este proceso el sistema genera dos listas; una en base a la PL incluyéndose rutas ordenadas por prioridad de tiempo y una lista de camiones que requieran asignación a través del tiempo. Es así como la PD establece las necesidades de camiones óptimos sobre la base de los que requerirían asignación de carguío o bien puedan variar ésta durante la ruta.

### 2.1.5. Componentes del Sistema Dispatch®

El sistema requiere de varios componentes para funcionar de manera óptima y confiable en su función de despachador. Todos estos componentes deben trabajar en conjunto para que el sistema funcione al 100%. Los principales componentes son los siguientes:

- Torre de Control.
- CPU Principal.
- CPU Secundaria.
- Sistema computarizado de campo (FCS) que consta de una consola gráfica (GC) y una unidad central (HUB), instalados en los equipos mineros (Camiones, palas, equipos auxiliares, chancado, perforadoras).
- MMS Hub (Unidad Central) que consta de una plataforma de señal digital, un receptor de GPS y un microprocesador.
- Puntos de Accesos
  - o Punto de acceso Móvil
  - o Punto de acceso Fijo
  - o Punto de acceso Estación de Terreno GPS
- Antenas
  - o Omni
  - o Radio
  - o Sector
  - o GPS

- Enlace radial de datos
- Computador central en el centro de información Dispatch®
- Software

2.1.5.1. *Elementos Adicionales*

La principal función de Dispatch® es la asignación óptima y automática de rutas de acarreo; sin embargo, también se usa como una forma de incrementar la productividad y reducción de costos operacionales en la mina, por ello, el sistema cuenta con equipos adicionales como los siguientes:

- Sistema GPS para palas, perforadoras, Dozers.
- Rastreo de mantenimiento.
- Mezcla de materiales.
- Capacidad de simulación.
- Monitoreo de signos vitales de maquinaria y equipo pesado.
- Control de perforación
- Rastreo de equipos auxiliares.
- Informes extensos.

**2.2. DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS ASARCO**

Es de forma habitual que en la minería se tenga una forma de control y evaluación de gestión de los estatus operacionales en que se encuentran los equipos durante un período determinado a evaluar. Se debe tener una distribución y desglose de tiempos para calcular los distintos Índices Operacionales que se requieren para la evaluación. Para ello, es normal que en la minería se utilice la escala de tiempos según la Norma ASARCO, que rige la operación en sí y el sistema Dispatch®. Esta norma clasifica y describe en detalle cada uno de los estatus en que se encuentran los equipos en operación durante un período determinado de tiempo. La distribución de tiempo a modo general se encuentra en la Figura 2-2.

Nominal				
Disponible				No disponible Mantenimiento
Operativo			Reserva	
Efectivo	Demora Programada	Demora No Programada	Pérdidas Operacionales	

Figura 2-2. Escala de tiempos según norma ASARCO

A continuación se detallan las características de cada tiempo:

- **Nominal:** Tiempo durante el cual el equipo se encuentra físicamente en faena. Es el tiempo total de un período.

- **Disponible:** Tiempo en que el equipo está habilitado y en buenas condiciones para operar. Se le han descontado las mantenciones. El equipo está listo para ser operado.
- **No Disponible:** Este período se encuentran los tiempos destinados tanto para mantenciones programadas y/o reparaciones electromecánicas de terreno.
- **Operativo:** Corresponde al tiempo en que el equipo se encuentra operando en faena, es decir, está con operador.
- **Reserva:** Es aquel tiempo en donde el equipo estando en condiciones mecánicas de operación, no es utilizado en labores productivas, ya sea por falta de operador o superávit de equipo en ese momento.
- **Efectivo:** Es el tiempo en que el equipo está siendo utilizado para lo que realmente se invirtió, es decir, está realizando labores puras de producción sin colas.
- **Demoras Programadas:** Tiempos de detención programada.
- **Demoras No Programadas:** Tiempo de detenciones no programadas, donde no se sabe cuánto durarán.
- **Pérdidas Operacionales:** Es el tiempo donde el equipo se encuentra esperando.

Es recurrente que dentro de la industria minera, cada empresa disponga de su propio sistema de distribución de tiempos bajo la base de la norma ASARCO. En la Figura 2-3 se muestra una distribución de tiempos modificada de acuerdo a las necesidades de una compañía minera.

	La Faena:	La Unidad o Instalación:	
Tiempo calendario natural como días, meses, años, etc. [CRONOLÓGICO]	Está en actividad Productiva y/o Mantenimiento de sus elementos (producción y/o infraestructura) [HÁBIL]	Se entrega a operación en condiciones E-M para cumplir su objetivo de diseño y con tarea asignada [OPERACIONAL]	Está funcionando y cumpliendo su objetivo de diseño [EFECTIVO]
			Está en condiciones E-M, a cargo del operador, con tarea asignada, NO la realiza por razón ajena a su diseño (traslados, esperas de equipo complementario, coordinación) [PÉRDIDA]
		Equipo o instalación no es operable en su función de diseño por defecto o falla E-M o Programa [MANTENCIÓN]	Mantenición y/o reparación [MANTENCIÓN EFECTIVA]
			Falta personal, equipos, repuestos, Traslado hacia y desde taller, Movimientos y/o esperas del equipo en lugares de reparación y/o mantención [PÉRDIDA]
		Está en condiciones E-M para cumplir su objetivo de diseño, NO lo realiza por Carencia de Operador, Capacidad prevista, Programa, Seguridad [RESERVA]	
	Suspende actividades Productivas y/o Mantenimiento [INHÁBIL]		

Figura 2-3. Ejemplo de distribución de tiempos modificada en base a norma ASARCO



### 2.2.1. Descripción de Variables de Nuevo ASARCO AMSA

Como se mencionó en la sección 1.3.2 Nuevo ASARCO AMSA, la nueva distribución de tiempos quiere cambiar la formulación de sus índices operacionales, puesto que ahora los índices están en función de variables efectivas y no operativas.

Como se muestra en la Figura 2-4 se mantienen las variables estándar.

NOMINAL			
DISPONIBLE		NO DISPONIBLE	
		MANT. PROGRAMADA	MANT. NO PROGRAMADA
OPERATIVO		Preventiva	Planificada
		Origen Mant.	Origen Op.
EFECTIVO		RESERVA	
		DEMORAS	
		Prog.	No Prog.
		Pér.Op.	

Figura 2-4. Nuevo ASARCO AMSA

Sin embargo, hay algunas variables que cambian levemente su significado e interpretación, lo que a su vez cambian los índices operacionales y la distribución actividades que representan.

A continuación se detallan las variables que se modifican:

- **Reservas:** Es el tiempo en que el equipo está en condiciones de ser operado, pero NO cuenta con operador. También son los tiempos de fuerza mayor como los blackout, sectores de la mina cerrados por algún evento geotécnico, cortes de energía externa, condiciones climáticas adversas, sismos, movimientos sindicales, etc. También se considera reserva a camiones cuando un equipo de carguío entra a una mantención mayor, superior a un turno o un *overhaul*. En la sección Anexo A, la Figura 7-3 se encuentra la nueva distribución de actividades que son reserva.
- **Pérdida Operacional:** Son sólo las esperas de los equipos. Se utiliza para gestionar dichas esperas y aplica para el carguío, transporte y chancado. Cada operación mostrará como mide este tiempo y luego se estandarizará. En la sección Anexo A, la Figura 7-5 se encuentran las nuevas distribuciones de actividades que son PO.
- **No Disponible:** Bajo la nueva distribución de tiempos, esta variable de tiempo se subdivide en los tiempos de mantención programada y no programada. Cabe destacar que el tiempo de mantención comienza cuando el equipo entra al taller y termina cuando sale del taller, el tiempo de ir a buscar el equipo es de operación (demora no programada). En el caso de las palas, se entregan después de probadas. En la sección Anexo A, la Figura 7-4 se tiene la nueva distribución de actividades de no disponible.

- **Mantenición Programada:** Es el tiempo en que el equipo se encuentra en alguna **mantenición preventiva** y/o **planificada**, ya sea por un evento mecánico, eléctrico y/o electrónico. La mantención preventiva se refiere principalmente a inspecciones, servicios de cambios filtros, ajustes, etc., calibraciones menores, mantenciones predictivas (análisis de aceites, vibraciones, termografías, etc.). La mantención planificada corresponde a cambios de componentes, a *overhauls*, cambios planificados de orugas, baldes, neumáticos, tolvas, etc., inspecciones mayores de mantención, cambios de diseño, lavado de equipos.
- **Mantenición No Programada:** Es el tiempo en que el equipo se encuentra en alguna **mantenición correctiva**, ya sea por un evento mecánico, eléctrico y/o electrónico, la cual puede tener origen en mantención o en operaciones. Las de origen en mantención corresponden a fallas imprevistas, falta de repuestos o de personal, fallas de rodamientos, desgastes excesivos, etc., son mantenciones que requieren detención inmediata del equipo. Las de origen en operaciones se deben a choques, daños por sobrecarga, malas condiciones de caminos, golpes por derrames, daños por tronadura, daños de cables, etc. Cabe destacar que hay otras actividades, pero que no deben afectar la disponibilidad mecánica, como la instalación o cambios de componentes del sistema de administración de flotas o de equipos de radio o cualquier instalación de hardware en las cabinas y Afex.
- **Demora Programada:** Es el tiempo en que el equipo está detenido por algún evento programado con anterioridad y se tiene precisión de su inicio y término, es decir, su duración. En la sección Anexo A, la Figura 7-1 se encuentra la nueva distribución de actividades de demoras programadas.
- **Demora No Programada:** Es el tiempo en que el equipo está detenido por algún evento que no se sabe con precisión en que momento va a ocurrir, un cuanto será su duración, y que es parte de la operación. En la sección Anexo A, la Figura 7-2 se muestra la nueva distribución de actividades correspondientes a demoras no programadas.

### 2.2.2. Índices Operacionales de Gestión

A continuación se detallan las fórmulas de los índices operacionales:

- **Disponibilidad Mecánica (DispM):** Fracción porcentual del tiempo nominal en que el equipo se encuentra en condiciones mecánicas para operar. En la Ecuación 2-1 se encuentra la fórmula para su cálculo.
- **Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad (UEBD):** Corresponde a la fracción porcentual del tiempo disponible en donde el equipo se encuentra en producción pura y sin pérdidas operacionales. Se hizo un cambio de

variables operativas a variables efectivas en su cálculo. En la Ecuación 2-2 se encuentra la fórmula para su cálculo.

- **Porcentaje de Pérdidas Operacionales (%PO):** Es la fracción porcentual del tiempo disponible en que el equipo genera pérdidas operacionales (esperas y colas). En la Ecuación 2-3 se encuentra la fórmula para su cálculo.
- **Porcentaje de Reservas (%Res):** Es la fracción porcentual del tiempo disponible en que el equipo se encuentra en el estatus de reserva. En la Ecuación 2-4 se encuentra la fórmula para su cálculo.
- **Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF):** Son las horas equivalentes al tiempo promedio existente entre fallas imprevistas. En la Ecuación 2-5 se encuentra la fórmula para su cálculo.
- **Tiempo Medio Entre Reparaciones (MTTR):** Es el tiempo promedio que duran las mantenciones no programadas. En la Ecuación 2-6 se encuentra la fórmula para su cálculo.

$$DispM [\%] = \frac{T. Disponible}{T. Nominal} = \frac{Efectivo + Demoras + Reserva}{T. Nominal} \times 100\%$$

*Ecuación 2-1. Fórmula para calcular la Disponibilidad Mecánica*

$$UEBD [\%] = \frac{T. Efectivo}{T. Disponible} \times 100\%$$

*Ecuación 2-2. Fórmula para calcular la UEBD*

$$\%PO [\%] = \frac{T. Pérdidas Operacionales}{T. Disponible} \times 100\%$$

*Ecuación 2-3. Fórmula para calcular el porcentaje de pérdidas operacionales*

$$\%Res [\%] = \frac{T. Reserva}{T. Disponible} \times 100\%$$

*Ecuación 2-4. Fórmula para calcular el porcentaje de reservas*

$$MTBF [hr] = \frac{Horas Operativas}{Número de Fallas}$$

*Ecuación 2-5. Fórmula para calcular el tiempo medio entre fallas*

$$MTTR [hr] = \frac{Horas de Mantención No Programada}{Número de Fallas}$$

*Ecuación 2-6. Fórmula para calcular el tiempo medio que duran las mantenciones*

### 2.3. OPERACIONES UNITARIAS

Cada operación tiene un ciclo productivo característico, el cual está compuesto por una serie de actividades y maniobras que van catalogándose dentro de los

tiempos de ASARCO. Los tiempos más interesantes de analizar son los que utilizan una fracción del tiempo operativo y/o efectivo, puesto que gracias a estos tiempos se pueden hacer evaluaciones de gestión para cada operación unitaria o para el global de la mina como negocio único.

De acuerdo al alcance de la memoria, se hace el estudio de las operaciones de Carguío y Transporte. A continuación, se describen y definen los tiempos de las maniobras realizadas en los ciclos de cada operación y la forma correcta en la que deben ejecutarse.

### 2.3.1. Operación de Carguío

El carguío es fundamental en la operación minera, puesto que su propósito es cargar el material tronado de la frente de carguío a los equipos de transporte (ejemplo: Camión de extracción), de manera segura y óptima.

#### 2.3.1.1. Ciclo del Carguío

El ciclo de los equipos de carguío se centra básicamente en la zona de carga. A continuación se detalla su ciclo y las maniobras que debe ejecutar:

1. Llegada de Camión: Es el tiempo en que llega el camión a la frente de carguío y la pala debe prepararse para cargar.
2. Espera por Carga: Corresponde al tiempo el cual el camión ya está posicionado al costado de la pala y está esperando a ser cargado. Esta maniobra tiene 3 secuencias cuando se trata de cargar por ambos lados:
  - Espera por Carga: Es el tiempo que la pala se encuentra cargando a otro camión, estando un segundo en posición de carga.
  - Espera por medio giro: Es el tiempo en que el camión tiene que esperar para que la pala una vez cargado el camión precedente, vuelva a poner el balde en posición de ataque a la frente.
  - Espera por excavación: Es el tiempo donde el camión espera a que la pala ataque la frente de carguío, llene el balde y gire hacia él para volcar la carga en su tolva.
3. Carga: Es el tiempo que emplea la pala en vaciar el material sobre la tolva del camión.
4. Espera de Camión: Es el tiempo que la pala debe esperar hasta que un camión llegue a la zona de carga e inicie el aculatamiento.
5. Espera de Aculatamiento: Es el tiempo donde el camión inicia la maniobra para tomar la ubicación adecuada al costado de la pala para ser cargado.

#### 2.3.1.2. Reportes de los tiempos de ciclo en Dispatch®

La forma de reportar los tiempos de ciclo de la flota de carguío en Dispatch® es como muestra el ejemplo de la Figura 2-5.

Pala	Ubicación	Cargas	Tot. Tons	Hrs. Trab.	Ton/Hr. Efec.	Ton/hr Oper.	-- % del Total Trabajado --			% Disp.	% Util.
							Cargando	Cuadre	Espera		
CF08		0	0	0,07	0	0	0,00%	0,00%	100,00%	9,2	0,9
CF08	F10N-3725-01	72	22,003	14,45	1522	1155	68,09%	8,19%	23,72%	95,7	75,9
CF08	F10N-3725-03	63	19,229	13,43	1432	1103	57,18%	5,19%	37,62%	72,7	46,9
CF08	F10N-3725-04	7	2,156	1,41	1528	1281	62,60%	2,44%	34,96%	100,0	83,8
CF08	F10N-3725-07	183	56,043	33,80	1658	1472	70,03%	10,61%	19,36%	65,2	86,4
CF08	F5SW-2885-00	25	7,724	3,67	2107	1638	55,45%	17,00%	27,55%	90,5	74,0
CF08	F6NE-2900-04	2	597	0,64	940	301	51,14%	1,53%	47,33%	100,0	32,0
CF08	F6NE-2900-05	19	5,800	5,88	986	806	64,93%	8,88%	26,19%	64,1	81,7
CF08	F6NE-2900-07	16	4,941	3,98	1241	1008	52,83%	5,01%	42,16%	100,0	81,2
CF08	F7DW-3200-00	19	5,794	3,41	1700	1018	65,14%	12,06%	22,80%	43,3	54,3
CF08	F7DW-3260-00	193	59,179	37,25	1589	1204	54,25%	10,69%	35,06%	70,6	73,2
CF08	F7DW-3275-05	7	2,152	1,74	1238	911	37,92%	8,21%	53,87%	100,0	73,6
CF08	F7DW-3275-07	46	14,058	10,07	1396	1134	69,35%	6,57%	24,07%	63,3	80,2
CF08	F7NE-3050-07	1	316	0,19	1625	105	56,00%	0,00%	44,00%	86,4	6,5
CF08	F8NE-3020-00	22	6,701	5,14	1303	1194	62,69%	10,46%	26,85%	52,4	91,6
CF08	F8NE-3065-06	18	5,517	3,83	1441	851	63,72%	7,79%	28,49%	42,9	59,1
CF08	F8NE-3095-00	34	10,419	11,05	943	652	60,35%	5,72%	33,93%	93,5	69,1

Figura 2-5. Ejemplo de reportar los tiempos de ciclo de la flota de carguío

El ejemplo de la figura anterior muestra en el cuadro resaltado en rojo el porcentaje del tiempo empleado en el carguío. Se divide en 3 tiempos: el tiempo que emplea en cargar, en cuadrar y en esperar. Estos registros están relacionados con los tiempos de los camiones, puesto que trabajan en conjunto para determinar que fracción del tiempo corresponde a cada actividad.

### 2.3.2. Operación de Transporte

Al igual que el carguío, la operación de transporte es imprescindible, puesto que su labor es transportar el material desde la frente de carguío hacia los diferentes puntos de descarga (botaderos, stocks, chancado), de manera segura y eficiente para cumplir con los requerimientos de producción, sobre todo cuando se trata de alimentar a la planta que es un punto crítico en la toma de decisiones.

Al igual que en la operación del carguío, el transporte tiene una serie de maniobras comprendidas en su ciclo de operador, que inician desde que ya es cargado por la pala y termina con una nueva asignación por parte de despacho después de descargar el material donde corresponde. A diferencia del carguío (eléctrico), el transporte puede tener asignaciones como el abastecimiento de combustible o “petroleo”.

#### 2.3.2.1. Ciclo del Transporte

Un ciclo de un camión minero en la operación unitaria de transporte tiene una secuencia representada en la siguiente ecuación:

$$TCT = TPP + TC + TVC + TPV + TV + TVV + R$$

Ecuación 2-7. Ciclo camión de extracción

Donde:

- TCT=tiempo ciclo unidad de transporte [min]
- TPP= tiempo para posicionarse frente a la unidad de carguío [min] (aculatamiento)
- TC= tiempo carguío [min]
- TVC=tiempo viaje cargado [min]
- TPV=tiempo posicionamiento en lugar de descarga [min]
- TV= tiempo vaciado [min]
- TVV=tiempo viaje vacío [min]
- R= retrasos [min]

La descarga puede efectuarse en chancado (en caso que sea mineral), en stocks (mineral estratégico) o en botaderos (estéril). Hay una diferencia entre descargar al chancador y descargar en botaderos o stocks, la cual es que en los botaderos o stocks no hay tiempos por espera.

La secuencia que realiza cada camión en su llegada al chancador es la siguiente:

1. Llegada camión.
  - a. Si chancador 1 está lleno, debe esperar en cola.
    - i. Hay dos sitios de espera de camiones:
      1. Si las dos entradas de descarga al chancador están con camiones, el camión debe esperar cerca del chancador en una posición donde sólo debe aculatarse una vez desocupada la entrada. Esta posición sólo es para 2 camiones (una para cada entrada del chancador).
      2. Si ambas entradas al chancador están con camiones y la posición de espera de camiones esta con camiones, los camiones que vayan llegando, deben esperar a 30 metros de la zona del chancador para que no se vayan acumulando camiones y ocurra interferencia entre los mismos. Estos camiones deben esperar hasta que se vaya desocupando la zona de aculatamiento. Se forma una verdadera cola de camiones.
    - b. Si no hay camiones esperando, el camión se debe preparar para el aculatamiento.
  2. Aculatamiento: Es el tiempo donde el operador debe maniobrar el equipo y aculatarse para tomar ubicación en una de las puertas de descarga del chancador.
  3. Esperar a chancado a que le dé la orden de descarga: Es el tiempo que corresponde al camión ya posicionado en la puerta de descarga del chancador, que debe esperar a que el operador de chancado le dé luz verde al semáforo como medida de ordenamiento al operador del camión a descargar el mineral.

4. Espera de reacción de descarga: Es el tiempo en que el operador se demora en reaccionar una vez que se le autoriza la descarga.
5. Descarga del mineral: Es el tiempo que le toma al camión el levantar la tolva y descargar el mineral sobre el chancador hasta que baje la tolva a su posición inicial.
6. Espera de asignación: Es el tiempo donde se le asigna el siguiente destino al camión.

**2.3.2.2. Reportes de los tiempos de ciclo en Dispatch®**

El sistema de despacho determina los tiempos del transporte de forma similar al carguío, es decir, en base a cortes de tiempo entre los cambios de estado que los operadores digitan en la consola de los equipos, conjuntamente de algún cambio que pueda realizar el despachador del turno. Para el transporte el sistema calcula los tiempos globales de los viajes cargado y vacío y de la carga y descarga. Para las maniobras de aculatamiento y espera por cola, el sistema no cuenta con la información en detalle de estos estados que ejecutan los equipos, por lo que está programado con un tiempo fijo de treinta (30) segundos para cada aculatamiento del ciclo (un (1) minuto en total del ciclo) y el resto del tiempo es espera por cola. En la Tabla 2-1 se resume el cálculo de los tiempos.

*Tabla 2-1. Descripción del cálculo de tiempos según Dispatch®*

<b>Maniobra</b>	<b>Descripción Cálculo</b>
<b>Carga</b>	Tiempo entre los estados de "Cargando" y la asignación a destino
<b>Descarga</b>	Tiempo entre los estados de "Descargando" y la asignación a destino
<b>Aculatamiento</b>	30 segundos en la carga y 30 segundos en la descarga
<b>Espera</b>	Tiempo entre los estado de "Llegada" al sector y "Carga/Descarga" menos los 30 segundos del aculatamiento
<b>Viaje Lleno</b>	Tiempo entre los estados de asignación destino hasta la llegada al sector de Descarga
<b>Viaje Vacío</b>	Tiempo entre los estados de asignación destino hasta la llegada al sector de Carga

Cabe destacar que en Pelambres, el sistema entrega reportes sin mayores detalles del ciclo de transporte. Los reportes son generales e incluyen las sumas de los tiempos para designar ciertos estados. En la Figura 2-6 se tiene un ejemplo de la manera de reportar los datos.

Equipo	Fecha	Hora	Duracion	Estatus	Cod.	Categoria	status	Razon	Comentarios
Camion Summario de Estatus 28-MAY-15 A to 28-MAY-15 B									
CA99	28-MAY-15	13:37:43	0:19:22	Efectivo	100	Efectivo	Efectivo		Inicio Carga/Descarga
CA99	28-MAY-15	13:57:09	0:08:58	Efectivo	100	Efectivo	Efectivo		Inicio Carga/Descarga
CA99	28-MAY-15	16:14:05	0:15:31	Efectivo	100	Efectivo	Efectivo		
CA99	28-MAY-15	16:55:19	0:33:51	Efectivo	100	Efectivo	Efectivo		Inicio Carga/Descarga
CA99	28-MAY-15	17:29:29	0:07:05	Efectivo	100	Efectivo	Efectivo		Inicio Carga/Descarga
CA99	28-MAY-15	17:46:22	0:41:02	Efectivo	100	Efectivo	Efectivo		
CA99	28-MAY-15	18:33:30	0:21:54	Efectivo	100	Efectivo	Efectivo		Inicio Carga/Descarga
CA99	28-MAY-15	18:55:35	0:13:57	Efectivo	100	Efectivo	Efectivo		Inicio Carga/Descarga
CA99	28-MAY-15	19:13:14	0:33:31	Efectivo	100	Efectivo	Efectivo		Inicio Carga/Descarga
CA99	28-MAY-15	19:46:55	0:33:47	Efectivo	100	Efectivo	Efectivo		Inicio Carga/Descarga
Subtotal			593:58:24						
Y-15 B									
CA100	27-MAY-15	21:21:35	0:00:50	Efectivo	101	Demora Nprog	En Espera		Cola/Aculatamiento
CA100	27-MAY-15	21:29:06	0:06:45	Efectivo	101	Demora Nprog	En Espera		Cola/Aculatamiento
CA100	27-MAY-15	21:40:18	0:00:39	Efectivo	101	Demora Nprog	En Espera		Cola/Aculatamiento
CA100	27-MAY-15	21:51:33	0:00:16	Efectivo	101	Demora Nprog	En Espera		Cola/Aculatamiento
CA100	27-MAY-15	22:00:47	0:00:14	Efectivo	101	Demora Nprog	En Espera		Cola/Aculatamiento
CA100	27-MAY-15	22:08:06	0:00:09	Efectivo	101	Demora Nprog	En Espera		Cola/Aculatamiento
CA100	27-MAY-15	22:15:25	0:00:25	Efectivo	101	Demora Nprog	En Espera		Cola/Aculatamiento

Figura 2-6. Ejemplo de reportes entregado por Dispatch® para los tiempos del transporte

Para el estado “Efectivo” se tienen dos códigos (100 y 101). Para el código 100 se tiene que cada dato reportado es la suma de la Carga o Descarga más el viaje vacío o el viaje lleno. Para el código 101 se tiene que la suma del aculatamiento más la espera por cola.

Cabe mencionar que el sistema no reporta todos los tiempos ocurridos durante un ciclo real del transporte, puesto que puede que haya eventos que aumenten los tiempos. Por ejemplo, en los viajes lleno o vacío podría ocurrir algún tipo de obstrucción en ruta como interferencia de camiones por caminos angostos, mal estado de caminos, trabajos en ruta, etc., eventos que habitualmente no son contabilizados como tal y son agregados a los tiempos de viaje.

### 2.3.3. Match Pala-Camión; Teoría Óptima

Hay varias características del carguío y del transporte que hacen que la operación sea óptima y eficiente.

Para el carguío existen 2 formas teóricas de operar, una es a *Cancha Simple* y la otra es a *Cancha Doble*. La primera es la posición de la pala donde se puede cargar a un camión por un sólo lado y la Doble es la opción donde la pala tiene habilitado ambos costados por los que puede cargar a dos camiones.

La idea del *Match Pala-Camión* es tener los equipos de carguío y transporte en su máxima capacidad de trabajo lo que implica evitar a toda costa cualquier pérdida operacional que se pueda generar en la operación (principalmente esperas por cola de equipos o falta de estos). Por esto, se requiere un flujo controlado de camiones a cada pala para que haya intervalos ininterrumpidos de carga a camiones sin hacer colas de espera en las zonas de carga. Además, el balde de la pala no puede dejar esperando un camión por cargar, sino que la llegada del camión debe ser coincidente con la descarga del balde de la pala de forma sincronizada y simultánea. También durante el aculatamiento del camión, la pala



debiera preparar el llenado de su balde, el levante y giro, de manera que de manera simultánea, el camión finalice el acuatamiento e inmediatamente la pala vierta el material sobre la tolva, sin dejar espera por carga o espera por pala.

La Cancha doble se ve afectada por las condiciones operacionales y de seguridad que están en las frentes de carguío. En el caso de que se cumplan dichas condiciones, es sumamente recomendable utilizar el método de carga por Cancha Doble, puesto que los camiones tendrán una posibilidad extra de acuatamiento, existe un mayor espacio en el carguío, la pala cuenta con una frente más amplia teniendo una mayor capacidad de excavar en forma pareja y un avance secuencial y ordenado. Además se tiene un mayor rendimiento por parte de la pala, debido a que puede cargar por ambos lados, lo que disminuye los tiempos de acomodo y los tiempos no efectivos.

## 2.4. DETENCIONES PROGRAMADAS IMPORTANTES

En la mayoría de las operaciones mineras se tienen dos detenciones importantes que afectan a todas las operaciones unitarias y a las diferentes áreas de trabajo. Estas detenciones son el Cambio de Turno y la Colación.

Dispatch® calcula los tiempos de las detenciones mediante la resta aritmética de los cambios de estado que realizan los operadores al digitarlos en la consola del equipo. Estos tiempos son desde que se reporta el estado de detención hasta que se reporte que está nuevamente en efectivo, fuera de servicio o en reserva. En la Figura 2-7 se tiene un esquema de cálculo por Dispatch®.

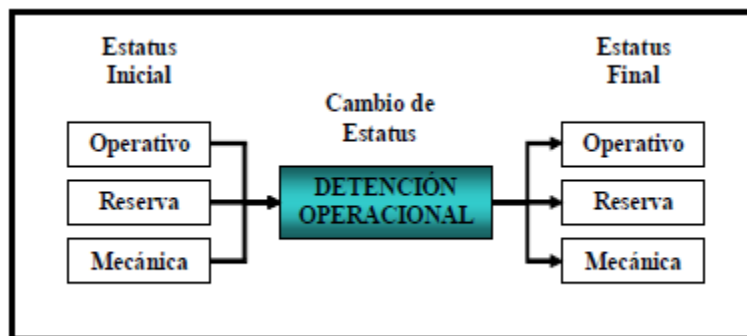


Figura 2-7. Medición de tiempos de las detenciones realizado por Dispatch®

### 2.4.1. Cambio de Turno

Es el tiempo empleado en realizar el cambio de operador al equipo una vez que finaliza el turno que está operando. Los operadores del turno saliente deben informar a los operadores del turno entrante las características, condiciones de la operación, eventualidades técnicas del equipo (razón de seguridad), y los caminos habilitados para efectuar el ciclo de transporte. Los operadores del turno saliente deben dejar los equipos en los patios habilitados para el estacionamiento y los operadores del turno entrante deben emprender el viaje a dichos patios para hacer el cambio.

### 2.4.2. Colación

Es el tiempo utilizado en almorzar o cenar. Por temas sindicales y de contrato, la colación debe ser de una (1) hora cronológica, por lo que los operadores no pueden tener menos de eso. Existen tiempos que son agregados al tiempo de colación como lo es el desplazamiento de los operadores desde que se bajan del equipo hasta que llegan (caminando) al comedor, considerándose un tiempo aproximado de diez (10) minutos de “caminata” al sector del comedor. Existen 3 comedores móviles en la operación, los cuales por un tema de distancia, se van asignando los operadores de acuerdo a un plan que tiene el despachador y les va diciendo a los operadores cuando ir a “colar” dentro de un rango de tiempo. Algunos operadores deben ser relevados para que no se interrumpa la operación. Los operadores de palas son siempre relevados en sus equipos hasta que terminan su hora de colación y vuelven al mismo equipo que comenzaron el turno. Los operadores de camiones si son relevados, una vez que terminan su colación, deben buscar un equipo que no cuente con operador para poder volver a la operación.

Es importante mencionar que por sistema la colación se mide desde que ingresan al sistema el estatus hasta que vuelven al equipo e ingresan que están en “Efectivo”. Muchas veces dentro de este tiempo se considera el traslado de ida al comedor móvil y el traslado de regreso a la operación, no considerándose este tiempo como un tiempo de traslado. Este fenómeno ocurre principalmente en los operadores de los camiones.

Para el turno de día, la colación contempla la totalidad del tiempo durante una sola vez en distintos bloques de tiempos los cuales va asignando el despachador. Para el turno de noche, la colación se divide en dos bloques, uno de cuarenta (40) minutos en la primera mitad del turno y otro de veinte (20) minutos en la segunda mitad del turno. El orden de las sub-colaciones puede intercambiarse de acuerdo a la decisión del operador.

## CAPÍTULO 3

---

### 3. DESARROLLO DEL ESTUDIO

En este capítulo se muestran los resultados y análisis obtenidos de los diferentes reportes otorgados por Dispatch, junto a los datos obtenidos en terreno. La presentación de los resultados se divide por área de la operación (flota de equipos, despacho, etc.) para un mejor orden en la presentación de éstos.

En base a las salidas a terreno y a los análisis de los reportes obtenidos de Dispatch® se obtiene la información necesaria para gestionar y generar propuestas de mejora en la operación que disminuyan las demoras y pérdidas operacionales. También se presentan datos relacionados a desafíos en la parte administrativa de la empresa, la gestión y toma de decisiones.

En resumen, se presenta información necesaria para poder generar propuestas de mejora tanto en la operación como también en la parte de gestión de Pelambres.

#### 3.1. GENERALIDADES

Se decide analizar las operaciones unitarias de carguío y transporte. Debido al cambio de ASARCO efectuado el 15 de abril de 2015, se hace un análisis del primer trimestre de 2015 y luego de los meses de mayo a agosto, es decir, no se considera el mes de abril, puesto que este presentó problemas en la reportabilidad y los datos entregados por Dispatch® estaban errados.

##### 3.1.1. Análisis Previo 2014

Se realiza un análisis global del 2014 para tener como referencia los eventos que generan más demoras dentro de la operación y se analiza la evolución del “Uso de la Disponibilidad” para familiarizarse con la mina. Se hace sólo un análisis para carguío y transporte sin ahondar en detalles.

##### 3.1.1.1. Carguío

Se parte por identificar los eventos que generan mayores demoras en el carguío. En el Gráfico 3-1 se muestran las demoras acumuladas de todo el 2014 en un gráfico de Pareto. En la Tabla 3-1 se observan los eventos identificados como otras demoras.

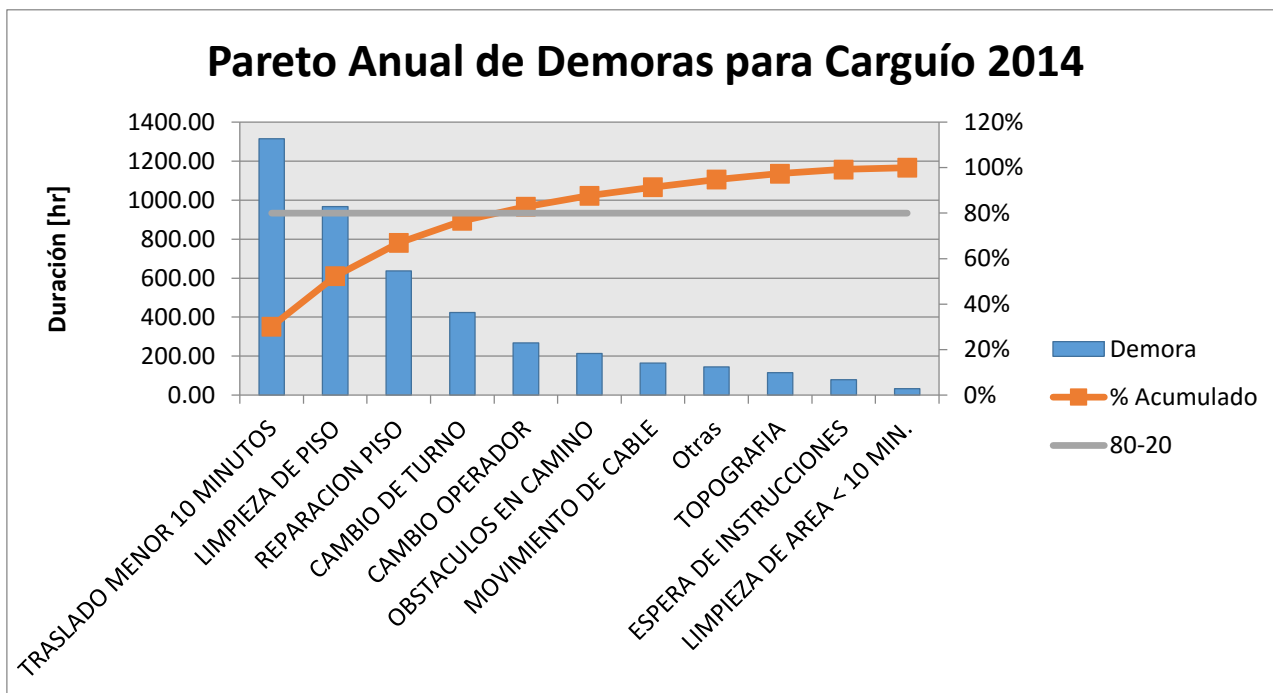


Gráfico 3-1. Pareto de las demoras acumuladas del año 2014 para carguío

Tabla 3-1. Demoras dentro del grupo de otras demoras del Pareto de carguío 2014

Demora	Duración [hr]
CHEQUEO OPER	23.74
MOV. CABLE ELECT. < 10 MINUTO	22.77
(en blanco)	19.42
CHEQUEOS POR MANTENCION	16.35
MOVIMIENTO DE EQUIPO	11.61
CAMBIO DE OPERADOR POR RELEVO	10.36
MALA CONDICION CLIMATICA	7.68
ESPERA POR TRONADURA	6.38
ESPERA POR RUTA BLOQUEADA	3.24
ESPERA OBSTACULOS EN FRENTE	3.09
ATOLLO CHANCADOR	2.99
ESPERA EN EL EQUIPO	2.72
CHARLA DE SEGURIDAD	2.47
REVISION DE PROBLEMA	2.15
ESPERA DE CAMIONES	2.07
ABASTECIMIENTO DE PETROLEO	1.66
REVISION DE PROBLEMA EQUIPO	1.18
ATRASO DE LA TRONADURA	1.04
CHANCADOR NO DISPONIBLE	0.97
ESPERA LIMP. FRENTE CARGUIO	0.65

Demora	Duración [hr]
ESPERA POR MOV. DE CABLE	0.47
ARREGLO DE MATERIALES	0.37
ESPERA POR DERRAMES EN RUTA	0.36
LIMPIEZA DEL EQUIPO	0.34
BOTADERO NO DISPONIBLE	0.31
MINA EN EMERGENCIA	0.14
MOV.EQUIPO CARGUIO	0.09

Es fácil observar que la demora que más influencia tiene en la operación es el traslado de los equipos. Le siguen la limpieza y reparación del piso. Si bien el traslado es la demora más significativa, es difícil poder interferir en una restructuración de este evento debido a que las condiciones y necesidades de la operación requieren de dichos traslados, pero habría que identificar si se tiene un buen plan de acción por parte de planificación. Sin embargo, la limpieza y reparación del piso de la frente de carguío son dos desafíos importantes que se pueden manejar y mejorar.

En el Gráfico 3-2 se observa un BoxPlot de las demoras más significativas para ver la variabilidad de cada evento del promedio mensual para el año 2014.

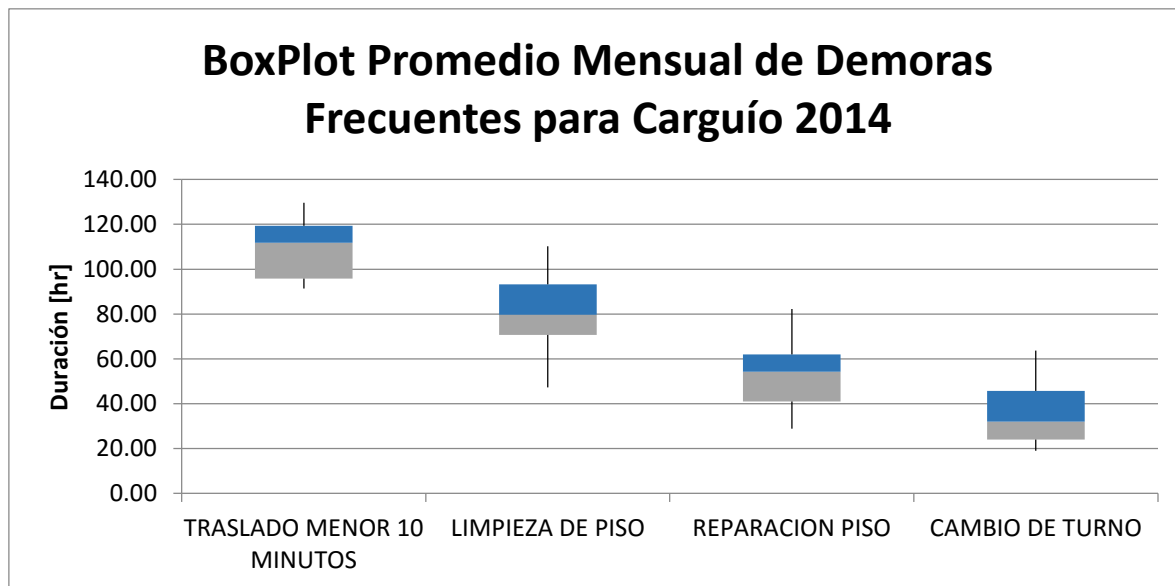


Gráfico 3-2. BoxPlot de las demoras más significativas para el carguío del 2014

Respecto al “Uso de la Disponibilidad” se tiene en el Gráfico 3-3 la evolución de éste índice a través del 2014.

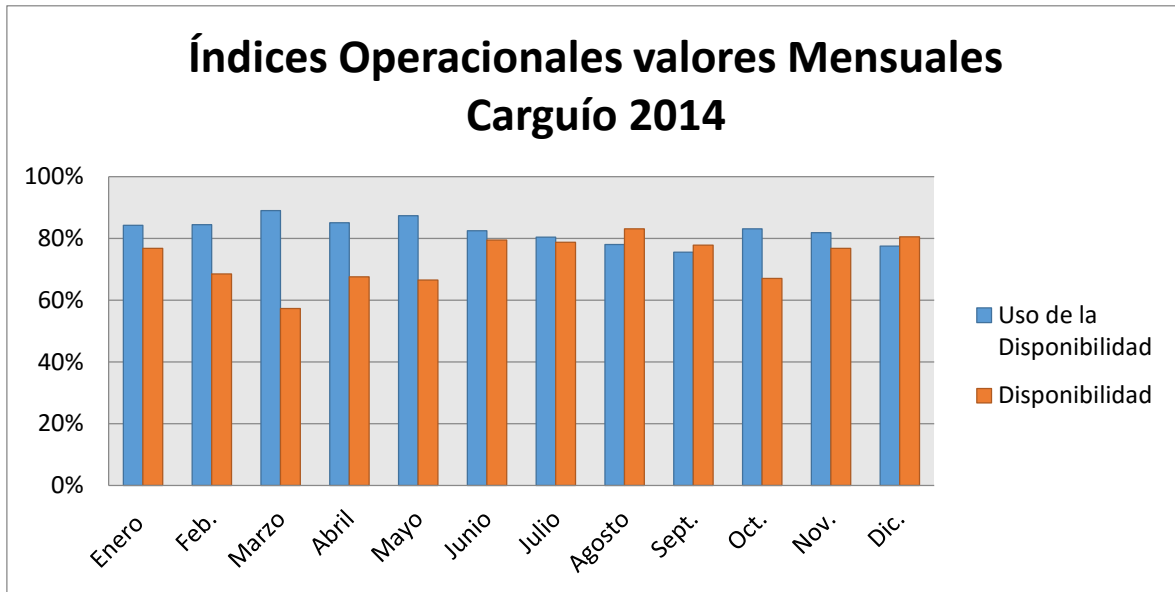


Gráfico 3-3. Evolución de los índices operacionales para carguío en el 2014

Del gráfico anterior se observa que hubo una baja considerable (84% a 76%) en el Uso de la Disponibilidad en los meses de junio hasta septiembre, lo que se pudo deber a las condiciones climáticas invernales de ese año.

También se observa que los meses que presentaron menores valores son agosto, septiembre y diciembre, que equivalen un cuarto del año que generaron la mayoría de la baja de éste índice.

3.1.1.2. *Transporte*

Para el transporte se hace el mismo estudio y análisis de los datos para el año 2014.

Siguiendo el procedimiento anterior, se identifican las demoras con mayor tiempo acumulado en el año 2014, las que se muestran en el Gráfico 3-4.

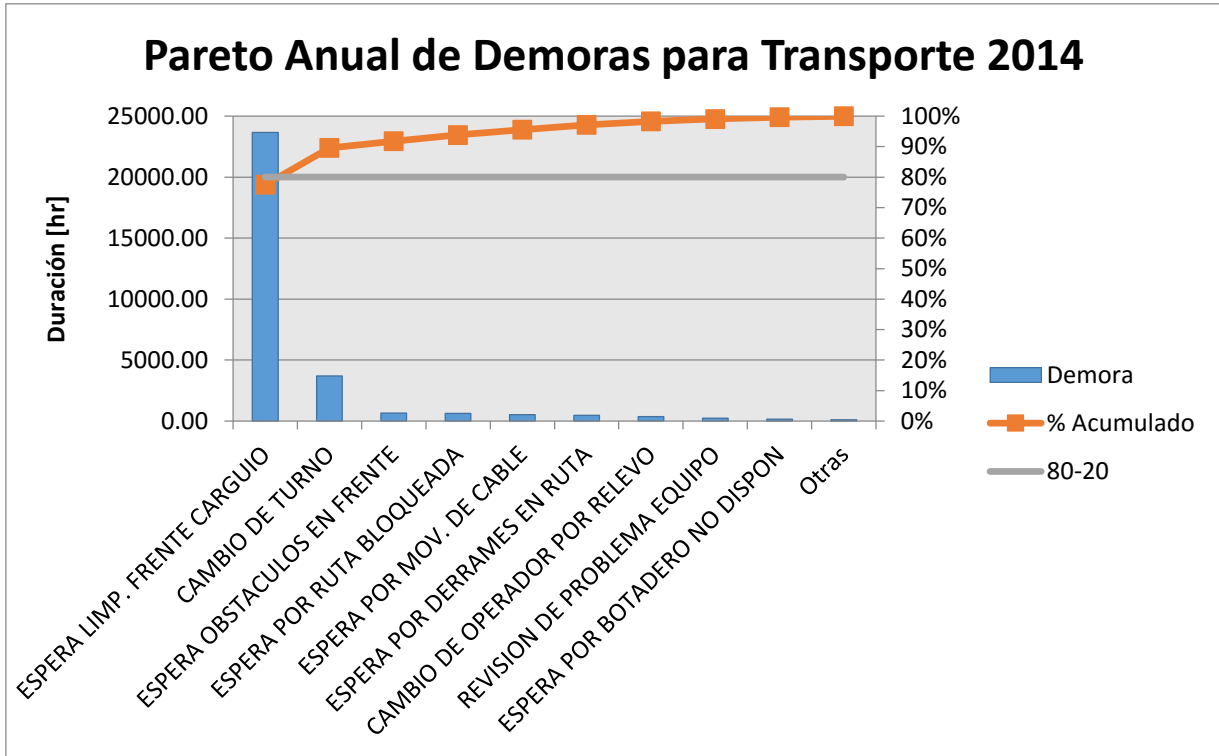


Gráfico 3-4. Pareto de las demoras acumuladas del año 2014 para transporte

Se observa sin lugar a dudas que la demora predominante en el año 2014 fue la espera por limpieza de la frente de carguío. Esta demora presenta un desafío importante a mejorar, puesto que si se gestiona de la manera correcta, se puede ahorrar una cantidad de tiempo considerable y de esa manera aumentar la Utilización efectiva en Base a Disponibilidad.

Si se compara el valor de este evento (23,674 horas) con la duración del resto de demoras (6,865 horas), puede que sesgue el análisis, por lo que se decide separar este tiempo y hacer el mismo análisis para el resto de las demoras. En el Gráfico 3-5 se muestra esta observación.

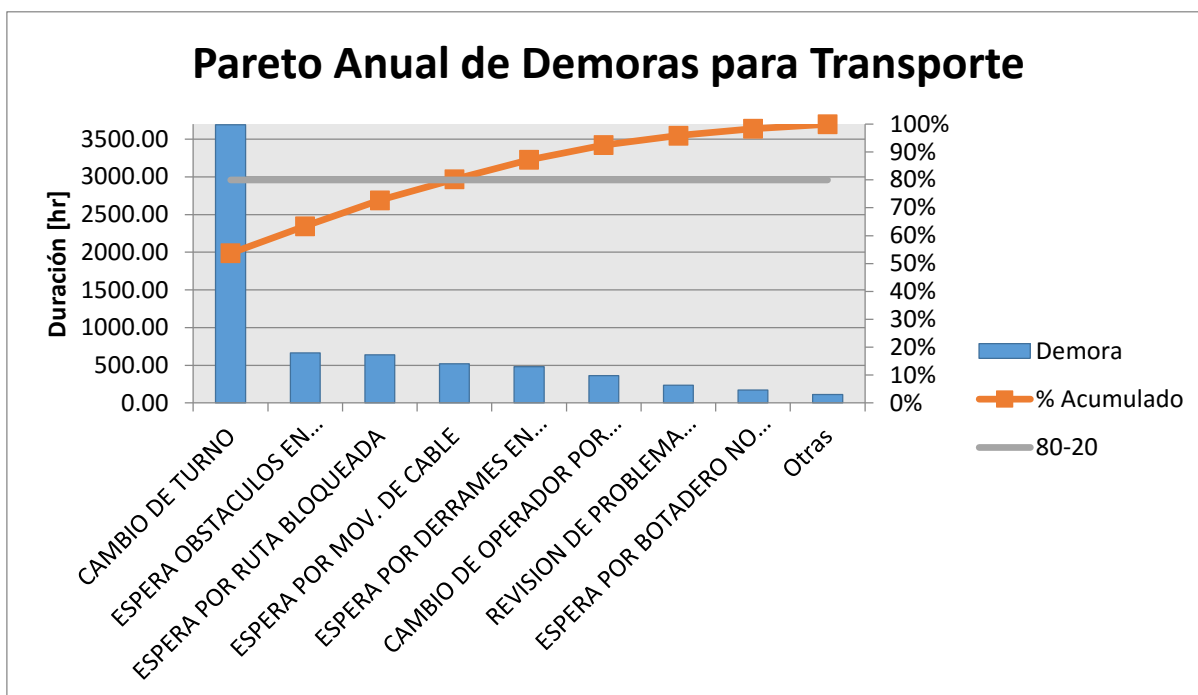


Gráfico 3-5. Pareto de las demoras acumuladas del año 2014 para transporte sin considerar la limpieza de frente

De este gráfico se puede apreciar que el cambio de turno también presenta un desafío de mejora. La espera por obstáculos en la frente y por ruta bloqueada están relacionadas, donde también se pueden generar mejoras en estos eventos.

En la Tabla 3-2 se muestran las demoras dentro de la categoría otras.

Tabla 3-2. Demoras dentro del grupo de otras demoras del Pareto de transporte 2014

Demora	Duración [hr]
ESPERA EN EL EQUIPO	15.71
OBSTACULOS EN CAMINO	13.53
(en blanco)	13.05
LIMPIEZA DE AREA < 10 MIN.	12.32
LIMPIEZA DE PISO	10.94
ATOLLO CHANCADOR	7.04
MALA CONDICION CLIMATICA	7.02
REVISION DE PROBLEMA	4.62
CHEQUEOS POR MANTENCION	4.49
CHEQUEO OPER	3.77
MOVIMIENTO DE EQUIPO	3.08
BOTADERO NO DISPONIBLE	2.42
TRASLADO MENOR 10 MINUTOS	1.65
ESPERA POR TRONADURA	1.61
MOV. CABLE ELECT. < 10 MINUTO	1.45



### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Demora	Duración [hr]
ESPERA DE INSTRUCCIONES	1.33
MOVIMIENTO DE CABLE	1.29
REVISION EQUIPO POR OPERADOR	1.02
CHANCADOR NO DISPONIBLE	0.92
TOPOGRAFIA	0.71
CAMBIO OPERADOR	0.68
REPARACION PISO	0.50
PILA ALTA	0.41
CHARLA DE SEGURIDAD	0.28
FALLA EQUIPO CARGUIO	0.27
PRUEBAS	0.18
REPASO DE POZO	0.10
ARREGLO DE MATERIALES	0.08
LIMPIEZA DEL EQUIPO	0.05
MINA EN EMERGENCIA	0.04

En la Figura 3-1 se observan los BoxPlot de las demoras con mayores tiempos para el transporte.

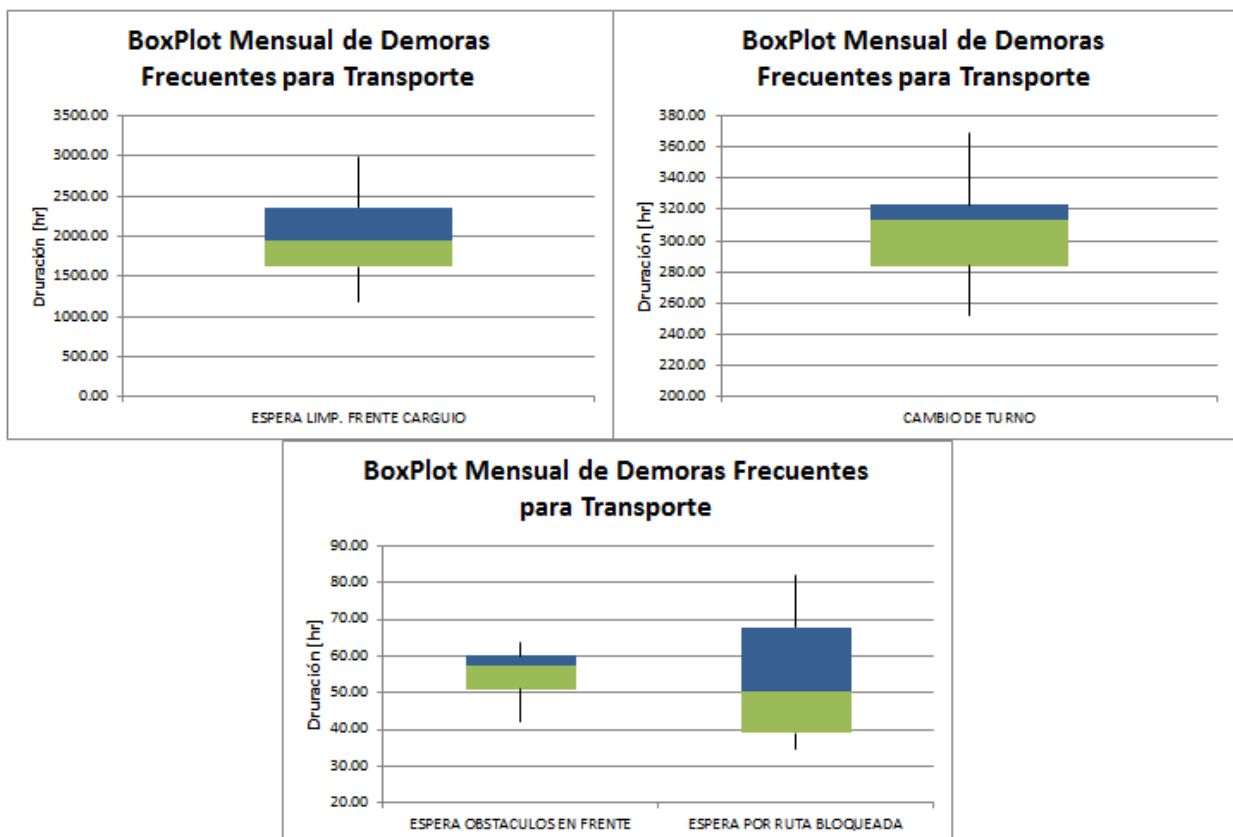


Figura 3-1. BoxPlot de las demoras más significativas para el transporte del 2014

De la figura anterior se observa que la espera por limpieza de frente presenta una dispersión hacia los valores más altos, al igual que el cambio de turno, pero para este último se tiene que la mediana está cercana a los valores más altos, lo que implica que el 25% de los datos comprendidos entre el segundo y tercer cuartil ocupan un menor tramo en la escala (los valores están más próximos).

En el Gráfico 3-6 se muestra la evolución de la disponibilidad y del uso de la disponibilidad del año 2014.

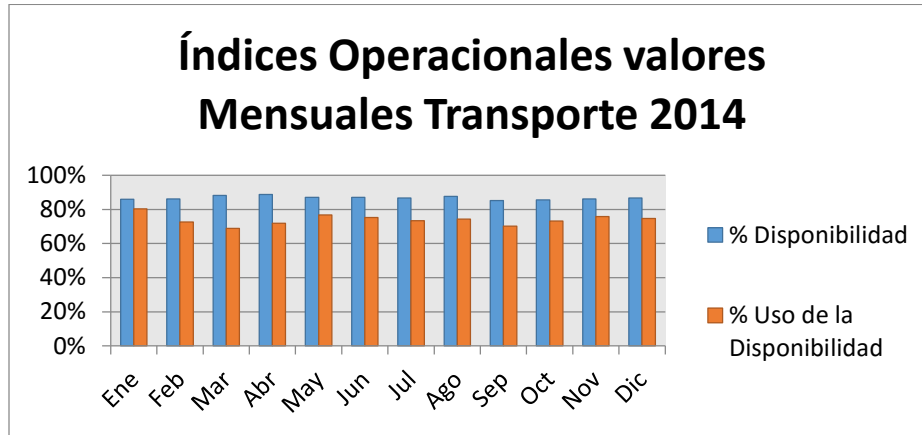


Gráfico 3-6. Evolución de los índices operacionales para transporte en el 2014

Se observa que el uso de la disponibilidad a través del 2014 fue variante, no presentó patrones característicos.

También se aprecia que los meses que concentran la disminución del uso de la disponibilidad son marzo, abril y septiembre.

### 3.1.2. Resumen Análisis 2014

Cabe destacar que debido al cambio del ASARCO, varios eventos que en el antiguo ASARCO MLP se consideraban como reservas, en el nuevo ASARCO AMSA se consideran como demora, es por ello que se hizo el mismo análisis previo de las demoras para las reservas arrojando los siguientes resultados en forma resumida.

Tabla 3-3. Resumen de opciones de mejora para carguío y transporte respecto año 2014

Carguío 2014		Transporte 2014	
Demoras	Reservas	Demoras	Reservas
Traslado Menor 10 Min	Colación	Espera Limp. Frente Carguío	No Requerido Con Operador
Limpieza De Piso	Traslado > 15 Min	Cambio De Turno	Colación En Cabina
Reparación Piso	Tronadura	Espera Obstáculos En Frente	Colación En Comedor
Cambio De Turno	Espera En El Equipo	Espera Por Ruta Bloqueada	No Requerido Sin Operador
	Limpieza área de trabajo		Sin operador disponible

### 3.2. DESARROLLO Y ANÁLISIS 2015

De acuerdo a la metodología empleada, se hace un análisis de los datos proporcionados por Dispatch® y luego se procede a ir a terreno a validarlos y a inspeccionar las prácticas de la operación, enfocándose en las demoras predominantes previamente estudiadas.

Cabe mencionar que el estudio hecho se hizo una vez que el cambio de ASARCO se realizó, debido a que no es posible comparar ambos ASARCOS, puesto que utilizan diferentes tipos de variables (operativas v/s efectivas). El cambio se hizo el 15 de abril de 2015, por lo que los datos utilizados de los meses de enero a abril son una conversión que hace de forma automática el sistema, asignando los tiempos de acuerdo a los nuevos códigos. Por esto, el estudio sólo se realizó considerando 2 períodos: enero, febrero y marzo como los meses convertidos al nuevo ASARCO y los meses de mayo, junio, julio y agosto como los meses con datos reales. Se excluye el mes de abril, ya que contiene datos reales y convertidos, lo que al realizar un estudio al mes completo, no se puede trabajar de manera correcta.

#### 3.2.1. Caso Base 2015

A modo de referencia para comparar los datos obtenidos, se utiliza el Caso Base 2015 de Pelambres. Este presenta los valores propuestos para los siguientes años de los principales índices operacionales, así como los tiempos principales de las flotas. En la sección Anexo B se encuentran los datos del caso base 2015 de las flotas de carguío y transporte.

Para comenzar el estudio, se obtienen los tiempos de Dispatch® para realizar una comparación entre los datos reales y los propuestos en el Caso Base 2015 para carguío y transporte.

##### 3.2.1.1. *Primeros Pasos: Carguío*

Se utiliza el diagrama del nuevo ASARCO AMSA como distribución del tiempo del carguío para un mejor manejo de los datos y una posible mejor gestión futura. Como se mencionó al comienzo de la sección, el primer trimestre es una conversión de los datos del antiguo ASARCO MLP al nuevo ASARCO AMSA. Debido a esto, se hace una comparación del primer trimestre con los datos propuestos en el Caso Base 2015. Para los meses de mayo, junio y julio se hace un estudio por separado, puesto que son datos confiables y ameritan un análisis más profundo por el objetivo de la memoria.

En la Figura 3-2 se muestra una comparación de los tiempos reales (convertidos) promedios diarios con los datos propuestos en el Caso Base 2015 para el primer trimestre del 2015.

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Real					Presupuesto					
Nominal					Nominal					
24.0					24.0					
Disponible				Mec & Elec	Disponible				Mec & Elec	
17.9				6.1	19.0				5.0	
Operativo			Reserva	Operativo			Reserva			
14.9			3.0	18.5			0.5			
Efectivo	DP	DNP	PO	Efectivo		DP	DNP	PO		
5.6	1.5	1.8	6.0	7.1		1.1	3.3	7.0		

Palas	Real	Ppto
UEBD	31%	37%
(DEM + PO)/DISP	52%	60%
RES/DISP	17%	2%

Figura 3-2. Comparación de datos reales (convertidos) con datos propuestos en Caso Base 2015 para carguío

El objetivo de la Figura anterior es identificar donde se encuentran las mayores desviaciones para luego realizar el análisis correspondiente. Se observa que para el primer trimestre del 2015 se logró un bajo tiempo efectivo debido al mayor tiempo utilizado en las demoras programadas. Sin embargo, este valor es bastante inferior al propuesto, puesto que relacionándolo con el tiempo operativo, se observa que hubo un tiempo excesivo en las reservas, las cuales disminuyen el tiempo operativo que tiene por consecuencia la disminución del tiempo efectivo. Esto se refleja en una disminución de la UEBD en 6 puntos.

Para el carguío habría que enfocarse en primera instancia en las demoras programadas.

#### 3.2.1.2. Primero Pasos: Transporte

Utilizando la misma metodología de distribuir los tiempos de acuerdo al nuevo ASARCO, en la Figura 3-3 se tiene la comparación de los datos reales (convertidos) con los propuestos del primer trimestre 2015.

Real					Presupuesto					
Nominal					Nominal					
24.0					24.0					
Disponible				Mec & Elec	Disponible				Mec & Elec	
21.1				2.9	20.2				3.8	
Operativo			Reserva	Operativo			Reserva			
15.7			5.4	18.9			1.2			
Efectivo	DP	DNP	PO	Efectivo		DP	DNP	PO		
8.3	1.4	1.7	4.2	13.4		2.5	1.7	1.3		

Transporte	Real	Ppto
UEBD	40%	66%
DEM + PO/DISP	35%	28%
RES/DISP	26%	6%
Disp	87.9%	84.0%

Figura 3-3. Comparación de datos reales (convertidos) con datos propuestos en Caso Base 2015 para transporte

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

De la Figura anterior se pueden identificar las pérdidas operacionales como las que presentan una mayor desviación con respecto a los datos propuestos. Al igual que en carguío, también se tiene un tiempo excesivo en el uso de reservas, lo que repercute en el tiempo efectivo.

Para el transporte, en primera instancia se tendrá que enfocar en las pérdidas operacionales.

#### 3.2.2. Carguío

Profundizando más en el análisis y estudio de la UEBD para el carguío, se procede a evaluar los meses de mayo a julio, puesto que son los más representativos del nuevo ASARCO AMSA a lo que Dispatch® proporciona datos reales de este período.

Cabe destacar que para la flota de carguío se tienen 4 tipos de equipos: 2 tipos de cargadores frontales (Letourneau L1850 y L2350) y 2 tipos de palas de cables (P&H 4100A y 4100XPB, 4100XPC), pero el estudio se realizó para toda la flota en conjunto.

Bajo la observación anterior, debería analizarse por tipo de equipo y no por flota. Sin embargo, el análisis realizado sirve para tener nociones sobre la situación actual de la flota presentándose desafíos importantes de mejora.

##### 3.2.2.1. Mayo

En la Figura 3-4 se tiene la distribución de tiempos en la forma del nuevo ASARCO para compararlos con los datos propuestos en el caso base 2015. Estos datos sirven como un antecedente inicial para enfocarse en los eventos que causen una baja en la UEBD.

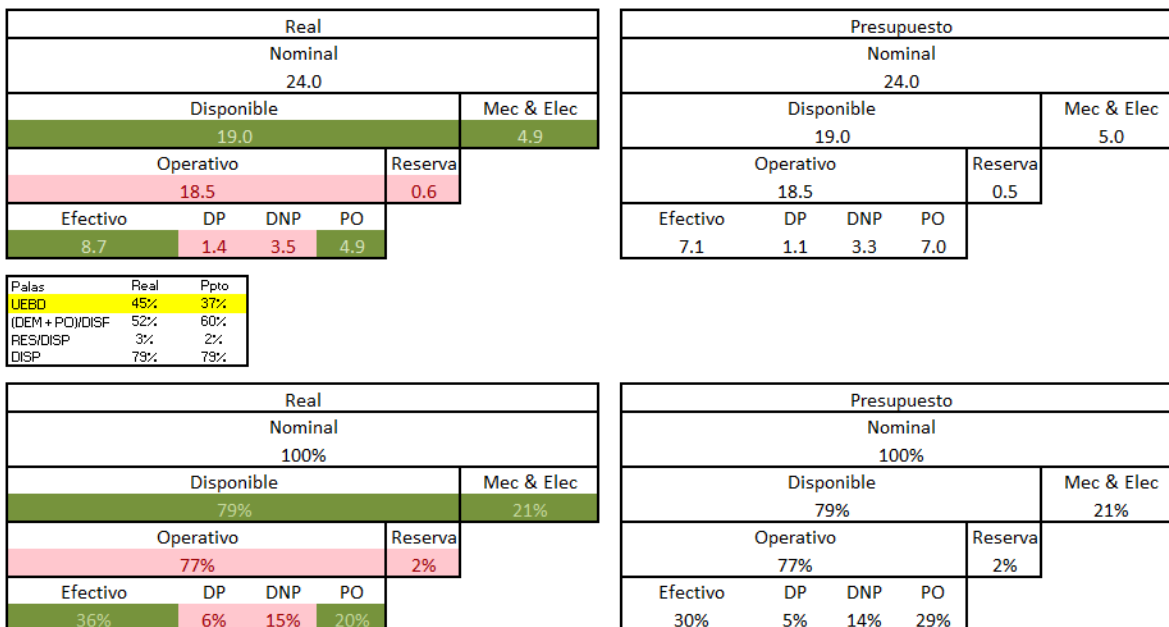


Figura 3-4. Distribución de tiempos reales de mayo comparados con los propuestos para carguío

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Se aprecia que los tiempos obtenidos están dentro de los márgenes aceptables. Es más, la UEBD para mayo de la flota de carguío esta un 8% sobre la UEBD propuesta. No obstante, se observa que las demoras (programadas y no programadas) utilizan más tiempo de lo presupuestado, por lo que es necesario identificar y analizar el porqué de esas alzas.

En base a lo anterior, en el Gráfico 3-7 se tiene un Pareto con los tiempos promedios de las demoras más significativas para mayo en el carguío. En la Tabla 3-4 se encuentran las demoras que se adjuntan en la categoría otras.

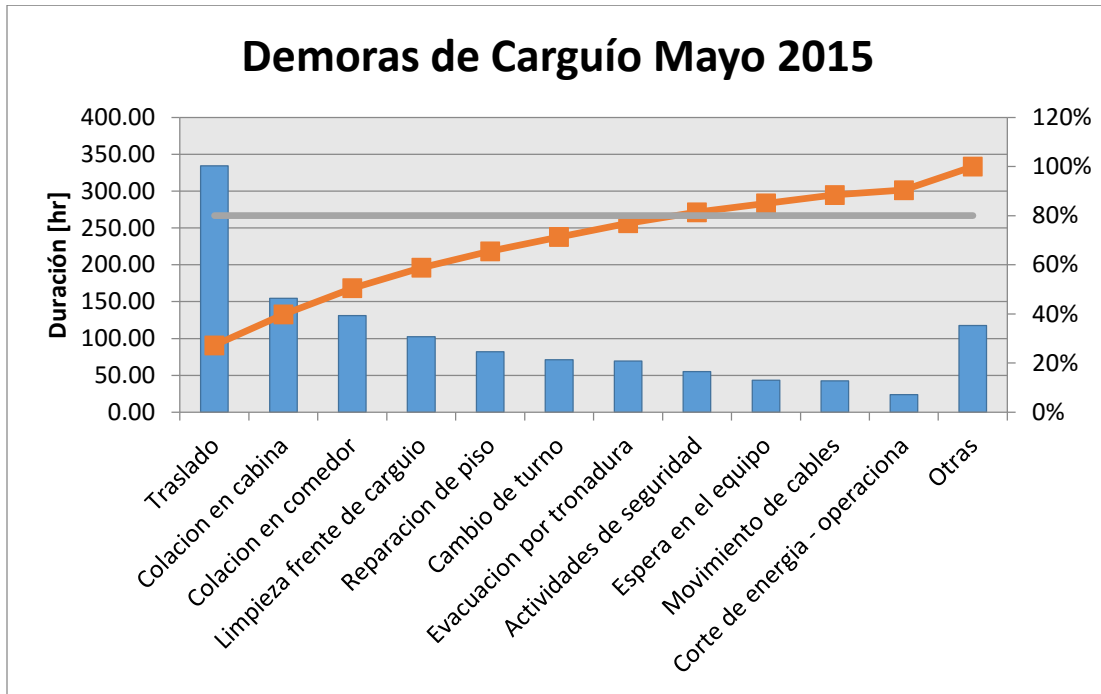


Gráfico 3-7. Pareto de las demoras del carguío para mayo 2015

Tabla 3-4. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de carguío mayo 2015

Demora	Duración [hr]
Detección de falla	20.79
Relevo de operador	12.03
Análisis de riesgos	11.58
Pista obstruida	10.54
Espera después de tronadura	8.64
Topografía	8.56
Entregado por mantención	7.84
Espera de eléctricos	6.91
Stock pile lleno	6.07
Espera por atollo chancador	5.92
Punto de trabajo obstruido	5.74
Sin frente de carguío	5.20

## CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Demora	Duración [hr]
Aseo del equipo	4.03
Carga de combustible	2.29
Revisión de equipo por operad	0.76
Eq de carguío en demora	0.30
Atollo	0.29
Postura/Retiro de cadenas	0.10
Sin camiones	0.03
Detector de metales	0.03

Del Gráfico 3-7 se puede observar que la demora más significativa es el traslado de los equipos con 334 horas. Esta variable depende de las condiciones de la mina y del área de planificación la cual decide las posiciones de las palas de acuerdo a las necesidades de la operación. Le siguen las colaciones las cuales por temas contractuales y de sindicatos son difíciles de trabajar en el corto plazo. También se encuentran las demoras por limpieza de frente y reparación de piso de la frente de carguío. Estas últimas demoras se pueden analizar para tener un control sobre ellas por lo que se deben tener presentes una vez que se vaya a revisar a terreno.

De acuerdo al Pareto anterior, se tienen 6 demoras significativas. En la Tabla 3-5 se tienen estas demoras con sus respectivos tiempos promedios para mayo.

*Tabla 3-5. Resumen de las demoras con mayores tiempos para carguío mayo 2015*

	Traslado	Colación en cabina	Colación en comedor	Limpieza frente carguío	Reparación de Piso	Cambio de Turno
<b>Promedio por equipo [hr/mes]</b>	41.78	19.30	16.37	12.82	10.26	8.91
<b>Promedio por día [hr]</b>	1.35	0.62	0.53	0.41	0.33	0.29
<b>Promedio por día [min]</b>	80.87	37.36	31.69	24.81	19.85	17.25

De la Tabla anterior se tiene que el traslado corresponde aproximadamente a un 39% de las demoras no programadas. El resto de las demoras presentan valores normales dentro de cualquier operación de similares características.

### 3.2.2.2. Junio

Se continúa con el mismo procedimiento anterior. En la Figura 3-5 se tiene la comparación de la distribución de tiempos para el mes de junio.

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

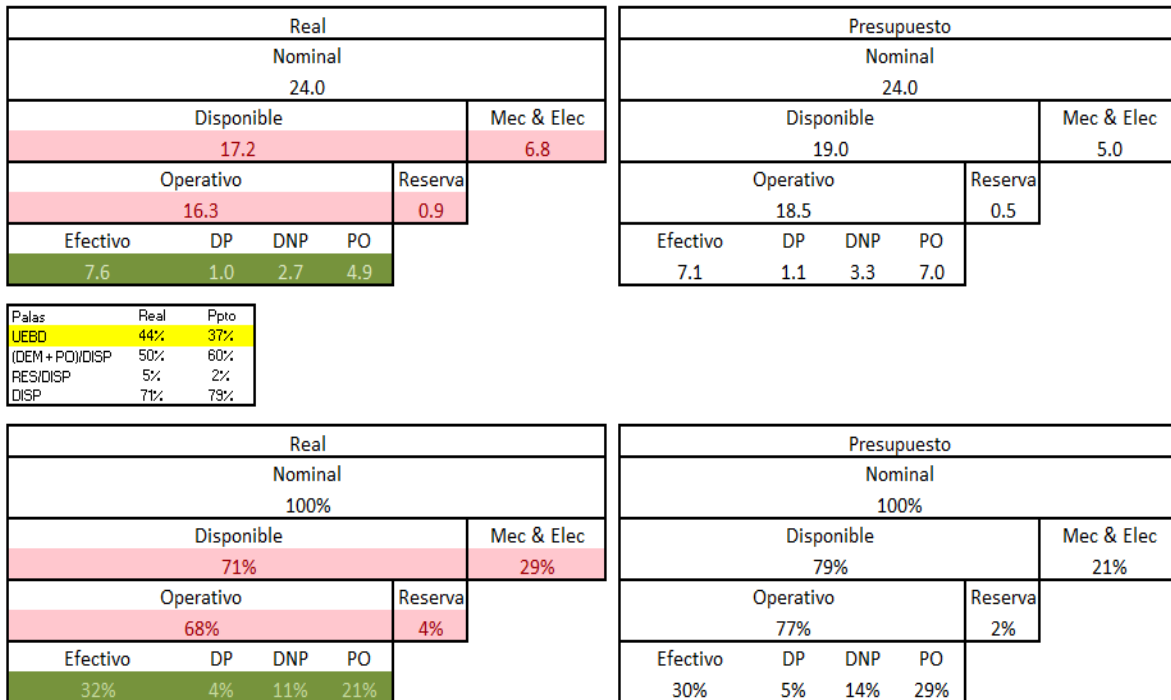


Figura 3-5. Distribución de tiempos reales de junio comparados con los propuestos para carguío

De la Figura 3-5 se observan para la flota valores positivos para las pérdidas operaciones y las demoras en comparación al presupuesto, junto a un tiempo efectivo mayor. Se aprecia una utilización de tiempo superior al presupuesto en las reservas y mantenencias, pero estos tiempos no afectan directamente a la UEBD por lo que están fuera del alcance.

Se realiza un Pareto de las demoras para el mes de junio 2015 reflejado en el Gráfico 3-8. En la Tabla 3-6 se tienen las demoras dentro de la categoría otras.

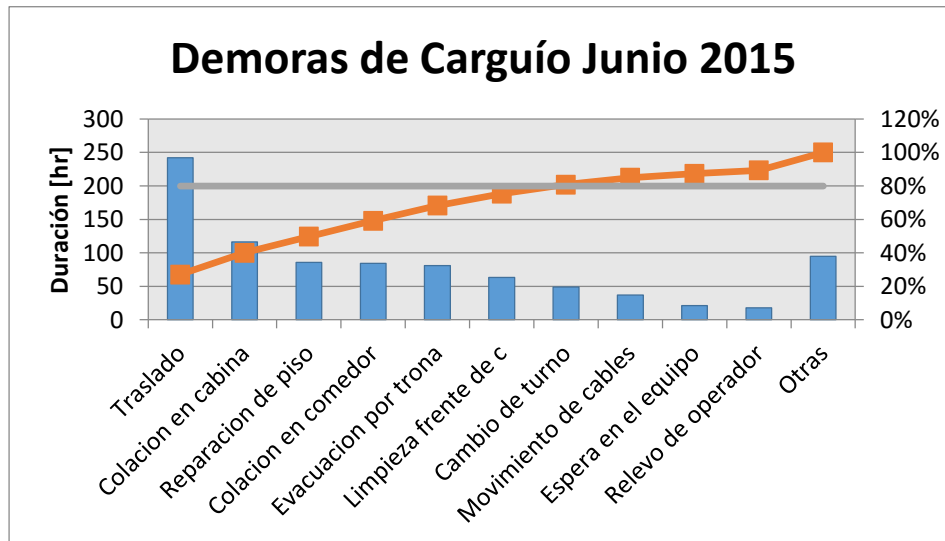


Gráfico 3-8. Pareto de las demoras del carguío para junio 2015



### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Tabla 3-6. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de carguío junio 2015

Demora	Duración [hr]
Detección de falla	13.32
Espera de eléctricos	11.99
Corte de energía - o	10.49
Espera por atollo ch	9.77
Pista obstruida	8.55
Topografía	7.87
Entregado por mantención	6.53
Punto de trabajo obs	6.44
Actividades de segur	5.62
Sin frente de carguío	4.80
Carga de combustible	2.82
Aseo del equipo	2.34
Análisis de riesgos	2.10
Revisión de equipo p	0.81
Espera después de tron	0.64
Eq de carguío en dem	0.31
Sin camiones	0.28
Atollo	0.15
Espera de petróleo	0.09
Sin señal satelital	0.05

Del Gráfico 3-8 se observa que el traslado sigue siendo la demora más significativa con 242 horas en el mes. También se tiene la demora por reparación de piso como la tercera demora con mayor tiempo. Hay que tener en consideración esta última demora cuando se vaya a terreno, puesto que este tipo de demoras también interfiere indirectamente a la flota de transporte.

En la Tabla 3-7 se tienen las demoras más significativas del Pareto del mes de junio y sus tiempos promedios.

Tabla 3-7. Resumen de las demoras con mayores tiempos para carguío junio 2015

	Traslado	Colación en cabina	Reparación de Piso	Colación en comedor	Evacuación por tronadura	Limpieza frente carguío
<b>Promedio por equipo [hr/mes]</b>	30.26	14.54	10.70	10.56	10.15	7.91
<b>Promedio por día [hr]</b>	1.01	0.48	0.36	0.35	0.34	0.26
<b>Promedio por día [min]</b>	60.52	29.08	21.40	21.12	20.30	15.82

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

De la Tabla anterior se observa que el traslado disminuyó 20 minutos con respecto a mayo del 2015 y representa aproximadamente un 37% de las demoras no programadas. La reparación del piso de la frente de carguío corresponde aproximadamente un 13% de las demoras no programadas que es muy similar al tiempo utilizado en la evacuación por tronadura.

Independiente de que para junio los tiempos hayan sido positivos, hay que observar el comportamiento del traslado y de las demoras que se generen por reparación de piso o de limpieza de frente, puesto que influyen indirectamente al transporte.

#### 3.2.2.3. Julio

Para el mes de julio en la Figura 3-6 se tiene la distribución de tiempos promedios y la comparación con los tiempos propuestos.

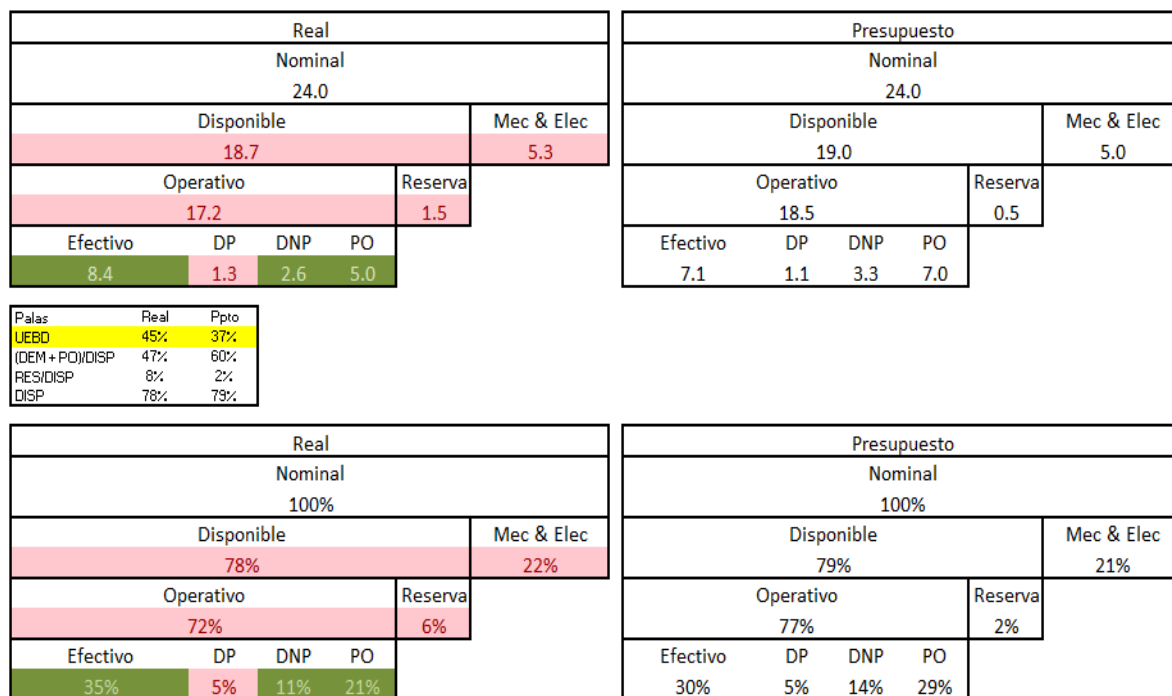


Figura 3-6. Distribución de tiempos reales de julio comparados con los propuestos para carguío

Se puede apreciar de la Figura anterior que continuó la tendencia de no exceder las pérdidas operacionales y de disminuir las demoras no programadas. Sin embargo las demoras programadas aumentaron y superaron los tiempos propuestos por el caso base 2015. Cabe destacar que la UEBD esta con un 8% más que la presupuestada, lo que indica una buena gestión por parte de la operación.

Se hace un Pareto con la demoras para identificar las más significativas del mes de julio. En el Gráfico 3-9 se tiene el Pareto y en la Tabla 3-8 las demoras dentro de la categoría otras.

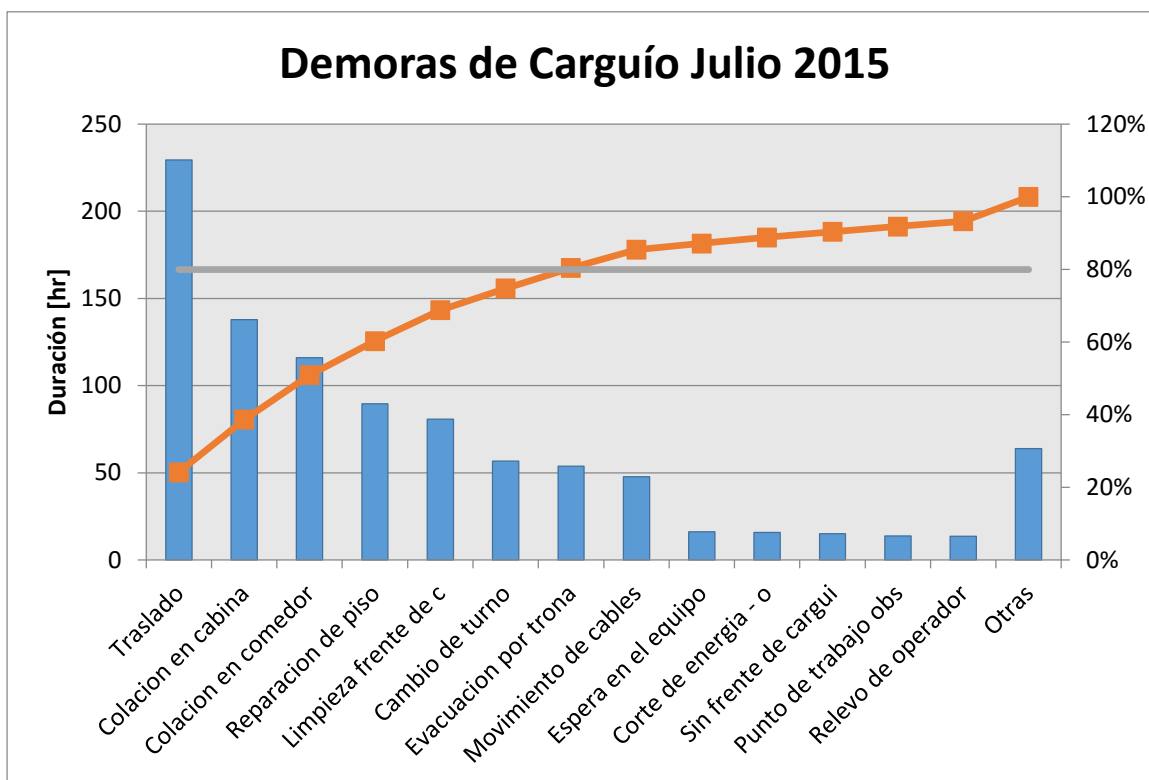


Gráfico 3-9. Pareto de las demoras del carguío para julio 2015

Tabla 3-8. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de carguío julio 2015

Demora	Duración [hr]
Topografía	10.36
Actividades de seguridad	8.10
Espera por atollo chancado	8.02
Detección de falla	7.01
Espera de eléctricos	6.42
Entregado por mantención	5.96
Pista obstruida	5.84
Análisis de riesgos	5.20
Carga de combustible	3.95
Aseo del equipo	1.06
Atollo	0.97
Espera después de tronadura	0.62
Revisión de equipo p	0.44

Del Gráfico 3-9 se observa la tendencia de que el traslado es la demora no programada con mayor incidencia con 229.5 horas. También se aprecia que en tercer y cuarto lugar se tienen demoras relacionadas a la frente de carguío, lo que

## CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

amerita un análisis en terreno para identificar las variables que originan este tipo de demoras.

Finalmente en la Tabla 3-9 se tiene un resumen con las demoras que tienen mayores tiempos para julio 2015, de acuerdo al Pareto anterior.

Tabla 3-9. Resumen de las demoras con mayores tiempos para carguío julio 2015

	Traslado	Colación en cabina	Colación en comedor	Reparación de piso	Limpieza frente carguío	Cambio de Turno
Promedio por equipo [hr]	28.68	17.24	14.51	11.18	10.09	7.08
Promedio por día [hr]	0.93	0.56	0.47	0.36	0.33	0.23
Promedio por día [min]	55.51	33.37	28.08	21.64	19.53	13.70

De la Tabla anterior se observa que el traslado mejoró con respecto a los meses anteriores y corresponde aproximadamente a un 36% de las demoras no programadas. Cabe mencionar que el traslado ha tenido una reducción sostenida en estos 3 meses analizados, desde 334 a 229 horas. Las colaciones se mantienen dentro de los rangos de tiempo esperados, los cuales no se puede trabajar al corto plazo. También se aprecia que la reparación de piso se mantiene constante a través del tiempo y que la limpieza de frente de carguío aumentó con respecto al mes anterior.

### 3.2.3. Transporte

Al igual que para el carguío, sólo se analizan los datos proporcionados por Dispatch® de los meses de mayo a julio por un tema de confiabilidad de los datos.

#### 3.2.3.1. Mayo

Como antecedente inicial, en la Figura 3-7 se muestra la distribución de tiempos promedios diarios de la flota de transporte para el mes de mayo.

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Real					Presupuesto				
Nominal					Nominal				
24.0					24.0				
Disponible				Mec & Elec	Disponible				Mec & Elec
21.3				2.7	20.2				3.8
Operativo				Reserva	Operativo				Reserva
18.9				2.4	18.9				1.2
Efectivo	DP	DNP	PO		Efectivo	DP	DNP	PO	
12.1	2.0	2.1	2.7		13.4	2.5	1.7	1.3	

Transporte	Real	Ppto
UEBD	56.3%	66.3%
DEM + POII	31.9%	27.6%
RES/DISP	11.2%	6.1%
Disp	88.6%	84.0%

Real					Presupuesto				
Nominal					Nominal				
100%					100%				
Disponible				Mec & Elec	Disponible				Mec & Elec
89%				11%	84%				16%
Operativo				Reserva	Operativo				Reserva
79%				10%	79%				5%
Efectivo	DP	DNP	PO		Efectivo	DP	DNP	PO	
50%	8%	9%	11%		56%	10%	7%	6%	

Figura 3-7. Distribución de tiempos reales de mayo comparados con los propuestos para transporte

A diferencia de los datos del primer trimestre de 2015 (datos convertidos), se observa que las demoras programadas tienen mejores tiempos a los propuestos. También se aprecia la utilización excesiva de tiempo en pérdidas operacionales. Respecto a las demoras no programadas, también se aprecia mayor tiempo que el del caso base 2015.

Este tipo de observaciones tienen que tenerse en cuenta al momento de ir a validar los datos a terreno para verificar y justificar estos tiempos que disminuyen la UEED.

Siguiendo con el análisis de datos, se hace un Pareto con todas las demoras para el mes de mayo con el fin de identificar las con mayores tiempos en la operación. En el Gráfico 3-10 se tiene un Pareto con las demoras del mes de mayo para el transporte y en la Tabla 3-10 se muestran las demoras dentro de la categoría otras.

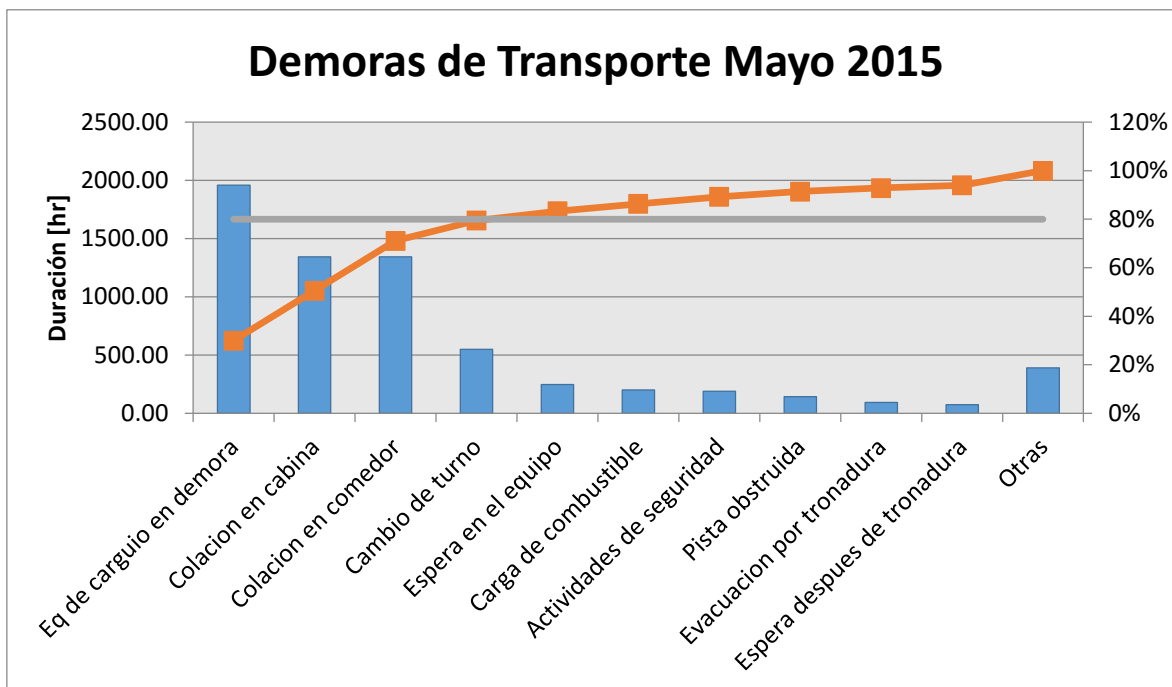


Gráfico 3-10. Pareto de las demoras del transporte para mayo 2015

Tabla 3-10. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de transporte mayo 2015

Demora	Duración [hr]
Uso en entrenamiento	69.95
Baño	50.88
Traslado	46.89
Punto de trabajo obstruido	46.59
Espera de petroleo	45.06
Postura/Retiro de cadenas	28.05
Análisis de riesgos	24.91
Corte de energía - operacional	21.22
Relevo de operador	15.49
Espera por atollo chancador	13.86
Revisión de equipo por operad	9.37
Aseo del equipo	8.59
Detección de falla	4.98
Limpieza frente de carguío	4.85
Entregado por mantención	0.27

Del gráfico anterior se puede observar que la demora más significativa en tiempos es la espera por equipo de carguío en demora con 1,960 horas, que al relacionarlo al primer trimestre, se puede ver un nexo de este evento con el de la espera por limpieza de frente. Le siguen los tiempos de colación y cambio de turno, pero de

acuerdo a la Figura 3-7, las demoras programadas están dentro de los tiempos presupuestados, por ende, sólo se debe enfocar en analizar la espera por equipo de carguío en demora.

A modo de resumen en la Tabla 3-11 se tiene las demoras más significativas para mayo con sus tiempos promedios diarios.

*Tabla 3-11. Resumen de las demoras con mayores tiempos para transporte mayo 2015*

	<b>Eq de carguío en demora</b>	<b>Colación en cabina</b>	<b>Colación en comedor</b>	<b>Cambio de Turno</b>
<b>Promedio por equipo [hr/mes]</b>	37.70	25.85	25.82	10.57
<b>Promedio por día [hr]</b>	1.22	0.83	0.83	0.34
<b>Promedio por día [min]</b>	72.96	50.03	49.97	20.46

Se observa que de las 2.1 horas que se emplean como demoras no programadas, 1.22 horas corresponden al tiempo de equipo de carguío en demora, lo que corresponde aproximadamente un 58% del total. Bajo estas condiciones, se encuentra un desafío importante en mejorar estos tiempos para aumentar el tiempo efectivo y así aumentar la UEED.

### **3.2.3.2. Junio**

Al igual que en mayo en la Figura 3-8 se encuentran los valores de los antecedentes iniciales para el mes de junio de 2015.

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Real					Presupuesto				
Nominal					Nominal				
24.0					24.0				
Disponibile				Mec & Elec	Disponibile				Mec & Elec
21.0				3.0	20.2				3.8
Operativo				Reserva	Operativo				Reserva
18.4				2.6	18.9				1.2
Efectivo	DP	DNP	PO		Efectivo	DP	DNP	PO	
12.0	1.8	1.8	2.8		13.4	2.5	1.7	1.3	

Transporte	Real	Ppto
UEBD	57.1%	66.3%
DEM + PDM	30.7%	27.6%
RES/DISP	12.2%	6.1%
Disp	87.5%	84.0%

Real					Presupuesto				
Nominal					Nominal				
100%					100%				
Disponibile				Mec & Elec	Disponibile				Mec & Elec
88%				12%	84%				16%
Operativo				Reserva	Operativo				Reserva
77%				11%	79%				5%
Efectivo	DP	DNP	PO		Efectivo	DP	DNP	PO	
50%	8%	8%	12%		56%	10%	7%	6%	

Figura 3-8. Distribución de tiempos reales de junio comparados con los propuestos para transporte

De la figura anterior se puede observar que para junio ocurre el mismo fenómeno que para mayo. Se tiene un excesivo tiempo en las pérdidas operacionales. También se tiene una mayor utilización de tiempo en las demoras no programadas. Como observación al margen, las reservas siguen teniendo tiempos demasiado altos respecto a los propuestos.

Se tiene que tener cuidado y énfasis en el análisis de las pérdidas operacionales en terreno, puesto que se aprecia una tendencia a ser estos eventos los causantes de las bajas en la UEBD.

Luego se ahonda en el análisis de los datos de junio para identificar las demoras significativas. En el Gráfico 3-11 se tiene un Pareto con las demoras del mes de junio de 2015. En la Tabla 3-12 se encuentran los datos correspondientes a las demoras que están en la categoría otras del Pareto del Gráfico 3-11.



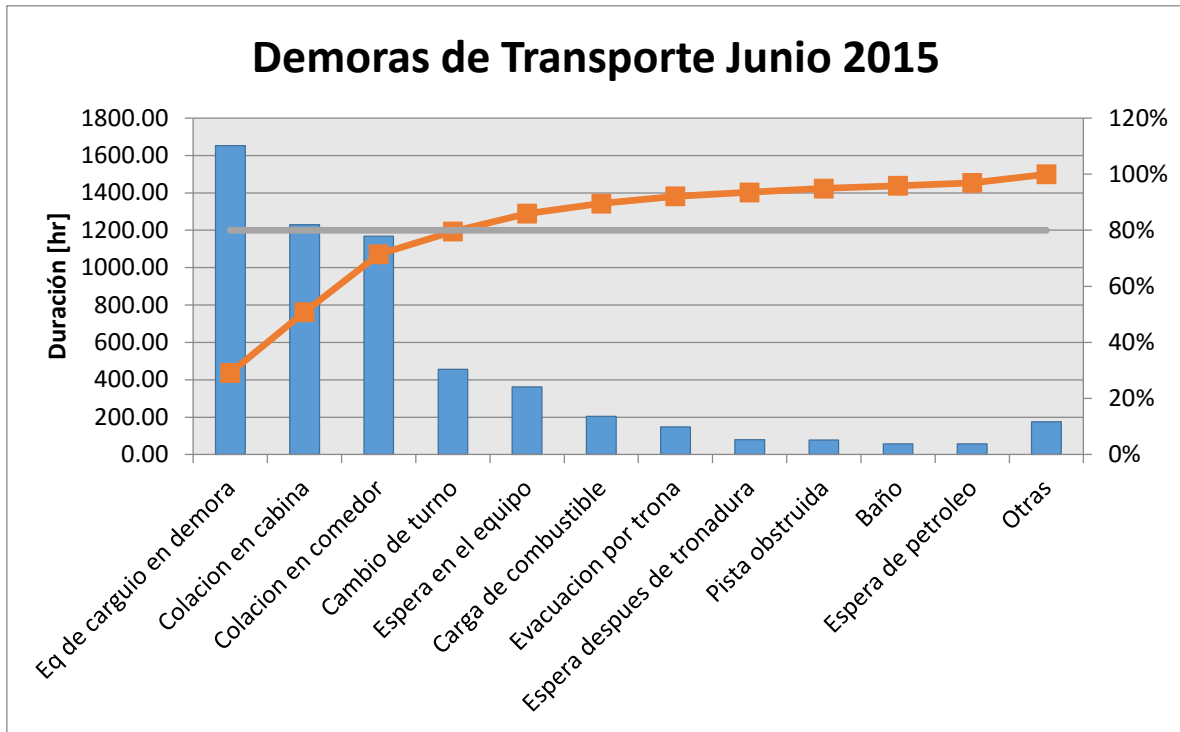


Gráfico 3-11. Pareto de las demoras del transporte para junio 2015

Tabla 3-12. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de transporte junio 2015

Demora	Duración [hr]
Traslado	39.41
Uso en entrenamiento	20.35
Postura/Retiro de cadenas	20.04
Espera por atollo chancado	19.82
Relevo de operador	15.15
Punto de trabajo obstruido	15.10
Revisión de equipo p	11.16
Detección de falla	11.00
Actividades de seguridad	8.67
Aseo del equipo	5.76
Movimiento de cables	3.79
(en blanco)	2.13
Entregado por mantención	1.26
Reparación de piso	0.73
Atollo	0.43
Limpieza frente de carguío	0.32

Al igual que para el mes de mayo, la demora que mayor tiempo tiene es la de espera por equipo de carguío en demora con 1,652 horas. Luego los mayores

## CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

tiempos continúan siendo la colación y el cambio de turno, pero de acuerdo a los presupuestado en el caso base 2015 de la Figura 3-8, son positivos para la operación. Por esta razón el estudio se enfocará en el análisis de la demora de transporte por espera de equipo de carguío en demora.

Para resumir las demoras y los tiempos que presentan en el mes de junio, en la Tabla 3-13 se presentan las demoras más significativas y sus tiempos promedios.

*Tabla 3-13. Resumen de las demoras con mayores tiempos para transporte junio 2015*

	<b>Eq de carguío en demora</b>	<b>Colación en cabina</b>	<b>Colación en comedor</b>	<b>Cambio de Turno</b>
<b>Promedio por equipo [hr/mes]</b>	31.78	23.64	22.47	8.78
<b>Promedio por día [hr]</b>	1.06	0.79	0.75	0.29
<b>Promedio por día [min]</b>	63.56	47.28	44.94	17.56

De la Tabla 3-13 se puede observar que a diferencia de mayo, los valores son inferiores, pero la tendencia es la misma en cuanto a las demoras con mayores tiempos. La espera por equipo de carguío en demora, representa aproximadamente un 59% de las 1.8 horas que tiene como promedio junio para las demoras no programadas.

### 3.2.3.3. Julio

Se sigue el mismo procedimiento que para los meses anteriores, en la Figura 3-9 se tienen los datos de los antecedentes iniciales para el mes de julio 2015.

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Real					Presupuesto				
Nominal					Nominal				
24.0					24.0				
Disponible				Mec & Elec	Disponible				Mec & Elec
20.8				3.2	20.2				3.8
Operativo				Reserva	Operativo				Reserva
17.5				3.3	18.9				1.2
Efectivo	DP	DNP	PO		Efectivo	DP	DNP	PO	
11.1	1.8	1.7	2.9		13.4	2.5	1.7	1.3	

Transporte	Real	Ppto
UEBD	53.5%	66.3%
DEM+POH	30.8%	27.6%
RES/DISP	15.7%	6.1%
Disp	86.7%	84.0%

Real					Presupuesto				
Nominal					Nominal				
100%					100%				
Disponible				Mec & Elec	Disponible				Mec & Elec
87%				13%	84%				16%
Operativo				Reserva	Operativo				Reserva
73%				14%	79%				5%
Efectivo	DP	DNP	PO		Efectivo	DP	DNP	PO	
46%	8%	7%	12%		56%	10%	7%	6%	

Figura 3-9. Distribución de tiempos reales de julio comparados con los propuestos para transporte

Al analizar la figura anterior se puede decir que sigue la tendencia en tener tiempos excesivos para las pérdidas operacionales y a diferencia de los meses anteriores, en julio se cumplen los tiempos propuestos tanto para las demoras programadas como para las no programadas, lo que significa que hubo mejorías.

Al analizar los 3 meses, se observa que se pasó de tener un promedio de 2.1 horas diarias en demoras no programadas a 1.7 horas, que es lo que se sugiere en lo presupuesto en el caso base 2015.

De todas maneras se debe tener presente el análisis de las demoras no programadas, puesto que influyen directamente en la disminución de la UEBD.

Continuando con el análisis de julio, en el Gráfico 3-12 se tiene el Pareto de demoras para el mes de julio de 2015 y en la Tabla 3-14 se encuentran las demoras de la categoría otras.

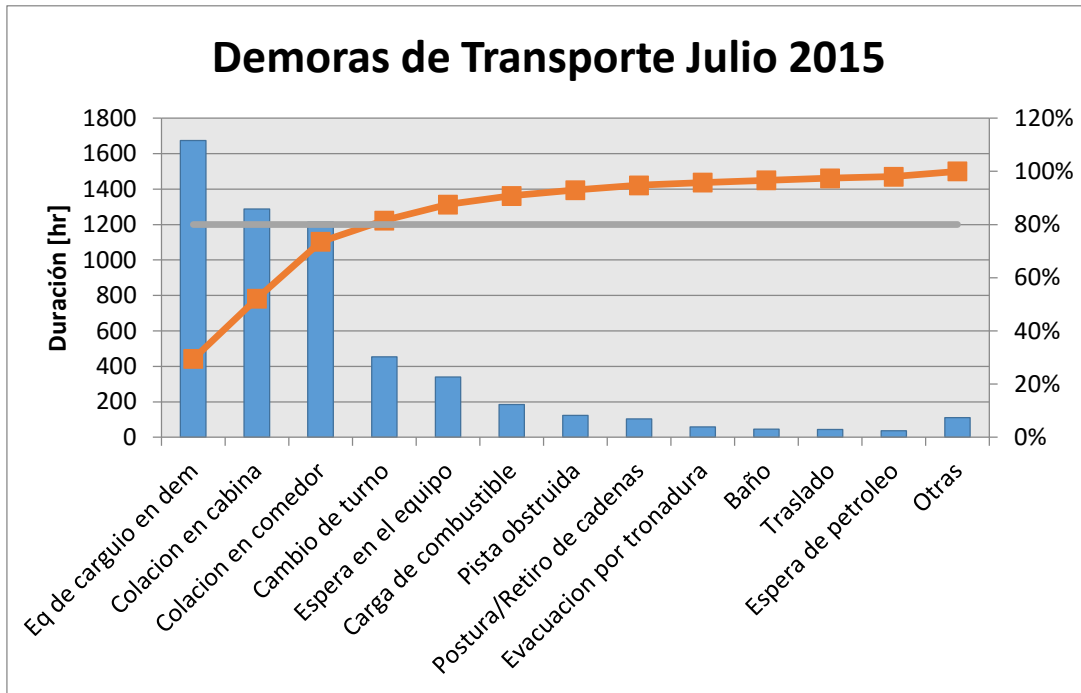


Gráfico 3-12. Pareto de las demoras del transporte para julio 2015

Tabla 3-14. Demoras dentro de la categoría otras para Pareto de transporte julio 2015

Demora	Duración [hr]
Espera por atollo chancado	30.91
Punto de trabajo obstruido	16.08
Relevo de operador	13.39
Revisión de equipo p	11.71
Análisis de riesgos	9.91
Espera después de tronadura	7.19
Actividades de seguridad	6.64
Aseo del equipo	4.38
Uso en entrenamiento	4.15
Limpieza frente de carguío	2.43
Detección de falla	1.88
Entregado por mantención	1.15
Movimiento de cables	0.87

Al analizar las demoras de manera individual, se aprecia que se repite la tendencia de los meses anteriores. El evento con mayor tiempo es la espera por equipo de carguío en demora con 1673 horas, las que le siguen las colaciones y el cambio de turno.

Se debe tener cuidado con los tiempos del evento equipo de carguío en demora, ya que se presenta como una tendencia en el año de ser la demora que presenta

mayor tiempo, a la cual se le puede gestionar de manera correcta para disminuir estos tiempos y aumentar la UEBD.

Finalmente a modo de resumen en la Tabla 3-15 se encuentran los tiempos promedios de las demoras más significativas para el mes de julio de 2015.

*Tabla 3-15. Resumen de las demoras con mayores tiempos para transporte julio 2015*

	<b>Eq de carguío en demora</b>	<b>Colación en cabina</b>	<b>Colación en comedor</b>	<b>Cambio de Turno</b>
<b>Promedio por equipo [hr/mes]</b>	32.19	24.76	23.32	8.72
<b>Promedio por día [hr]</b>	1.04	0.80	0.75	0.28
<b>Promedio por día [min]</b>	62.30	47.92	45.14	16.88

De la Tabla anterior se observa que el tiempo por espera de equipo de carguío en demora es menor que en los meses anteriores, no obstante no se puede decir que está dentro de valores esperados. Este tiempo corresponde aproximadamente a un 61% de las 1.7 horas registradas en demoras no programadas en julio, por lo que se debe tener un seguimiento de este. Para las colaciones y cambio de turno se mantiene la idea de no intervenir mucho, debido a que sus tiempos no se escapan de los valores propuestos en el caso base 2015.

### **3.2.4. Síntesis del Desarrollo y Análisis 2015**

Al examinar los 3 meses para el carguío se puede observar que la UEBD se mantuvo en porcentajes sobre a los propuestos por el caso base 2015, por lo que hay que focalizar los esfuerzos en mantener o mejorar dichos valores e identificar las prácticas benéficas para replicarlas. Sin embargo, se percató que la demora predominante que tenía tiempos promedios altos era el traslado. Como se mencionó anteriormente, esta demora no se puede trabajar mucho en el corto plazo debido a que los movimientos de las palas son planificados de acuerdo a las necesidades de la secuencia de explotación, donde bajo ciertas condiciones intrínsecas de la mina y las necesidades de producción, es necesario trasladarlas de una frente de carguío a otra, sobre todo con los cargadores frontales que tienen menor rendimiento, pero una mejor movilidad.

También se observa el hecho de que se tienen 2 demoras relacionadas con la frente de carguío (reparación piso y limpieza frente), las cuales deben ser analizadas en terreno para identificar las variables que generan estas demoras y estudiar el hecho de mejorar dichos tiempos.

Con respecto al transporte, al analizar los 3 meses, se observa que todos tienen a la espera por equipo de carguío en demora como el tiempo más significativo dentro de las demoras, interviniendo directamente en la disminución de la UEBD. Se tiene que tener presente este evento una vez que se vaya a terreno para

identificar las posibles causas que generen esta demora en reiteradas oportunidades en los diferentes turnos.

Con respecto a las demoras programadas como las colaciones y el cambio de turno, no influyen mucho en la UEBD, puesto que se encuentran en valores más bajos a los propuestos en el caso base 2015. Además, el tema de la colación y cambio de turno se analiza de manera contractual, lo que interfieren los sindicatos de los operadores, por lo que si se quiere implementar una propuesta de mejora a estos temas, se necesita de más tiempo y de más jerarquía dentro de la empresa minera.

### **3.3. LEVANTAMIENTO DE DATOS EN TERRENO**

Se efectuaron diferentes salidas a terreno a la mina, donde se estuvo en la sala del chancador 1, se subió a diferentes camiones de extracción y a las palas de cable y cargadores frontales. También se visitó la sala de despacho de la mina para ir familiarizándose con la operación diaria y obtener información de las necesidades que tuviesen.

Para una mejor lectura y entendimiento del levantamiento de datos, estos serán por área, puesto que cada unidad tiene necesidades diferentes, donde algunas se relacionan y otras dependen netamente de los desafíos que presentan dichas áreas.

#### **3.3.1. Desafíos para Chancado**

Pelambres tiene dos salas de chancadores primarios (sala chancado 1 y sala chancado 2), las cuales poseen cada una un martillo picador para solucionar los atollos en el “apex” de los chancadores.

El objetivo de este levantamiento en terreno busca informar los datos obtenidos de los tiempos que emplea un camión CAEX 930E al descargar el mineral en la sala del chancador 1. La toma de datos fue realizada durante los días 14 de Mayo de 2015 a 19 de Mayo de 2015, todos correspondientes al turno B. Se pretende registrar y analizar los tiempos que tiene un camión CAEX 930E al descargar el mineral en el chancador 1, con el propósito de identificar las pérdidas operacionales y demoras. Además, identificar eventos que no sean registrados por Dispatch® para tener una noción del registro de datos.

Se coordinó la visita con Wilson Lara, jefe de despacho, quien contactó al jefe de chancado del turno, Ricardo Cárdenas, el cual consiguió el equipo necesario para estar en el área designada, junto con guiar al alumno en las distintas operaciones del chancado.

Una vez en la sala de chancado, se identificó el sub-ciclo que realiza el camión al descargar el mineral que corresponde a la explicación descrita en la página 25, sección 2.3.2.1 de esta memoria.

En la sala de chancado hay 2 operadores propios de Pelambres, los cuales se complementan en las diferentes tareas durante el día. Para la colación, se tienen dos bloques, el primero de 13:00 a 14:00, donde queda sólo un operador en la sala de chancado y el otro bloque de 14:00 a 15:00, donde se intercambian los operadores.

Se hizo un análisis del ciclo del chancado cruzado al ciclo de los camiones y por otro lado se hizo un análisis de las pérdidas operacionales (esperas por cola) por separado.

**3.3.1.1. Pérdidas Operacionales de los CAEX en Chancado**

Para tener un mejor análisis de las pérdidas operacionales, se estudian por separado, debido a que en Dispatch no se tiene un registro exacto de estos tiempos ni tampoco de los aculatamientos que se consideran como una pérdida operacional.

En el estudio se individualizan las pérdidas operacionales de los camiones que tienen que hacer cola para descargar a chancado. Se tomaron 111 tiempos durante estos 5 días, por lo que la Tabla con todos los datos se encuentra en la sección de Anexo B en la

Tabla 7-3.

En la Tabla 3-16 se tiene como resultado el promedio de esperas de forma global (considera los camiones que no tuvieron que esperar) y el promedio de las colas propiamente tal (no considera los camiones que no tuvieron esperas).

*Tabla 3-16. Promedio de las esperas de camiones en chancado*

	<b>Espera [min]</b>	<b>Espera [hr]</b>
<b>Promedio Global</b>	2.03	0.03
<b>Promedio de Colas</b>	4.70	0.08

De la

Tabla 7-3, los camiones no tuvieron esperas en el rango horario de las 12:00 a las 14:00 aproximadamente. Posiblemente se deba a los bloques de colación que tienen los operadores o a las distancias que hay entre las frentes de carguío y el chancador. Además, se puede deber a dificultades, esperas y/o demoras que hayan tenido los equipos de carguío a esas horas respectivas que haya aumentado los tiempos de ciclo en los camiones, puesto que no había un flujo constante de camiones, llegaban a intervalos de tiempo por lo que no tenían que esperar.

Al observar los datos de la Tabla 3-16 se tiene que el promedio general de las colas es de 2.03 minutos por camión al llegar al chancador, lo que es superior al minuto (1) propuesto por el Budget. Al prestar atención al promedio de colas, se

tiene un tiempo promedio excesivo de esperas individualizadas, puesto que algunas veces, los camiones tuvieron que esperar aproximadamente 7 minutos para descargar el mineral por temas de atollo y mala gestión por parte de los operadores de chancado y despacho.

**3.3.1.2. Acuatamiento, espera y descarga de los CAEX en Chancado**

Como se mencionó anteriormente, también se midieron los tiempos de los camiones al ingresar al área de chancado. Estos tiempos medidos corresponden al acuatamiento de los camiones al llegar al lugar para acomodarse a descargar el mineral en el chancador. También, se midieron los tiempos de la espera de los CAEX que tuvieron que efectuar una vez que estaban en posición de descarga, pero que la sala de chancado no le daba la orden para depositar el mineral y el tiempo de descarga que se demoraban los camiones al descargar el mineral. En la Tabla 3-17 se tienen los promedios medidos de estos tiempos.

Cabe mencionar que en algunas oportunidades los camiones debieron ser reasignados debido a problemas en el chancador 1 por temas de atollo. En algunas ocasiones al disminuir las rocas que sobrepasaban el “apex” del chancador, se empleaba un tiempo mayor al habitual por el hecho de que el material enviado al chancador era primario.

*Tabla 3-17. Tiempo promedio del acuatamiento, espera y descarga de los CAEX en Chancado*

	<b>Acuatamiento [min]</b>	<b>Espera a Chancado [min]</b>	<b>Descarga [min]</b>
<b>Tiempo Promedio por CAEX</b>	0.64	2.24	1.43

Al observar los tiempos promedios, se percata que la espera que deben efectuar los camiones antes de que la sala de chancado le dé el paso de descarga, es bastante. Este tiempo no se mide en Dispatch® por separado, se considera como tiempo de pérdida operacional y se le asocia al camión, puesto que para el chancado se está trabajando en efectivo mientras que el camión está aumentando su tiempo de ciclo operativo. Si bien para el camión es una pérdida operacional esta espera, de todas formas debería individualizarse este tiempo para tener una mejor gestión sobre la operación de chancado, ya que de esta área depende mejorar este tiempo.

El tiempo promedio de descarga en el chancado tiene un valor sobre lo habitual, debido a que en los días que se midieron estos tiempos, se tenía material primario principalmente, lo que conllevaba que los camiones tuvieran mayor cantidad de “bolones” en la carga, lo que repercutía en atollos en el chancador o en mayores tiempos de descarga, puesto que se debe descargar el mineral con cuidado y de a pocas cantidades sobre el chancador, lo que también afecta la espera a descarga en chancado.

Otro punto a considerar es que después de la tronadura, se observó una mayor cantidad de camiones con material primario y con rocas que superaban el metro y



medio de diámetro. Esta situación hizo que los operadores de chancado tuvieran mayor cuidado en sus decisiones con los camiones, lo que repercute directamente en el tiempo de operación, puesto que se demoraban en tomar decisiones y/o hacían esperar un tiempo significativo a algunos camiones que presentaban rocas de gran tamaño dándole prioridad a los camiones que no tuvieran problemas con la granulometría de sus cargas. Estas decisiones las tomaban en base a cumplir con los planes que se les establecían a chancado sin importar las consecuencias que tomarían dichas decisiones en los tiempos de los camiones.

### 3.3.1.3. Validación de los datos de chancado

A continuación se procede a validar los datos obtenidos en terreno con los datos proporcionados por el sistema Dispatch®.

Debido a la complejidad de la obtención de los datos por Dispatch®, se decide comparar los camiones más representativos de la muestra. Para ello se escogen los camiones con mayores llegadas al chancador. Los camiones seleccionados son el 54, 65, 68 y 77. Cabe destacar que para los tiempos medidos totales, se consideró en el caso del código 101, la suma de la cola más el Aculatamiento y para el caso del código 100, la suma de la descarga más la espera a chancado para inicio de ésta, ya que Dispatch® no separa los tiempos de forma individual. Tampoco se validan todos los datos medidos, sino que una porción pequeña de ellos para tener una idea global de lo que sucede en esta área de la operación.

#### Camión 54

Para todas las validaciones se tuvo que relacionar 3 reportes de Dispatch® con el fin de identificar la hora en que descargaban los camiones y de esa manera analizar los tiempos que reporta Dispatch®.

Se tienen los siguientes resultados de la Tabla 3-18 a la Tabla 3-20.

Tabla 3-18. Datos de Llegada de camión 54 a chancador 1 proporcionados por Dispatch

CAMION	Pesom	PALA	LLEGADA	MATERIAL	DESTINO	DIST
CA54	291.0	PA07	12:01:31	Mineral Media	CH-1	1948
CA54	261.0	PA07	12:28:17	Mineral Media	CH-1	1948
CA54	285.0	PA07	13:00:10	Mineral Media	CH-1	1948
CA54	261.0	PA07	16:40:59	Mineral Media	CH-1	1872
CA54	279.0	PA07	17:17:35	Mineral Media	CH-1	1872
CA54	300.0	PA07	17:39:37	Mineral Media	CH-1	1872

Tabla 3-19. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 101 para camión 54

Hora	Código	Razón	Comentario	DNPRG [min]	Total Medido [min]	Cola Medida [min]	Aculatamiento Medido [min]
12:01:39	101	En Espera	Cola/Acukatamiento	9,0	-	7,93	-
12:28:17	101	En Espera	Cola/Acukatamiento	7,8	3,92	3,13	0,78
13:00:29	101	En Espera	Cola/Acukatamiento	0,6	0,63	0,00	0,63

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

<b>16:41:07</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	7,8	<b>5,62</b>	4,92	0,70
<b>17:17:48</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	0,0	<b>0,60</b>	0,00	0,60
<b>17:39:42</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	1,2	<b>0,68</b>	0,00	0,68

Tabla 3-20. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 100 para camión 54

Hora	Código	Razón	Comentario	Efect [min]	Total Medido [min]	Espera a CH [min]	Descarga [min]
12:10:51	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	4,8	-	-	-
12:36:08	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	4,2	<b>4,33</b>	3,58	0,75
13:00:48	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	7,2	<b>6,85</b>	3,53	3,32
16:48:57	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	6,6	<b>3,78</b>	2,08	1,70
17:17:50	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	5,4	<b>0,80</b>	0,20	0,6
17:40:44	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	6,6	<b>1,43</b>	0,85	0,58

Los datos reportados por Dispatch®, la mayoría de las veces, difieren de los tiempos medidos. Es más, del reporte de llegada de Dispatch con el reporte de estado de camiones por turno de Dispatch®, no coinciden las horas de llegada de los camiones. En la sección 4 se hace un análisis más profundo respecto a estas diferencias.

#### Camión 65

Se tienen los siguientes resultados para el camión 65 de la Tabla 3-21 a la Tabla 3-23.

Tabla 3-21. Datos de llegada de camión 65 a chancador 1 proporcionados por Dispatch

CAMION	Pesom	PALA	LLEGADA	MATERIAL	DESTINO	DIST
CA65	0.0	PA07	<b>12:11:25</b>	Mineral Media	CH-1	1948
CA65	0.0	PA07	<b>12:31:19</b>	Mineral Media	CH-1	1948
CA65	0.0	PA07	<b>13:04:03</b>	Mineral Media	CH-1	1948
CA65	284.0	PA07	<b>16:27:09</b>	Mineral Media	CH-1	1872
CA65	281.0	PA07	<b>17:11:11</b>	Mineral Media	CH-1	1872
CA65	259.0	PA07	<b>17:34:46</b>	Mineral Media	CH-1	1872

Tabla 3-22. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 101 para camión 65

Hora	Código	Razón	Comentario	DNP [min]	Total Medido [min]	Cola Medida [min]	Aculatamiento Medido [min]
<b>12:11:25</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	1,80	<b>2,72</b>	2,22	0,50
<b>12:31:37</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	7,80	<b>4,33</b>	3,82	0,52
<b>13:06:40</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	4,20	<b>4,23</b>	3,68	0,55
<b>16:27:51</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	2,40	<b>0,63</b>	0,00	0,63

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

<b>17:11:47</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	1,80	<b>0,60</b>	0,00	0,60
<b>17:35:08</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	0,60	<b>0,42</b>	0,00	0,42

Tabla 3-23. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 100 para camión 65

Hora	Código	Razón	Comentario	Efect [min]	Total Medido [min]	Espera a CH [min]	Descarga [min]
12:12:59	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	10,20	<b>5,25</b>	4,27	0,98
12:39:10	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	10,20	<b>4,53</b>	3,13	1,40
13:11:08	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	5,40	<b>2,20</b>	1,17	1,03
16:30:21	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	6,00	-	2,40	-
17:13:18	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	9,00	<b>1,07</b>	0,10	0,97
17:35:49	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	8,40	<b>1,43</b>	0,43	1,00

Al igual que en el camión 54, ocurre el mismo fenómeno de las diferencias entre las horas de llegadas de un reporte y otro. Además se tiene una diferencia considerable entre los tiempos medidos y los reportados.

#### Camión 68

A continuación se presentan los tiempos para el camión 68 de la Tabla 3-24 a la Tabla 3-26.

Tabla 3-24. Datos de llegada de camión 68 a chancador 1 proporcionados por Dispatch

CAMION	Pesom	PALA	LLEGADA	MATERIAL	DESTINO	DIST
CA68	279.0	PA04	<b>12:47:13</b>	Mineral Media	CH-1	3288
CA68	303.0	PA04	<b>15:03:03</b>	Mineral Media	CH-1	2726
CA68	302.0	PA07	<b>16:57:21</b>	Mineral Media	CH-1	1872
CA68	294.0	PA07	<b>17:24:25</b>	Mineral Media	CH-1	1872
CA68	0.0	PA07	<b>17:47:45</b>	Mineral Media	CH-1	1872

Tabla 3-25. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 101 para camión 68

Hora	Código	Razón	Comentario	DNPRG [min]	Total Medido [min]	Cola Medida [min]	Aculatamiento Medido [min]
<b>12:47:13</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	0,60	<b>0,45</b>	0,00	0,45
<b>15:03:36</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	-	<b>0,47</b>	0,00	0,47
<b>16:57:21</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	0,60	<b>0,65</b>	0,00	0,65
<b>17:24:25</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	0,00	<b>0,48</b>	0,00	0,48
<b>17:47:45</b>	101	En Espera	Cola/Aculatamiento	0,00	<b>0,62</b>	0,00	0,62

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Tabla 3-26. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 100 para camión 68

Hora	Código	Razón	Comentario	Efect	Total Medido [min]	Espera a CH [min]	Descarga [min]
12:47:34	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	9,60	<b>1,95</b>	0,00	1,95
16:24:39	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	-	<b>1,08</b>	0,33	0,75
16:57:53	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	5,40	<b>1,88</b>	0,03	1,85
17:24:39	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	6,00	<b>1,28</b>	0,45	0,83
17:47:54	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	6,00	<b>1,87</b>	0,10	1,77

Ocurre el mismo fenómeno que los camiones anteriores, los tiempos de llegada no coinciden. También se tienen diferencias entre los tiempos medidos y los reportados.

#### Camión 77

Se presentan los siguientes resultados para el camión 77 de la Tabla 3-27 a la Tabla 3-29.

Tabla 3-27. Datos de Llegada de camión 77 a chancador 1 proporcionados por Dispatch

CAMION	Pesom	PALA	LLEGADA	MATERIAL	DESTINO	DIST
CA77	264.0	PA07	<b>13:05:32</b>	Mineral Media	CH-1	1948
CA77	285.0	PA07	<b>16:17:45</b>	Mineral Media	CH-1	1872
CA77	279.0	PA07	<b>16:37:40</b>	Mineral Media	CH-1	1872
CA77	291.0	PA07	<b>17:02:43</b>	Mineral Media	CH-1	1872
CA77	288.0	PA07	<b>17:29:18</b>	Mineral Media	CH-1	1872
CA77	291.0	PA07	<b>18:28:22</b>	Mineral Media	CH-1	1872

Tabla 3-28. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 101 para camión 77

Hora	Código	Razón	Comentario	DNPRG [min]	Total Medido [min]	Cola Medida [min]	Acuatamiento Medido [min]
<b>12:11:25</b>	101	En Espera	Cola/Acuatamiento	7,20	<b>1,70</b>	0,97	0,73
<b>12:31:37</b>	101	En Espera	Cola/Acuatamiento	5,40	<b>5,90</b>	5,38	0,52
<b>13:06:40</b>	101	En Espera	Cola/Acuatamiento	6,60	<b>1,93</b>	1,43	0,50
<b>16:27:51</b>	101	En Espera	Cola/Acuatamiento	0,00	<b>0,48</b>	0,00	0,48
<b>17:11:47</b>	101	En Espera	Cola/Acuatamiento	0,00	<b>0,42</b>	0,00	0,42
<b>17:35:08</b>	101	En Espera	Cola/Acuatamiento	0,00	<b>0,43</b>	0,00	0,43

Tabla 3-29. Comparación de tiempos medidos y repostados por Dispatch del código 100 para camión 77

Hora	Código	Razón	Comentario	Efect [min]	Total Medido [min]	Espera a CH [min]	Descarga [min]
12:12:59	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	5,40	<b>5,97</b>	4,75	1,22
12:39:10	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	6,60	<b>6,33</b>	4,75	1,58
13:11:08	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	5,40	<b>1,20</b>	0,35	0,85
16:30:21	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	5,40	<b>1,13</b>	0,32	0,82
17:13:18	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	5,40	<b>2,17</b>	0,13	2,03
17:35:49	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	3,60	<b>1,38</b>	0,42	0,97

De las Tablas anteriores se observa que se repite la tendencia en diferenciarse los datos medidos con los datos reportados.

### 3.3.2. Observaciones para chancado

La sala de chancado no puede quedar sin operadores, ya que no se le podría dar el pase a los camiones para descargar. Por lo general, la sala debe tener 2 operadores de chancado simultáneamente para que trabajen en equipo y puedan complementarse con las tareas. Cuando se entra en colación, se van turnando los operadores, es decir, en este momento en la sala sólo queda un operador, quien tiene que valérselas por él mismo y tomar las decisiones. Como hay un sólo operador, éste tiene que hacer el trabajo de los dos operadores, lo que retrasa los tiempos significativamente. También hay momentos críticos donde el operador tiene que hacer dos cosas a la vez y tiene que decidir por una. Un ejemplo es que se encontraba con una situación de atollo y se dedicó netamente a desatollar el chancador, olvidándose de cambiar el estatus en Dispatch®, lo que ocasionó que llegaran camiones y estos obtuvieran pérdidas operacionales de espera. Prácticamente, el operador tiene que correr a través de la sala para poner el semáforo en verde, ir a ver al chancador si hay rocas que atollen, ver si vienen rocas muy grandes y correr al computador para poner el semáforo en rojo y así el camión pare el proceso de descarga, etc.

Retomando la situación respecto a los atollos, sobre todo los difíciles, a los operadores se les olvida registrar la situación por Dispatch®, lo que repercute en que lleguen camiones y tengan que esperar. Después de un tiempo, los camiones piden reasignación lo que se transforma en una pérdida operacional importante, puesto que es pura “pérdida de tiempo”.

Desde el punto de vista más humano, de compromiso y de valores, los operadores del chancado sólo velan por su cumplimiento diario y no por el global del negocio minero. Retomando el tema del atollamiento, los operadores no les interesa que los camiones queden esperando en el chancador, ya que para ellos es “problema

de la mina que les informe bien que están en atollo, ellos ya cumplieron en colocar el estatus en Dispatch®". No se preocupan en ayudar a despacho en llamar para informar la situación y de recomendar que manden camiones al otro chancador. Es más, el alumno tuvo que intervenir para que los operadores de chancado llamaran a despacho para informar la situación en un momento donde estaban atollados y llegaron 6 camiones al chancador 1 a esperar, donde los operadores eran enfáticos en justificar que ese no era su trabajo.

Se aprecia una falta de comunicación entre las áreas de trabajo, la cual hace que se pierda tiempo y a la vez recursos. La falta de comunicación impide que se pueda agregar valor al negocio, ya que al tener intereses individuales y no en conjunto, la operación global en sí es la perjudicada.

Respecto a la validación de los datos, se aprecia una diferencia entre los tiempos de llegada de los camiones al chancador 1 entre un reporte y otro de Dispatch®. Existen múltiples factores que pueden ocasionar esto, como por ejemplo que un reporte indique la llegada cuando el operador lo ingresa en su pantalla y el otro reporte sea el comienzo del Aculatamiento. También que la hora en el sistema de las pantallas de Dispatch esté desfasado con respecto al tiempo real.

El tema de la diferencia entre los tiempos medidos y reportados por Dispatch®; una de las teorías es que exista una diferencia entre los conceptos utilizados y medidos. Es decir, puede que exista una diferencia en la maniobra de aculatamiento entre el operador del camión y el memorista. Sin embargo, en algunas oportunidades, los operadores tenían dificultades para marcar las llegadas, ya que se les caía la señal y no podían marcar las acciones a través de la pantalla.

Por lo tanto, la diferencia se debe a que los tiempos medidos no están tomados al mismo tiempo en que los operadores ingresan sus acciones.

### **3.3.3. Desafíos para Transporte**

La medición de los tiempos de ciclo para los CAEX, se realizaron en un turno normal de operación. La toma de tiempos fue realizada durante el turno B (día) durante los días 2, 3 y 9 de Junio a las unidades 80, 81, 102 y 103.

Se coordinaron las visitas con los Jefes de Operaciones, Cristian Araya y John Perez.

Para los camiones 80 y 81, los tiempos tomados fueron desde las 11:45 hasta las 19:50 aproximadamente, mientras que para el resto de camiones, los tiempos medidos se tomaron desde inicio de turno hasta las 19:00 horas.

Una vez obtenidos los datos en terreno, se procede a validar los mismos con los datos entregados por Dispatch®.

Se pretende registrar y analizar los tiempos que tiene un camión CAEX 930E durante sus ciclos en un turno de acuerdo a lo real de la operación y no a lo ingresado por el operador.

## CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

### 3.3.3.1. Resultados Camión 80

Los datos más relevantes de la unidad 80 son los de la Tabla 3-30:

*Tabla 3-30. Datos generales de la unidad 80*

<b>Día</b>	2 de Junio 2015	<b>Traslado de ida</b>	13:58 a 14:06	<b>Inicio Colación</b>	14:06
<b>Turno</b>	B	<b>Traslado de vuelta</b>	15:37 a 15:45	<b>Fin Colación</b>	15:26
<b>Hora Inicio</b>	11:43	<b>Duración Traslado</b>	Ida: 9:52; Vuelta: 8:23	<b>Duración Colación</b>	1 hora, parada de 5 minutos + 15 minutos caminata
<b>Hora Término</b>	19:50				

En las Tabla 3-31 y 4-32 se presentan los datos de los tiempos medidos (en minutos) para los ciclos del camión 80.

*Tabla 3-31. Tiempos medidos para camión 80*

Ciclo	Hora Inicio	Transporte Lleno	Transporte Vacío	Carga	Descarga	Pre Espera	Pre Aculatam	Espera	Aculatamiento	Demora	Comentario
1		0,00	2,28	4,95	0,00	3,75	0,73	4,90	0,67	0,00	Llegada a CF-11
	12:07	4,75	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	Llegada a Stock Apies 3080
2		0,00	3,18	5,50	0,00	0,00	1,28	3,08	0,75	0,00	
	12:33	6,10	0,00	0,00	1,55	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	
	12:37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	INTERFERENCIA CAMION DE 30 SEG
3		0,00	4,10	5,58	0,00	5,73	0,53	3,23	1,07	0,00	
		5,95	0,00	0,00	1,07	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	
4		0,00	3,57	6,03	0,00	0,00	0,65	2,60	0,65	0,00	
	13:07	5,58	0,00	0,00	1,08	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	
5		0,00	3,52	6,13	0,00	6,95	0,63	5,47	0,58	0,00	
		5,45	0,00	0,00	1,07	0,00	0,00	0,00	0,53	0,00	
6	13:58	0,00	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Traslado en Camión a Comedor
	15:23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,17	Mecánica Imprevista y Demora goit
	15:45	0,00	2,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,47	Espera Carguio / Espera petroleo
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,58	Carga de petróleo
	16:08	0,00	2,72	4,87	0,00	11,80	0,00	6,87	0,83	1,95	CF 11 / Demora limpieza frente
		10,25	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	Llegada a rampa lastre
7		0,00	8,72	6,90	0,00	0,00	0,00	16,20	1,28	0,00	
		9,05	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	
8	17:29	0,00	3,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Traslado a patio de cadenas
	17:33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,57	Reparación postura de cadenas
9		0,00	6,95	5,38	0,00	0,00	0,00	4,02	0,85	0,00	CF 11
		9,02	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	

*Tabla 3-32. Continuación datos medidos para camión 80*

Ciclo	Hora Inicio	Transporte Lleno	Transporte Vacío	Carga	Descarga	Pre Espera	Pre Aculatam	Espera	Aculatamiento	Demora	Comentario
10	18:20	0,00	7,43	0,00	0,00	0,00	0,00	5,38	0,00	0,00	CF 11
	18:26	0,00	0,00	5,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	21,28	Demora eq. Carguio (cambio de frente)
		17,32	0,00	0,00	1,03	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00	Llegada a rampa lastre
11		0,00	13,62	5,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	
		16,65	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	

De las tablas anteriores, las filas verdes corresponden a eventos que no son registrados por Dispatch® y representan ser tiempos considerables a la operación para poder hacer una mejor gestión.

## CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

### 3.3.3.2. Resultados Camión 81

Los datos de la unidad 81 están en la Tabla 3-33. Los datos medidos (en minutos) están en la Tabla 3-34.

*Tabla 3-33. Datos generales de la unidad 81*

<b>Día</b>	2 de Junio 2015	<b>Traslado de ida</b>	13:59 a 14:05	<b>Inicio Colación</b>	14:05
<b>Turno</b>	B	<b>Traslado de vuelta</b>	15:13 a 15:22	<b>Fin Colación</b>	15:13
<b>Hora Inicio</b>	12:56	<b>Duración Traslado</b>	Ida: 5:45; Vuelta: 8:46	<b>Duración Colación</b>	1 hora, 8 minutos de caminata
<b>Hora Término</b>	19:30				

*Tabla 3-34. Tiempos medidos para el camión 81*

Ciclo	Hora Inicio	Transporte Lleno	Transporte Vacío	Carga	Descarga	Pre Espera	Pre Acuatam	Espera	Acuatamiento	Demora	Comentario	
1	12:56	0,00	3,15	5,65	0,00	0,00	0,77	3,43	0,62	0,00	Llegada a CF11	
		5,62	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	Llegada a Stock APIRES	
2	13:12	0,00	3,45	8,42	0,00	0,00	0,62	2,10	0,57	1,62	Limpieza frente de carguío	
		5,70	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	Llegada a Stock APIRES	
3	13:35	0,00	5,75	5,33	0,00	4,57	0,80	6,02	0,70	0,00	Llegada a CF11	
		5,63	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	Llegada a Stock APIRES	
4	15:22	0,00	8,58	5,02	0,00	0,00	0,58	3,17	0,33	35,00	Relleno programado de aceite	
		8,83	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00	Llegada a Botadero rampa lastre	
5	16:27	0,00	7,90	6,43	0,00	0,00	0,00	7,33	1,22	0,00		
		9,28	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00		
6	16:59	0,00	7,55	8,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	2,67	Demora equipo de Carguío	
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,17	Limpieza frente de carguío	
		8,00	0,00	0,00	1,07	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00		
7	17:45	0,00	7,37	5,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	2,20	Demora equipo de Carguío	
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	Demora equipo de Carguío	
		7,72	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00		
8	18:10	7,88	0,00	7,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,00		
		18:26	0,00	11,63	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,82	0,00	Cambio de frente con mismo CF11
		18:44	4,18	0,00	4,45	0,00	8,28	0,38	3,70	0,43	0,00	Llegada a nueva frente
			11,70	0,00	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	Demora limpieza de camino
		0,00	12,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

### 3.3.3.3. Resultados Camión 103 y 102

Los dos camiones están dentro del mismo estudio, puesto que el operador hizo relevo. Por esto, el memorista prefirió quedarse con el operador y no con el equipo.

Los datos globales son los siguientes:

*Tabla 3-35. Datos de la unidad 103, posterior 102*

<b>Día</b>	3 de Junio 2015	<b>Traslado de ida</b>	14:08 a 14:30	<b>Inicio Colación</b>	14:30
<b>Turno</b>	B	<b>Traslado de vuelta</b>	15:30 a 15:39	<b>Fin Colación</b>	15:39
<b>Hora</b>	8:40	<b>Duración</b>	Ida: 22:00;	<b>Duración</b>	1 hora, 9 minutos de



### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

<b>Inicio</b>		<b>Traslado</b>	Vuelta: 8:32	<b>Colación</b>	caminata
<b>Hora Término</b>	18:39				

#### Camión 103

Los datos medidos (en minutos) para el camión 103 son los de la Tabla 3-36:

Tabla 3-36. Datos medidos para la unidad 103

Ciclo	Hora Inicio	Transporte Lleno	Transporte Vacío	Carga	Descarga	Pre Espera	Pre Aculatan	Espera	Aculatan	Demora	Comentario	
<b>Camión 103</b>												
1	9:11	11,10	0,00	0,00	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	Llegada a Ch2
	9:34	0,00	13,32	2,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,00	Llegada a P3
2	9:57	12,90	0,00	0,00	4,15	0,00	0,00	0,00	50,00	3,52	0,00	Limpieza rampa salida en P3 por derrame
		0,00	13,10	2,75	0,00	0,00	0,00	0,00	5,62	1,20	0,00	Llegada a P3
3	10:35	12,37	0,00	0,00	1,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	Llegada a Ch1
	10:48	0,00	9,88	2,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,77	0,00	Reasignación a P4
4		17,32	0,00	0,00	1,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	Llegada a Rampa Lastre
	10:50	0,00	10,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,62	Emergencia, se levanta a las 11:48
	12:35	0,00	20,55	3,12	0,00	0,00	0,00	0,00	10,20	1,03	2,05	Limpieza frente carguio P4
5		17,23	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	
	13:26	0,00	15,48	2,38	0,00	0,00	0,00	0,00	10,60	0,78	11,72	Cola de 6 camiones (cuarta posicion) / Perfo en traslado y limpieza de piso en P4
		15,75	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	

A las 13:26 hubo una espera muy larga, debido a que había 6 camiones en espera. Se acumularon muchos camiones en la pala 4, puesto que la pala 3 tuvo una mantención imprevista.

Los tiempos del transporte vacío marcados en verde corresponden a la emergencia mina que hubo aquel día, siendo el operador de la unidad 103, integrante de la brigada de emergencia, por lo que tuvo que hacer diferentes maniobras para poder ir a asistir al afectado.

#### Camión 102

Los datos medidos (en minutos) para la unidad 102 son los de la Tabla 3-37:

Tabla 3-37. Datos medidos para la unidad 102

<b>Camión 102</b>												
1	15:56	0,00	15,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,07	0,00	Revisión frente carguio en P7, se hundió la pala / Reasignación
2	16:02	0,00	10,57	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00	Reasignación a P4 / Aculataniento estrecho
	16:38	17,87	0,00	0,00	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	Rampa Lastre
3	16:45	0,00	4,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,38	Retiro de Cadenas
	17:10	0,00	5,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,20	Tronadura
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,55	Espera despues de tronadura / más de los 35 min, memorista se retira antes

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Debido a problemas en la tronadura, se tuvo tiempos excesivos en demoras por tronadura (48 minutos aproximadamente) y de espera después de tronadura, lo que el memorista estuvo 35 minutos y seguía la espera.

Se observa que existe un desafío por mejorar los tiempos de tronadura.

#### 3.3.3.4. Validación de los datos de Transporte

No existe un reporte por camión de los tiempos de su ciclo de forma detallada, por lo que se debe conectar 3 reportes diferentes (de carga, descarga y estado de camiones y palas). Por ello se decide validar solamente los tiempos de la unidad 80.

Cabe destacar que para los tiempos medidos totales, se consideró en el caso del código 101, la suma de la cola más el Aculatamiento y para el caso del código 100, la suma de la espera a chancado más la descarga. De esta manera, los valores coinciden dentro de un rango normal de diferencia.

#### Camión 80

La tabla completa se encuentra en la sección Anexo B en la Tabla 7-5 y Tabla 7-6. Para efectos de la validación, se tienen los resultados de la Tabla 3-38. (EFEC: Efectivo; DPRG: Demora programada; DNP: Demora no Programada; MNP: Mantención no Programada).

Tabla 3-38. Comparación datos medidos con reportados para unidad 80

HORA	CODIGO	RAZON	COMENTARIO	EFEC	DPRG	DNP	MNP	Total Medido
11:32:18	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	11,40				
11:43:53	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			10,20		10,05
11:54:03	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	11,40				9,70
12:05:16	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			0,60		0,57
12:05:41	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	4,20				4,28
12:09:51	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			11,40		5,12
12:21:17	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	11,40				11,60
12:32:53	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			0,00		0,28
12:33:09	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	5,40				5,65
12:38:45	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			10,80		10,57
12:49:17	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	12,00				11,53
13:01:03	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			0,00		0,47
13:01:14	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	4,80				4,63
13:05:51	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			4,20		3,90
13:09:50	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	12,00				11,62
13:21:52	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			1,80		0,78
13:23:22	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	3,60				4,60
13:26:51	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			13,80		13,63
13:40:33	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	12,00				11,58

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

13:52:29	101	En Espera	Cola/Aculatamiento				0,00	<b>0,53</b>
13:52:31	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	19,20				<b>21,23</b>
14:11:40	245	Colacion en com			72,60			<b>70,00</b>
15:24:29	419	Mecanica imprevis	BAJA PRESION ACUMUL				10,80	<b>13,17</b>
HORA	CODIGO	RAZON	COMENTARIO	EFEC	DPRG	DNP	MNP	Total Medido
15:35:02	100	Efectivo		13,20				
15:47:58	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			0,00		
15:47:58	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	0,60				
15:48:47	231	Eq de carguio				16,20		<b>17,05</b>
16:04:48	100	Efectivo		1,80				
16:06:27	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			11,40		<b>11,80</b>
16:17:58	231	Eq de carguio				1,80		<b>1,95</b>
16:20:00	100	Efectivo		22,80				<b>22,82</b>
16:42:52	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			0,00		<b>0,30</b>
16:43:01	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	<b>16,80</b>				<b>9,63</b>
16:59:57	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			11,40		<b>17,48</b>
17:11:28	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	15,00				<b>15,95</b>
17:26:26	101	En Espera	Cola/Aculatamiento					<b>0,48</b>
17:26:37	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	4,80				<b>4,63</b>
17:31:23	425	Reparacion					13,20	<b>12,57</b>
17:44:24	100	Efectivo		6,60				<b>6,95</b>
17:50:49	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			9,60		<b>10,25</b>
18:00:31	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	10,20				<b>9,02</b>
18:10:30	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			0,00		<b>0,50</b>
18:10:39	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	8,40				<b>8,33</b>
18:19:11	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			5,40		<b>5,38</b>
18:24:37	231	Eq de carguio				21,00		<b>21,28</b>
18:45:43	100	Efectivo		23,40				<b>22,43</b>
19:09:09	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			0,00		<b>0,58</b>
19:09:22	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	15,00				<b>14,65</b>
19:24:08	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			0,00		<b>0,50</b>
19:24:10	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	22,20				<b>21,78</b>
19:46:26	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			0,00		<b>0,40</b>
19:46:42	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	16,20				
20:02:40	101	En Espera	Cola/Aculatamiento			0,00		

A modo general los datos presentan leves diferencias, lo que se debe a errores de precisión por parte del memorista o a diferencias en los tiempos de ingreso de los estados por parte del operador del CAEX, pero no son discrepancias significativas, puesto que no superan el 1.7% de diferencia a excepción de un caso. Los datos

de las filas amarillas no se pueden comparar debido a que no hay registros por parte del memorista de éstos. No se encuentra una explicación clara del porque están estos datos reportados. Los datos de la fila verde representan una diferencia considerable en relación a los datos medidos con los reportados de un 57% y los datos de las filas naranjas corresponden a un fenómeno de diferencia del ingreso de los datos, es decir, el operador se demoró en ingresar un dato, pero fue asumido en otro estado el tiempo.

### 3.3.4. Observaciones para Transporte

La primera observación que llama la atención al momento de medir los tiempos de ciclo, es que los operadores no tienen claro los conceptos del ciclo de operación e ingresan los datos al Dispatch cuando ellos estiman necesario hacerlo (efectivo, llegada, carga/descarga, etc.). Al estar en diferentes camiones con diferentes operadores, se apreció que los operadores tenían diferentes criterios para ingresar los datos, lo que al estar en un mismo circuito, los tiempos difieren de un camión a otro.

Un ejemplo claro de lo anterior, es que para el aculatamiento, los operadores tienen entendido que este proceso es sólo el retroceso del camión para cargar/descargar, siendo que la teoría indica que el aculatamiento es toda la maniobra que tiene que hacer el equipo para poder llegar al destino, como se muestra en la siguiente imagen de la Figura 3-10:

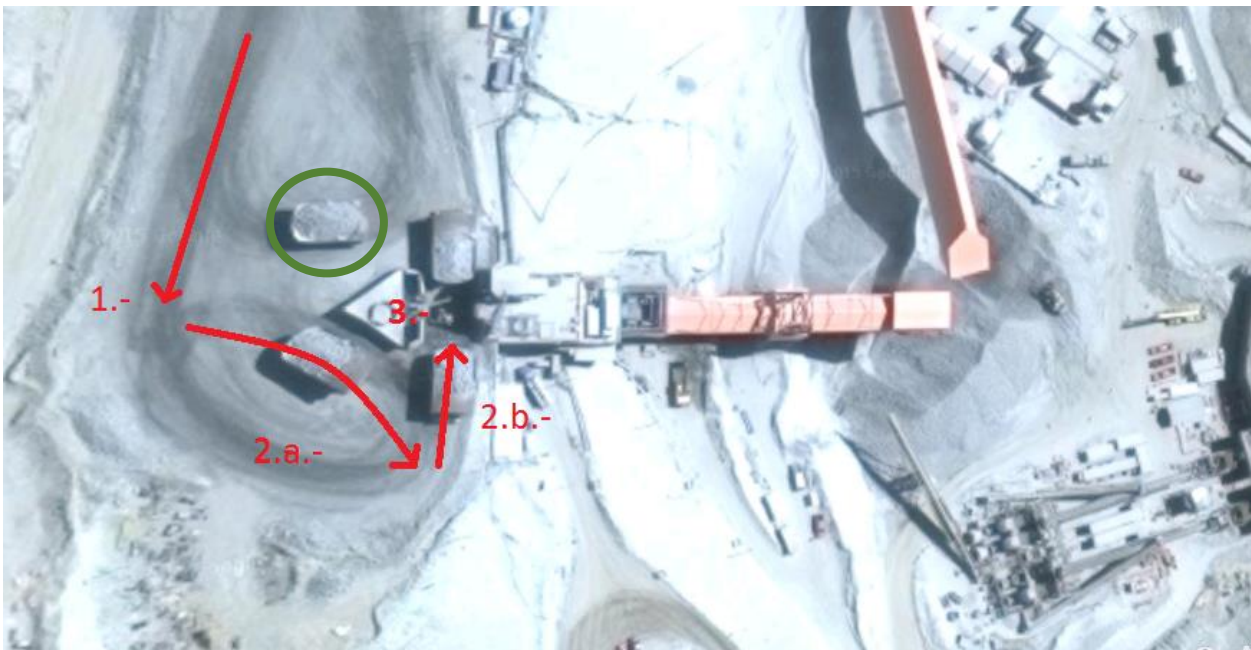


Figura 3-10. Pasos de llegada y maniobra de aculatamiento de los CAEX

De la Figura 3-10 se puede apreciar lo que dicta la teoría. El equipo una vez que llegue al punto 1.- debería marcar la llegada al sistema, luego debería iniciar la maniobra de aculatamiento que corresponde a los pasos 2.a.- y 2.b.- para finalizar ya aculatado en el chancador y marcar la descarga una vez que la sala de

chancado le dé el paso. Sin embargo, para algunos operadores (la mayoría), el aculatamiento es solamente el paso 2.b.- donde marcan la llegada al finalizar el 2.a.- y están listos para retroceder.

En la figura se ejemplifica la llegada de los camiones a chancado, pero este fenómeno también ocurre en las llegadas a las palas de carguío y a los botaderos, pero en estos últimos la diferencia es casi marginal la real con la teórica.

Otro punto a considerar es el momento en que un camión llega a su destino (pala o chancado) y se encuentra con otro equipo que está cargando/descargando. En este tipo de situaciones, los operadores realizan una operación que le llaman pre-aculatamiento, la cual es la realización a medias del paso 2.a.- de la Figura 3-10, que corresponde al camión encerrado en un círculo verde en la imagen. Una vez se detienen en esa posición, los operadores marcan la llegada, dejando parte del aculatamiento como tiempo efectivo. En esta situación, los operadores marcan la llegada y deben esperar a que el camión anterior termine la descarga y salga del lugar, iniciando lo que queda de aculatamiento y finalizando al marcar la descarga. El memorista pudo identificar estos tiempos, separándolos como pre-espera, pre-aculatamiento, espera y aculatamiento (identificados en las Tablas Tabla 3-31, Tabla 3-34, Tabla 3-36 y Tabla 3-37), lo que teóricamente, la espera debería ser la suma de la pre-espera y espera y para el aculatamiento el mismo razonamiento. Sin embargo, esta diferenciación no puede ser llevada a cabo por parte del operador, sólo marca la llegada y luego la descarga, asumiéndose un tiempo de aculatamiento y de espera entre ambos eventos.

Otro tema a considerar es el tema de la evaluación de los operadores, puesto que en base a eso, toman las decisiones que hacen. Una de ellas es el aculatamiento, por lo que se debería cambiar la evaluación de los operadores por rangos de parámetros nuevos acorde a la evolución de la mina y de la forma en que se tomen los tiempos.

Siguiendo con las observaciones, en todos los camiones evaluados, hubo bastantes interferencias de camiones en caminos angostos de alrededor de 30 segundos cada una, por lo que se pierde bastante tiempo que no se mide y que se considera como efectivo, independiente de que el camión se detenga para esperar al camión cargado que supere el camino angosto.

Otro tema interesante a considerar es el traslado de los operadores cuando se deben ir a colación. En este punto, tocó la oportunidad de que mandaron a la mayoría de los camiones a comedor, con lo que no cambiaban los estados a un estado de traslado. Por ejemplo, al camión 80, cuando se le informó que debía ir a comedor, estaba en dirección a su destino que era ir al Cargador Frontal 11. Sin embargo, cuando se le da la orden, cambia su sentido y se dirige al comedor, pero no ingresa ningún estado en Dispatch® de traslado, por lo que todo el tiempo que utiliza realmente en traslado de ida al comedor, no queda registrado y se considera como efectivo. Es decir, no cambia su destino, siempre figura que debe ir al CF11. Este tiempo de traslado es bastante considerable, para el caso de la unidad 80, tiene un traslado de ida de 9:52 minutos y de regreso a la operación de 8:23 minutos. Estos tiempos no se registran por Dispatch® para el caso de los

camiones a menos que se queden en la frente y toque la casualidad de que el operador de la pala tenga traslado y lo pasen a buscar en bus. Para este caso, el operador del CAEX se va a almorzar dejando el camión en relevo al igual que la pala.

El tema de los relevos para los CAEX tampoco está bien organizado. Para el camión 103, se le dio la orden de hacer relevo para ir a almorzar, sin embargo, tuvo que dirigirse a un patio de estacionamiento (patio 3080) y traspasar el camión a otro operador. Luego tuvo que esperar a que llegara un bus a buscar al operador para que lo llevara a comedor. Estos tiempos no son registrados por Dispatch® como traslado, siendo que el traslado es un tiempo importante a considerar y tuvo un traslado de ida al comedor, sumándole la de espera del bus por el relevo, de 22:00 minutos y de regreso a la operación de 8:32 minutos. Estos tiempos deberían ser registrados, debido a que es de importancia poder manejar y controlar los traslados con el fin de ganar tiempo para la operación.

Otro punto observado a considerar, son las decisiones que toman en tiempo real los operadores. Un operador toma una decisión con la mejor de las intenciones, pensando que le hará mejor a la operación. Sin embargo hay oportunidades que no es así. Un ejemplo claro es el camión 80. Alrededor de las 15:45 horas, el equipo de carguío (CF11) presentaba una demora, con lo que el operador de la unidad 80 la ingresó a Dispatch®. En ese momento era el tercer camión esperando al CF11 por lo que decidió ir a “pretroleo” sin preguntarle al despachador y sin cambiar el estado en Dispatch®, argumentando de que no había mayor incidencia en los datos y que de esa manera “ganaba tiempo”. Luego, se demoró 2:32 minutos en llegar a la estación de “petroleo” y tuvo que esperar 8:28 minutos a un camión que le antecedió que estaba “petroleando”. Posterior a eso, comenzó a cargar combustible, lo que se demoró 8:35 minutos. Finalmente, regresa a la frente de trabajo demorándose en el viaje 2:43 minutos. Como el CF11 ya estaba en efectivo, recién en ese momento cambia el estado de “Espera equipo carguío” a efectivo, comprometiendo la suma total de todo lo que hizo al tiempo de la demora mencionada y tuvo que esperar 11:48 minutos a que pudiera cargar. A criterio del memorista, independiente de que el equipo no haya estado trabajando y haya estado esperando, es necesario cambiar los estados, puesto que con ello se pueden sacar estadísticas de viajes, cálculo de costos en viajes, cálculos de gasto de combustible, estadísticas de demoras en “petroleos”, etc. Este tipo de prácticas operacionales es recurrente.

Otra observación más operacional es que existen algunas frentes de carguío que tienen una rampa de acceso para poder entrar a cargar y para poder salir, existiendo un desafío operacional con las pendientes de las rampas, en consecuencia, los camiones que van muy cargados, comienzan a derramar material al piso, lo que conlleva a utilizar equipos de apoyo a limpiar los caminos de manera constante. Este fenómeno hace que los camiones tengan que esperar mientras se limpia la rampa de acceso a la frente. El tiempo de limpieza ronda entre los 1.5 a 25 minutos dependiendo de la cantidad de material derramado, pero al ser en varias oportunidades durante el ciclo, se vuelve un tiempo que se puede acotar. Otro punto es que las rampas no se estén desarrollando de acuerdo



### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

a lo planificado, es decir, el ancho y/o pendiente no están acorde a lo estándar. Otro factor que puede ser el responsable es el factor de carga y la estiba de los camiones, donde el operador de la pala juega un rol fundamental en esta materia.

Para identificar el factor predominante de los derrames se hizo un estudio del factor de carga de los CAEX con la colaboración de Michelin.

En la Figura 3-11 se tienen los gráficos de la tara real versus la tara teórica de los CAEX.

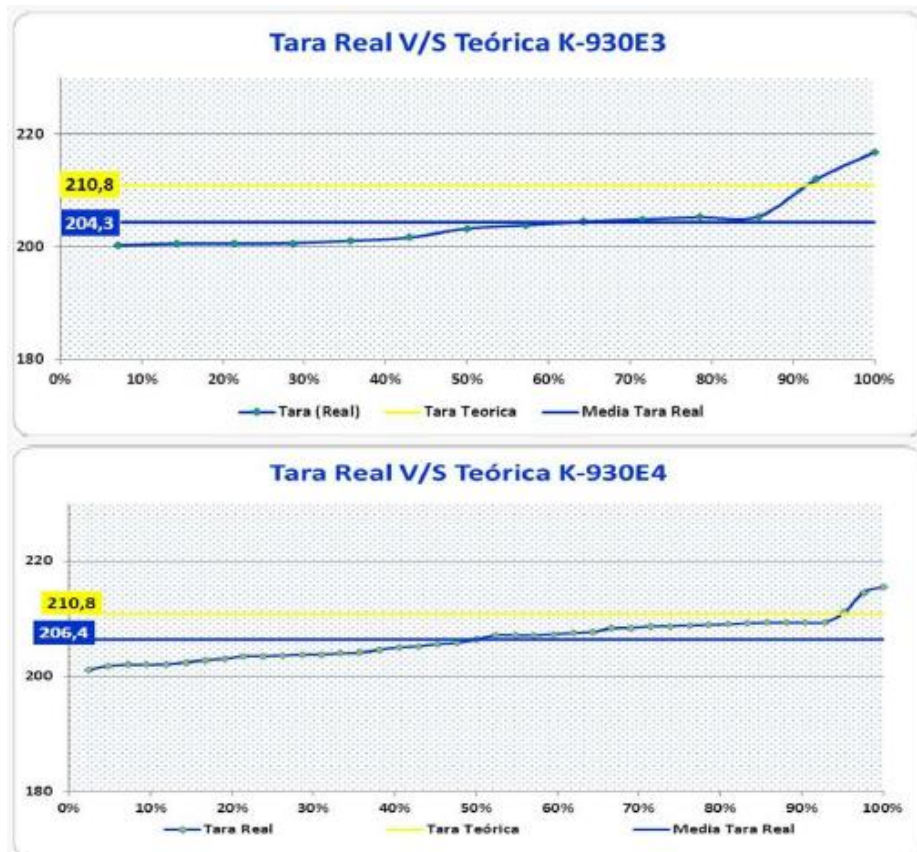


Figura 3-11. Comparación tara real v/s tara teórica de la flota de transporte

Se observa que la tara promedio de los camiones K-930E3 es de 204.3 [tm], lo que corresponde a 6.5 [tm] menos que la nominal (variación del 3.1%) y la tara promedio de los K-930E4 es de 206.4 [tm], 4.4 [tm] menos que la nominal (variación del 2.1%).

En la Figura 3-12 se tiene la distribución de las taras por eje de los equipos de transporte.

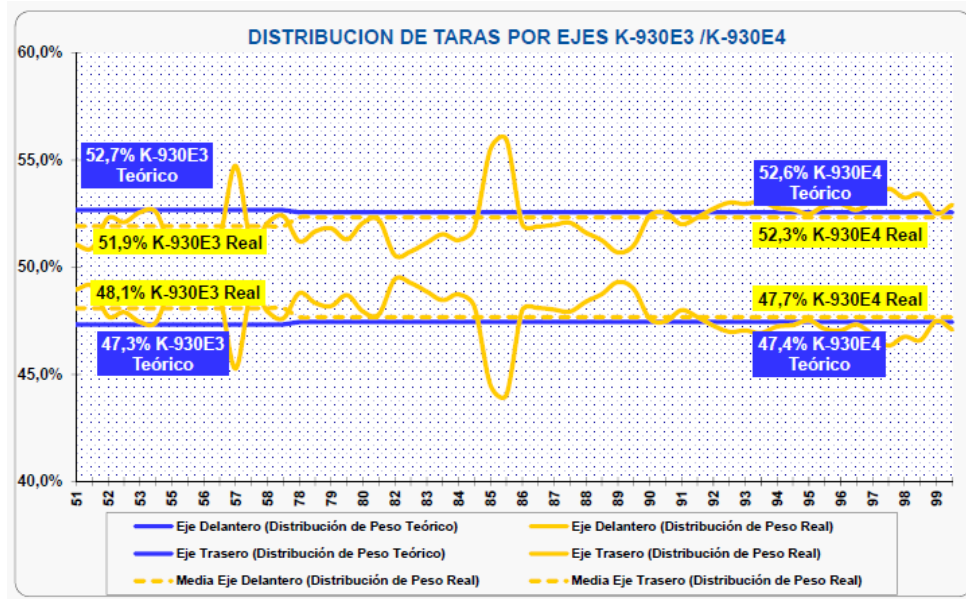


Figura 3-12. Distribución de las taras de la flota de transporte

Se aprecia que existe un desfase en los K-930E3 de 0.8 [p.p.], como media de la distribución hacia el eje delantero de un 1.69%. En los K-930E4 se observa un desfase de 0.3 [p.p.], representando un 0.63% de desfase hacia el eje delantero.

En la Figura 3-13 se tiene la distribución real del peso en los camiones.

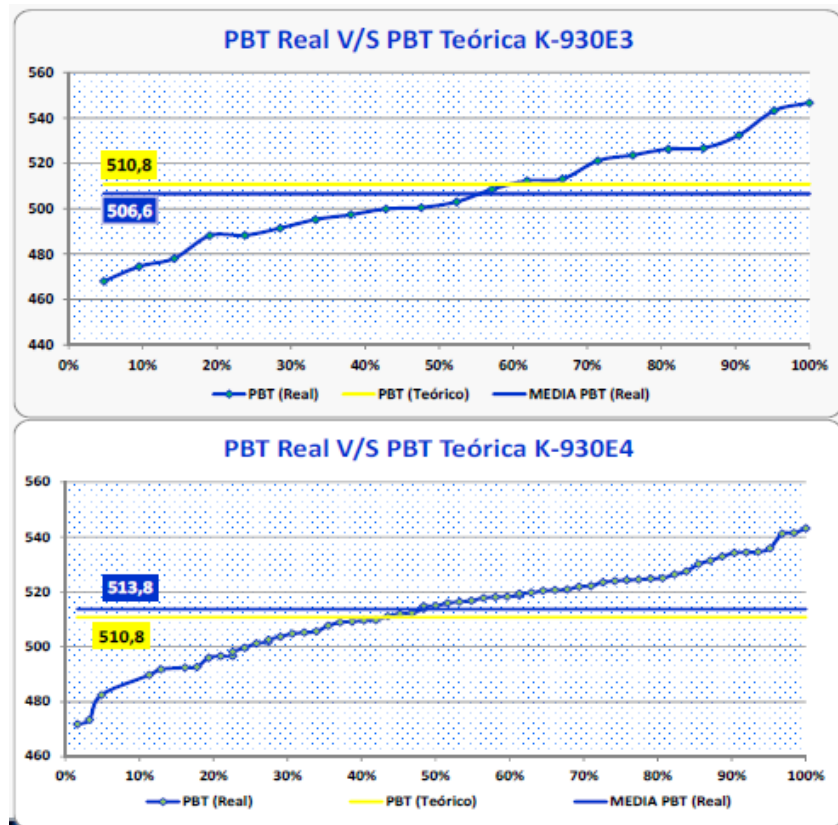


Figura 3-13. Distribución real del peso en los camiones



Se observa que el PBT promedio de los K-930E3 es de 506.6 [tm], que corresponde a 4.2 [tm] menos que lo recomendado por el fabricante (variación de un 0.8%). En cambio para los K-930E4 se tiene una PBT promedio de 513.8 [tm], que corresponde a 3 [tm] más que la recomendada por el fabricante (variación de un 0.6%).

En la Figura 3-14 se tiene la distribución de peso por eje:

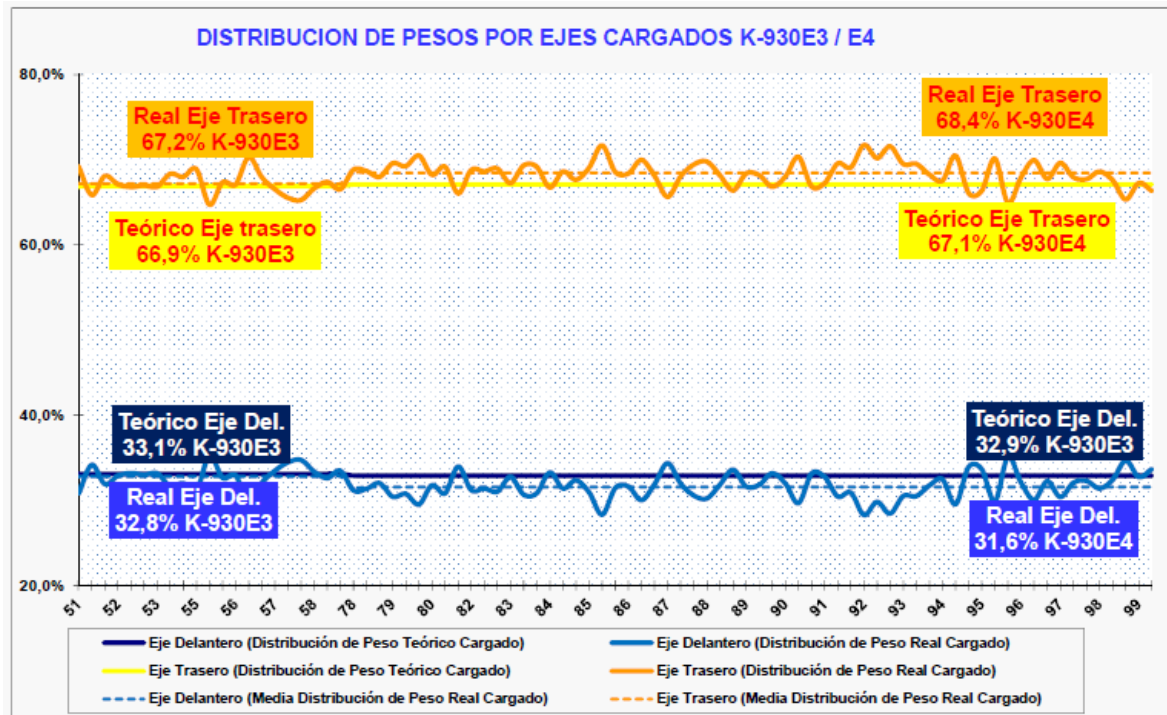


Figura 3-14. Distribución de peso en los ejes de la flota de transporte

Del gráfico anterior se tiene que la distribución media de carga en el eje delantero es:

- K-930E3 = 32.8% v/s 33.1% (nominal), se tiene un desfase de 0.3% hacia el eje trasero.
- K-930E4 = 31.6% v/s 32.9% (nominal), con un desfase de 1.3% hacia el eje trasero.

En la Figura 3-15 se tiene la frecuencia de la PBT.

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

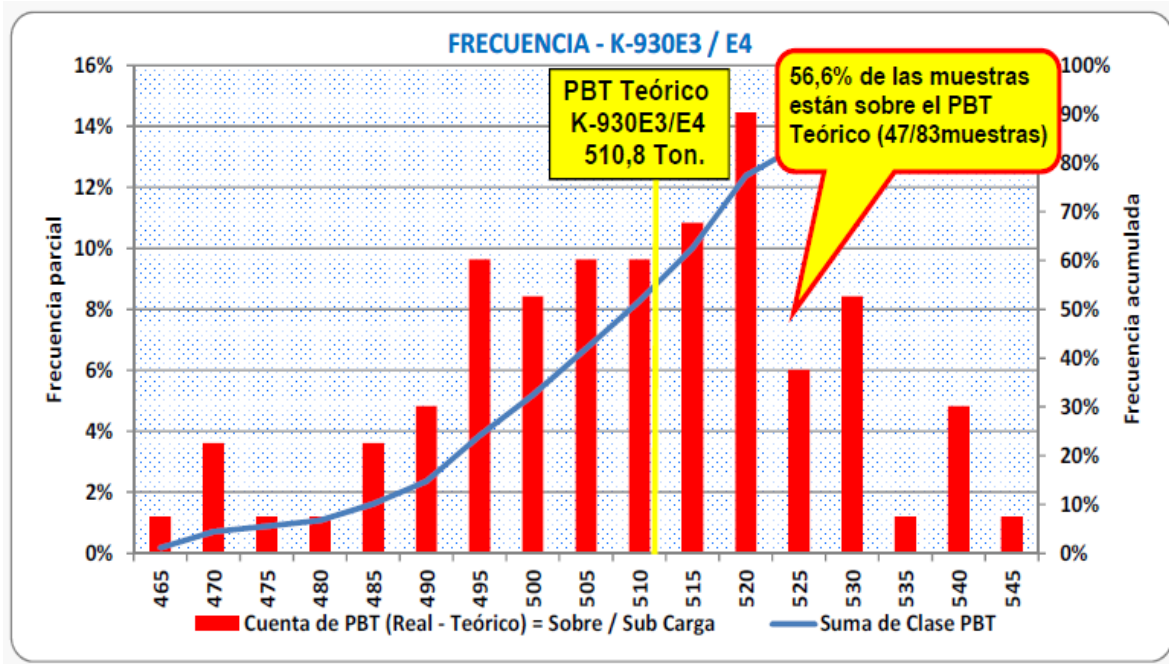


Figura 3-15. Frecuencia de la distribución de peso en los CAEX

Se observa que el 56.6% de las muestras sobrepasan el PBT nominal del camión de un total de 47 pasadas.

En la Figura 3-16 se tiene un gráfico de la frecuencia de las cargas transportadas, resumiéndose los porcentajes de sobrecarga del estudio.

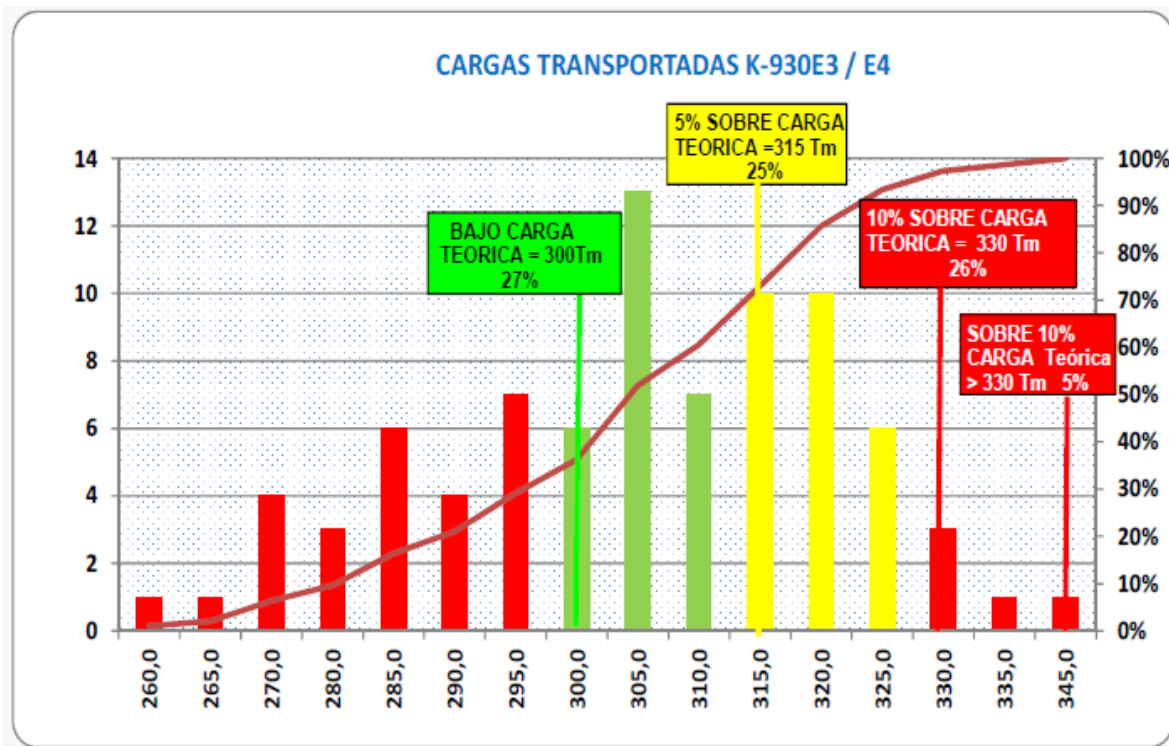


Figura 3-16. Frecuencia de la distribución de carga en los CAEX

## CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

De todo el estudio realizado del factor de carga se puede decir que el desfase promedio de PBT real versus el recomendado es despreciable. También se puede concluir que en toda la flota se confirma que el PLM registra una menor carga respecto a las registradas en la báscula.

Además la distribución de carga en toda la flota está desfasada hacia el eje trasero, presentándose sobrecarga en algunos equipos. Respecto a la estiba, se aprecia que el centrado de cargas es deficiente, puesto que un 55% de la carga esta descentrada.

### 3.3.5. Resumen de Datos para Transporte

En base a las observaciones para el transporte de la sección 3.3.4, se decide resumir los datos fundamentales e importantes para poder gestionar y generar las propuestas de mejoras para esta operación unitaria.

Hay algunos datos que se obtienen directamente de terreno como también hay algunos que se obtuvieron de Dispatch®.

Se tiene la siguiente información para complementar los datos de la Tabla 3-39.

- Movimiento Mina de 350,000 toneladas diarias.
- Una cantidad de 45 camiones efectivos en operación.
- Un factor de carga promedio de 308 toneladas por camión.
- Velocidad subida promedio cargado: 12 [km/h].
- Velocidad subida promedio vacío: 20 [km/h].
- Velocidad bajada promedio cargado: 22 [km/h].
- Velocidad bajada promedio vacío: 25 [km/h].
- Velocidad horizontal promedio cargado: 30 [km/h].
- Velocidad horizontal promedio vacío: 34 [km/h].
- Disponibilidad propuesta: 87%
- UEBD propuesta: 68.5%

Tabla 3-39. Datos promedios importantes para la flota de transporte

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio
<b>Distancia Horizontal Equivalente Promedio por Ciclo [km]</b>	9.92	8.66	9.10	8.82	10.86	10.52	9.94	<b>9.69</b>
<b>Cantidad de Viajes Promedio</b>	28.00	24.00	20.00	26.0	27.00	25.00	26.00	<b>25.14</b>
<b>Tiempo Espera en Pala [min]</b>	3.00	3.60	3.50	3.70	3.60	3.70	3.60	<b>3.53</b>
<b>Tiempo Espera en Chancado [min]</b>	2.90	2.20	3.60	3.90	2.40	2.30	2.10	<b>2.77</b>
<b>Tiempo Ciclo Operativo [min]</b>	39.10	40.70	39.70	42.0	40.80	43.50	39.90	<b>40.81</b>
<b>Tiempo Ciclo Efectivo [min]</b>	32.30	33.90	31.50	33.4	33.80	36.40	33.10	<b>33.49</b>
<b>Disponibilidad [%]</b>	<b>85.90</b>	<b>87.20</b>	<b>90.50</b>	<b>87.4</b>	<b>88.60</b>	<b>87.40</b>	<b>86.70</b>	<b>87.67</b>
<b>UEBD [%]</b>	<b>73.00</b>	<b>65.20</b>	<b>42.00</b>	<b>62.8</b>	<b>56.90</b>	<b>58.60</b>	<b>53.50</b>	<b>58.86</b>

Cabe destacar que de la Tabla 3-39 el tiempo de espera en chancado también considera el tiempo de aculatamiento en chancado, puesto que estos datos no se registran de forma independiente. Además, el tiempo de ciclo operativo corresponde a la suma del tiempo de espera en pala, aculatamiento en pala, tiempo de carga, viaje cargado, tiempo de descarga, viaje vacío y espera en chancado, pero no considera las demoras, por lo que es un tiempo de ciclo operativo sin ellas. El de ciclo efectivo corresponde a la suma del tiempo de carga, viaje cargado, descarga y viaje vacío.

### 3.3.6. Desafíos para Carguío

A pesar de las condiciones de la operación, del programa de operación invierno y de las dificultades a nivel global en la minería, se rescata la mayor información posible para que en combinación con la información proporcionada por Dispatch® se pueda realizar el estudio necesario y sacar las conjeturas pertinentes para las propuestas de mejora en esta operación unitaria.

La pala 4 posee un sistema de cámaras de detección temprana de caída de elementos de desgaste que está siendo estudiado en cuanto a los resultados y optimización de tiempos de operación. Este tipo de tecnología se analizará y avalará en la sección de propuestas de mejora, detallándose los antecedentes, aspectos técnicos, beneficios, etc., del sistema propuesto.

Cabe destacar que el sistema de detección de caída de los elementos de desgaste, estuvo defectuoso alrededor de 2 meses (junio a julio de 2015). Se midieron los tiempos de ciclo de la pala 4 (21 de Julio de 2015) para poder comparar dichos tiempos con los tiempos de ciclo en el período de operatividad de las cámaras.

Además, se tiene el levantamiento de datos en terreno de los tiempos de ciclo de las palas 3 y 4 que se midieron el día 22 de Julio de 2015, puesto que la cámara en el balde de la pala 4 se reparó horas antes de la medición, por lo que el estudio preliminar se enfoca en la comparación de las mediciones de este día con las del día anterior y la comparación de los tiempos de ciclo entre palas bajo diferentes condiciones de operación.

#### 3.3.6.1. *Tiempos Pala 04 con sistema de cámaras defectuoso*

Como se mencionó anteriormente, la pala 4 posee un sistema de cámaras que detecta en tiempo real el desgaste de los dientes del balde, además de otorgar mayor visibilidad del entorno al operador de la pala. Este sistema estaba en un proceso de evaluación para decidir su implementación. Sin embargo, este proyecto se deja en “*stand by*” dejando el sistema de visualización de los elementos de desgaste en un estado defectuoso hasta el 21 de Julio.

Se obtuvieron los resultados de la Tabla 3-40. En la Tabla 3-41 se tienen los promedios de pala 4 en el período observado.

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

*Tabla 3-40. Tiempos de ciclo medidos de la pala 4 el 21 de julio de 2015*

Camión N°	Baldadas	Acuatamiento	Espera por Carga/Excavación	Carga	Demoras	Comentarios
					0:09:05	Traslado cerca en la misma frente
92	3	0:00:32		0:01:55		
89	4	0:00:08	0:00:56	0:02:05		
61	4	0:00:22	0:01:17	0:01:44		
68	5	0:00:18	0:00:39	-		
78	6	0:00:36	0:00:32	0:03:43		
83	4	0:00:14	0:02:09	0:02:18		
92	3	0:00:28	0:04:00	0:01:59		Limpieza de piso en espera por carga (ayudaba al bull)
89	4	0:00:14	0:00:32	0:02:30		
61	5	0:00:20	0:01:40	0:01:58		
68	4	0:00:16	0:00:41	0:02:33		
78	5	0:01:04	0:00:56	0:02:51		
83	6	0:00:10	0:00:42	0:05:21		
92	4	0:00:03	0:01:55	0:01:58		
89	5	0:00:08	0:00:47	0:03:37		
61	5	0:00:32	0:00:37	0:02:13		
68	6	0:00:25	0:00:30	0:04:50		
78	4	0:00:14	0:01:17	0:02:10		
83	4	0:00:16	0:00:34	0:02:16		
					4:01	Coincidencia de limpieza de piso y espera de camiones (justo llega 1 y espera)
92	5	0:00:29	0:00:33	0:02:17		
61	6	0:00:23	0:00:54	0:04:09		
89	5	0:00:13	0:01:54	0:02:44		
68	5	0:00:17	0:00:40	0:02:58		
78	5	0:00:24	0:01:34	0:04:20		
83	6	0:00:11	0:00:47	0:04:28		
					0:15:32	Emparejar piso y traslado cerca (misma frente)
92	6	0:00:10	0:03:48	0:06:57		Muchos bolones en la frente
85	9	0:00:32	0:02:03	0:06:15		Muchos bolones en la frente (en cola del camión 92)

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Camión N°	Baldadas	Acuatamiento	Espera por Carga/Excavación	Carga	Demoras	Comentarios
78	7	0:00:13	0:01:30	0:04:30		Muchos bolones en la frente (en cola del camión 92)
68	8	0:00:17	0:00:52	0:07:10		Muchos bolones en la frente (en cola del camión 92)
61						Muchos bolones en la frente (en cola del camión 92)
83						Muchos bolones en la frente (en cola del camión 92)

*Tabla 3-41. Promedio de los tiempos medidos pala 4 sistema defectuoso*

Baldadas	Acuatamiento [min]	Espera por Carga/Excavación [min]	Carga [min]	Demoras [min]
5.11	0.34	1.27	3.40	9.54

Hay que resaltar que para el mes de julio y agosto, la granulometría en la tronadura no fue la indicada y tuvo bastantes inconvenientes para la operación, puesto que se tenían fragmentos de roca demasiado grandes que no podían ser descargados en los chancadores, por lo que se dispuso de crear un stock de Bolones para que a futuro sean tronados, cargados y descargados en el chancador.

También se aprecia que el tiempo de carga tiene como promedio 3.4 minutos, lo que al sumarle los otros estados, se tiene un tiempo de ciclo efectivo de aproximadamente 3.5 minutos.

Además, se observa que el acuatamiento de los camiones está incluido dentro del ciclo del carguío y se le suma al tiempo operativo de las palas. Este tema debería conversarse con los encargados para decidir si el acuatamiento de los camiones es parte del proceso del carguío o es una espera que debería considerarse como una pérdida operacional.

Se observa que las “baldadas” promedio en el turno de la pala 4 fue de 5 por carga, lo que es excesivo, puesto que al hacer las conversiones pertinentes, bajo condiciones normales, una “baldada” debería tener aproximadamente 100 toneladas de material, que por consiguiente se debería despachar al camión a las 3 “baldadas” lo que sugeriría 300 toneladas aproximadamente que es lo que se tiene presupuestado como carga promedio de los camiones (308 toneladas lo real). Esto se debe a los “bolones” en la frente lo que interfirió en el trabajo del operador de la pala. Si bien se intenta poner en las frentes de mineral a operadores avezados y a las palas con mejor rendimiento, bajo situaciones donde la granulometría es mala no se puede trabajar acorde a lo planificado. En esta situación los “bolones” al ser muy grandes, hacen que el operador tenga que

separarlos de la frente, intentar seleccionar los que soporta el chancador y/o seleccionar los que no conlleva daños a los camiones. Esto repercute en el número de “baldadas” para completar la carga de los camiones, puesto que el operador de la pala debe tener cuidado en cargar y no saturar el balde.

### 3.3.6.2. *Comparación de tiempos entre pala 03 y 04*

Las mediciones se hicieron los días 22 y 23 de Julio de 2015.

Se pretende analizar y evaluar la efectividad del uso de cámaras en las palas para la identificación de los dientes en los baldes con el propósito de disminuir los tiempos de ciclo tanto en transporte como en carguío.

Cabe destacar que las palas tienen diferentes condiciones de operación impuestas por las diferencias de cada frente de carguío. Para efectos de la detección de caída de los dientes de los baldes, se pueden tener frentes estrechas donde los camiones que están esperando a un camión siendo cargado, pueden observar el proceso y revisar que los dientes permanezcan en el balde en cada carga. También existe otro tipo de frentes estrechas donde los camiones no pueden observar la situación anterior puesto que la pala sólo puede cargar por el lado contrario al rango de visión de los camiones, lo que implica que se adicione una maniobra extra al ciclo que es la revisión de los dientes del balde. Este tipo de maniobras no se registra en los reportes y no se tiene información exacta de cuánto tiempo conlleva realizarla. También se tienen frentes en condiciones ideales que cargan por ambos lados, lo que permite un giro de balde preciso y una visión por parte de los camiones adecuada, lo que permite que el ejercicio extra anterior no sea necesario.

Para el análisis de las palas 3 y 4, se tenían varias condiciones diferentes. Las más significativas fueron las siguientes:

- Ángulo de Carga
- Frente de Carga
- Cámaras en posiciones estratégicas (Balde, costado izquierdo, atrás)

La pala 3 presentaba una condición de carguío más adversa que la pala 4. Ésta estaba en una frente muy angosta en la cual tenía que girar el balde entre 180° a 200° para poder cargar a los camiones, en cambio la pala 4 estaba trabajando en una frente más amplia, donde podía cargar a un ángulo ideal de 90°, ambas por un sólo lado.

Además de esta condición, el factor más importante en estudio es la utilización de cámaras en el balde para registrar en tiempo real el estado de los dientes. La pala 4 posee cámaras estratégicas mientras que la pala 3 no.

En la Tabla 3-42y Tabla 3-43 se tienen los promedios de los resultados obtenidos en terreno.



## CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

*Tabla 3-42. Tiempos medidos en terreno de las palas 3 y 4 del 22 de julio 2015*

PA03		PA04	
<b>Condiciones de carga</b>	1. Ángulo de carguío: entre 180° y 200°	1. Ángulo de carguío: 90°	
	2. Sin cámara en Balde	2. Con cámara en Balde	
<b>Giro Frente-Camión</b>	44.57 [seg]	9.64 [seg]	
<b>Giro Camión-Frente</b>	32.13 [seg]	9.84 [seg]	
<b>Carga del balde</b>	4.03 [seg]	3.52 [seg]	
<b>Descarga del Balde</b>	3.22 [seg]	2.01 [seg]	

*Tabla 3-43. Tiempos medidos en terreno de las palas 3 y 4 del 23 de julio 2015*

PA03		PA04	
<b>Condiciones de carga</b>	1. Ángulo de carguío: entre 180° y 200°	1. Ángulo de carguío: 90°	
	2. Sin cámara en Balde	2. Con cámara en Balde	
<b>Giro Frente-Camión</b>	36.09 [seg]	15.24 [seg]	
<b>Giro Camión-Frente</b>	26.64 [seg]	9.25 [seg]	
<b>Carga del balde</b>	4.22 [seg]	3.31 [seg]	
<b>Descarga del Balde</b>	3.52 [seg]	3.17 [seg]	

Los tiempos medidos en la pala 3 fueron efectuados desde las 11:00 hasta las 14:00 horas que se efectuó el relevo (para ambos días). Después de ello, en la pala 4, los tiempos medidos se efectuaron de 15:30 a 18:30 horas.

En la Tabla 3-44 se tiene la medición del ciclo completo en cada pala. Solamente se tomó una muestra para comparar a modo general la diferencia entre los tiempos de ciclo de cada pala.

*Tabla 3-44. Medición del tiempo de un ciclo de cada pala del 22 de julio 2015*

	Día de Medición	Medición en PA3	Medición en PA4
<b>Ciclo completo</b>	22-07-2015	2 [min], 38 [seg]	1 [min], 48 [seg]
<b>Ciclo completo</b>	23-07-2015	3 [min], 42 [seg]	2 [min], 36 [seg]

En la Tabla 3-45 se tienen los datos medidos de la inspección manual de los dientes por parte de los operadores CAEX para la pala 3.



## CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

Tabla 3-45. Tiempos de inspección manual para la detección de la caída de dientes en pala 3

Camión N°	Tiempo Inspección [seg]
92	
89	35
61	
68	30
78	21
83	27
92	
89	16
61	24
68	
78	21
83	28
92	37
89	39
61	16
68	25
78	
83	
92	39
61	16
89	
68	21
78	34
83	
92	18
85	27
78	
68	
61	
83	37

Se observa que no siempre se realiza la inspección manual de los dientes. También se tiene que el promedio que demanda esta tarea es de 26.89 segundos por ciclo. Esto se traduce en un tiempo de 38.09 minutos en un turno aproximadamente.

### 3.3.6.3. Comparación de tiempos entre pala 04 y 07

Debido a que no se tiene una comparación de los tiempos en la pala 4 entre los tiempos previos a la instalación de cámaras con los tiempos posteriores a la instalación, se compara los tiempos entre las palas 4 y 7, puesto que ambas

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL ESTUDIO

unidades de carguío se tienen para extracción de mineral y presentan las mismas condiciones operacionales en cuanto a frentes de extracción, dureza de la roca, tipo de mineral y condición de carga.

Como consecuencia del cambio del ASARCO y la implementación en Dispatch®, los tiempos de ciclo para la flota de carguío no son confiables y se presentan de forma errada. Por esto mismo se decide evaluar los meses de mayo a julio, comparando tiempos totales o aproximaciones a los tiempos de ciclo.

En la Tabla 3-46 se tienen los datos más importantes para la pala 04.

*Tabla 3-46. Resumen de estadísticas para la pala 04*

	Mayo	Junio	Julio	Promedio
<b>Fase de Explotación</b>	F8NE y F7DW	F8NE y F7DW	F7DW	-
<b>Rendimiento Efectivo [t/h]</b>	6,996	7,274	7,005	7,092
<b>Cantidad de Baldes por Camión</b>	3.61	3.86	3.94	3.80
<b>Tiempo Promedio de Carga [min]</b>	2.28	2.15	2.26	2.23
<b>Tiempo Efectivo Promedio [min]</b>	3.14	3.00	3.13	3.09
<b>Pérdidas Operacionales [min]</b>	2.29	2.33	2.21	2.28
<b>Demoras Programadas [min]</b>	24.66	18.90	19.85	21.14
<b>Demoras No Programadas [min]</b>	16.58	15.53	15.71	15.94
<b>Disponibilidad [%]</b>	86.70	90.40	77.70	84.93
<b>UEBD [%]</b>	40.60	41.00	42.60	41.40

En la Tabla 3-47 se tienen los datos más relevantes para la pala 07.

*Tabla 3-47. Resumen de estadísticas para la pala 07*

	Mayo	Junio	Julio	Promedio
<b>Fase de Explotación</b>	F8NE	F8NE y F6SW	F8NE y F7DW	-
<b>Rendimiento Efectivo [t/h]</b>	7,416	6,511	7,530	7,152
<b>Cantidad de Baldes por Camión</b>	3.78	4.01	3.83	3.87
<b>Tiempo Promedio de Carga [min]</b>	2.02	2.23	1.96	2.07
<b>Tiempo Efectivo Promedio [min]</b>	3.00	3.39	2.94	3.11
<b>Pérdidas Operacionales [min]</b>	2.11	2.30	1.92	2.11
<b>Demoras Programadas [min]</b>	25.32	21.87	21.80	23.00
<b>Demoras No Programadas [min]</b>	16.08	15.91	11.94	14.64
<b>Disponibilidad [%]</b>	86.80	87.40	88.40	87.53
<b>UEBD [%]</b>	44.60	43.30	48.10	45.33

De las Tablas anteriores, para obtener el tiempo efectivo promedio, se calcula considerando el tiempo total del mes dividido por la frecuencia de este estado. Las palas están en tiempo efectivo desde que el operador del CAEX marca la llegada hasta que el operador de la pala despache al camión a su nuevo destino (carga completa). Luego de esto, pasa a estar en pérdida operacional, es decir, en el código 101.

Al estudiar y comparar ambas palas, se observa que la pala 7 tiene mejores resultados en cuanto a rendimiento, puesto que los tiempos de la tasa de excavación de la pala 7 son menores a los de la pala 4. Por esto mismo, no se puede hacer una comparación de los tiempos de operación. Además, la pala 4 es una P&H 4100XPB y la pala 7 es una P&H 4100XPC, ambas con el mismo balde de 73 [yd<sup>3</sup>], pero diferente tipo de tecnología en cuanto al control de la pala. La XPC tiene un mejor control de los motores y del movimiento del balde, lo que la hace más rápida y más eficiente, donde los operadores sienten que es casi el doble de rápida que una XPB.

Por lo anterior se decide graficar la UEBD de la pala 4 de mayo a septiembre de 2015. En el Gráfico 3-13 se tiene la evolución de la UEBD.

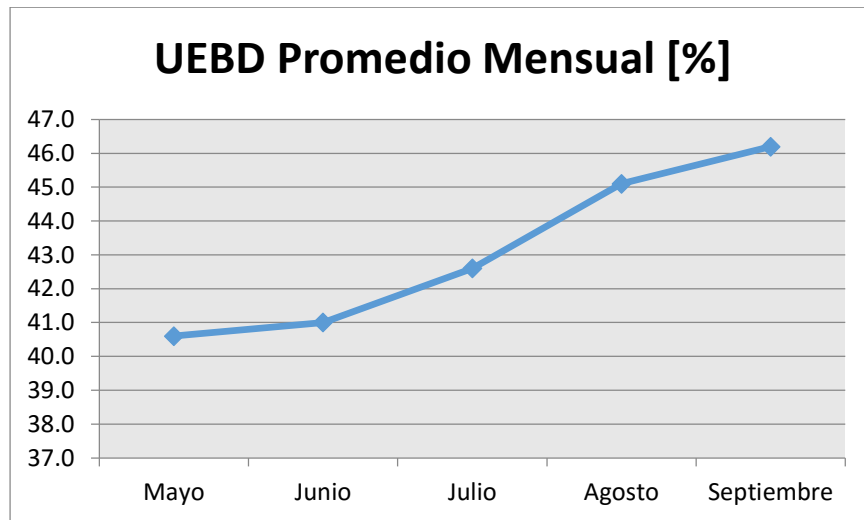


Gráfico 3-13. Evolución del promedio mensual de la UEBD

Para tener una mejor comprensión de la evolución anterior, en la Tabla 3-48 se tienen los datos que influyen en el cálculo de la UEBD para estos meses.

Tabla 3-48. Datos influyentes para la obtención de la UEBD de mayo a septiembre

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
<b>Tiempo Efectivo [min]</b>	3.14	3.00	3.13	3.13	3.12
<b>Pérdidas Operacionales [min]</b>	2.29	2.33	2.21	2.11	2.03
<b>Demoras Programadas [min]</b>	24.66	18.90	19.85	16.37	16.88
<b>Demoras No Programadas [min]</b>	16.58	15.53	15.71	13.27	11.62

Del Gráfico 3-13 se aprecia claramente una tendencia a la alza de la UEBD, lo que al analizar los datos de la Tabla 3-48, se tiene que los tiempos más influyentes en el aumento de la UEBD son la disminución de las pérdidas operacionales y las demoras.

Para efectos de relacionar estos datos con la instalación de las cámaras de detección de elementos de desgaste, el tiempo que se utiliza en ver de forma manual los dientes del balde es una pérdida operacional. También se tiene que al momento de detectarse que falta un diente del balde, se considera como una demora no programada. Tanto las demoras no programadas como las pérdidas operacionales disminuyeron en el tiempo de estudio, lo que se puede inferir a priori, que el sistema de las cámaras conlleva una mejoría en la UEBD puesto que no se requiere de examinar los dientes de forma manual ni tampoco de esperas por detectar un diente caído y/o reparación del balde.

### **3.4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO**

#### **3.4.1. Chancado**

Respecto a los tiempos, se concluye que los promedios son valores normales dentro de la operación, se tiene un tiempo de vaciado promedio de 1.43 minutos. Se podrían mejorar estos tiempos, pero repercutirían muy poco, aunque todo cambio positivo, por muy pequeño que sea, es importante.

Respecto a la diferencia de tiempos, se recomienda que exista una especie de capacitación para los operadores para enseñarles el momento oportuno que deben marcar e ingresar en la pantalla los cambios en su ciclo. Esto conlleva el estudio de la evaluación de los operadores, puesto que los tiempos reportados cambiarían respecto a la anterior reportabilidad. Se debe hacer un estudio sobre cambios en las evaluaciones a los operadores.

#### **3.4.2. Transporte**

Se concluye que los tiempos medidos con los tiempos reportados tienen diferencias que están dentro de los parámetros normales. Sin embargo, estas diferencias se deben principalmente a la forma de reportar de los operadores y de las dificultades que presenta la operación en si (pérdidas de señal en los equipos desconectándose de Dispatch imposibilitando el registro de datos, etc.).

Sobre el estudio del factor de carga se puede decir que la carga en los camiones es aceptable de acuerdo a lo recomendado por el fabricante, sin embargo existen equipos a los cuales se les sobrecarga. También se debe tener cuidado con la estiba de los camiones, puesto que la carga está desfasada del centro del camión en un 55%, en base al estudio de factor de carga realizado.

### 3.4.3. Carguío

Se puede concluir que la operación de carguío no presenta mayores desafíos operacionales en cuanto al manejo y control de los tiempos de ciclo. Sin embargo se puede mejorar en temas de factor de carga y estiba por parte de los operadores de las palas. A priori se puede concluir que la implementación de las cámaras tiene beneficios en cuanto a disminución de las pérdidas operacionales y disminución de las demoras, lo que conlleva un aumento del tiempo efectivo y a su vez de la UEBD, en base a los tiempos medidos que tiene la identificación manual de los elementos de desgaste (38 minutos por turno aproximadamente).

Las cámaras de visión reemplazarían la maniobra operacional de mostrar el balde, lo que significa una pérdida operacional de 30 segundos por ciclo.

## CAPÍTULO 4

---

### 4. PROPUESTAS DE MEJORA

El siguiente capítulo consta de las propuestas de mejora asociadas a cada desafío que presenta la operación, separadas por área de trabajo. Además se incluye una sección con los desafíos y necesidades que se presentan en el área de despacho de las cuales se tienen algunas relacionadas a las demás áreas.

#### 4.1. CHANCADO

A modo de recordatorio, se lista la serie de desafíos que presenta esta área:

- Falta de comunicación entre chancado y despacho.
- Tiempos de respuesta en el horario de colación.
- Tiempos de reacción respecto al semáforo de descarga.
- Renovación de equipos

##### 4.1.1. Propuestas para Chancado

###### 4.1.1.1. *Comunicación entre las áreas*

El tema central es la comunicación y el velar por la operación, no por los propios intereses. Si bien los operadores deben cumplir metas diarias, es necesario que se hagan charlas o capacitaciones de mejoramiento continuo, donde se enfatice el hecho de agregar valor al negocio como grupo minero. Es necesario capacitar a los operadores o darles charlas motivacionales semanales (o mensuales) explicándoles que debe existir una buena comunicación entre las diferentes áreas e inculcar el trabajo en equipo, puesto que de esa manera se podría ganar tiempo de operación, tener menos pérdidas operacionales, etc. La idea es inculcar a los operadores que trabajando en equipo y viendo el negocio global, todos ganan y que a la vez si se preocupa sólo de los intereses personales, la pérdida no sólo será de la otra área, sino que también de uno.

Otra recomendación es que las vías de comunicación entre las áreas sea más fluida, es decir, que si el chancado esta atollado, no baste con sólo cambiar el estatus en Dispatch®, sino que también se llame a despacho para informar la situación y de acuerdo a la expertiz del operador, se informe un tiempo esperado de solución del problema, con lo que el despachador teniendo eso en cuenta, pueda asignar a los camiones de mejor manera y así recuperar tiempos perdidos. La idea es generar compromisos entre las áreas.

###### 4.1.1.2. *Horario de colación*

Para el tema de la colación, se recomienda rediseñar la sala de chancado, donde el operador tenga todos los elementos necesarios a su alcance y no pierda tiempo

en recorrer la sala constantemente. También se puede incluir un tercer operador en chancado, donde se debe realizar un estudio que compare ambas opciones.

### *4.1.1.3. Semáforo de descarga*

El semáforo y los tiempos de reacción es un tema que se puede manejar, si bien son tiempos aceptables, se podría generar una especie de sincronización entre el semáforo y una alarma dentro del camión para asegurar de que el operador reciba la información de descarga en manera oportuna y reaccione de manera más rápida.

### *4.1.1.4. Renovación de Equipos*

Además, se propone cambiar el martillo picador de la sala de chancado 1, puesto que tiene el cabezal muy desgastado, lo que conlleva que los atollos duren más de lo normal. Se debe realizar un programa de cambio del equipo, además de una gestión de mantenimiento y de repuestos para los pica rocas en ambas salas de chancado.

## **4.2. TRANSPORTE**

Para el transporte se tienen las siguientes oportunidades de mejora mencionadas en la sección 3.3.4. :

- Interferencia en caminos angostos.
- Los traslados de los operadores CAEX no se registra por Dispatch y el relevo.
- Malas prácticas en la toma de decisiones de los operadores.
- Demoras por limpieza de caminos.
- Desafíos con la gran cantidad de derrames. Rampas muy empinadas, mala estiba o factor de carga excesivo.
- Maniobra de acuatamiento
- Ingreso de datos y reportabilidad.

### **4.2.1. Propuestas para Transporte**

#### *4.2.1.1. Caminos angostos*

El diseño de los caminos, sobre todo los angostos se debe analizar con el área de planificación a largo plazo. Se debe realizar un estudio de los tiempos que toman los CAEX en este tipo de espera, y evaluar cuanto es el beneficio si no se tuvieran. De esa manera se puede desarrollar un diseño global de los caminos de la mina antes de su cierre.

#### *4.2.1.2. Traslado de operadores*

El tema de los relevos se podría manejar de mejor manera si se tuviera un plan de acción que evalúe y gestione el sistema de traslados. La idea es generar un procedimiento que sea óptimo para la operación y que signifique la menor cantidad de tiempo. Se debe realizar un plan de acción dinámico que se vaya adecuando a los requerimientos de la mina y a las condiciones que ésta presenta.

Este plan tiene que considerar las distancias entre los diferentes destinos de los camiones y los comedores, junto con las velocidades promedio de los equipos. También se debe evaluar la posibilidad de trasladar o incorporar un comedor a los sectores lejanos para que no existan tiempos de traslado excesivos. Este tipo de planes debe conversarse con planificación a largo plazo.

Además, se recomienda considerar la implementación de un nuevo estado en los operadores de los CAEX que considere el traslado del personal, puesto que de esta manera se llevaría un control de los tiempos de traslado para poder gestionar los posibles desafíos y coordinar planes de acción con la empresa colaboradora encargada de los traslados. Si el traslado al comedor es efectuado en el mismo camión, es importante registrar este tiempo de forma separada, ya que al individualizarlo, se obtendría el tiempo efectivo real (hoy el traslado está incluido en el tiempo efectivo), además de un registro de los tiempos de traslado, lo que sería una herramienta importante al despachador para tomar decisiones de la asignación de los CAEX a los diferentes comedores móviles en la mina.

### *4.2.1.3. Limpieza de caminos*

El tema de derrame de las rampas de salida de las frentes puede solucionarse de varias maneras dependiendo de la causa que esté generando este inconveniente. En el caso que sea la pendiente muy elevada de las rampas, se debería estudiar y analizar la factibilidad de disminuir la pendiente a una tal que no hayan derrames por los camiones. Otro factor a considerar es “la mano del palero”, es decir, que el material quede colmado sobre la tolva del camión de tal manera que no hayan derrames (estiba de la carga) y no sobrecargue a los camiones (factor de carga). Y el tercer factor es el movimiento del camión, es decir, que el operador no sea tan brusco en manejar, sobre todo en las pendientes y curvas, lo que tiene por consecuencia un sacrificio de tiempo al disminuir las velocidades de avance.

Como se vio en el estudio de factor de carga, se debe tener cuidado con sobrecargar los equipos, puesto que además de provocar derrames, se tienen desgastes exagerados de los componentes del camión. También se debe capacitar a los operadores de las palas, ya que un 55% de la carga no está centrada, lo que provoca desgaste prematuro de los neumáticos y derrames en los caminos.

### *4.2.1.4. Maniobra de aculatamiento*

De acuerdo a la diferencia de la maniobra de aculatamiento, se recomienda hacer una especie de capacitación a los operadores para que de forma estándar y unánime ingresen los datos a Dispatch. De esta manera se tendrá de forma precisa los tiempos de ciclo de los CAEX de acuerdo a lo que realmente debería ser. Se pueden dar al finalizar las charlas de inicio de turno de cada grupo. Es necesario tener dos semanas de marcha blanca para que los operadores se vayan acostumbrando al nuevo proceso de ingreso de datos, es decir, una administración del cambio.



### 4.2.1.5. *Ingreso de datos y reportabilidad*

Otra recomendación relacionada a la propuesta anterior es la modificación del ingreso de datos a Dispatch. Sería bueno reconsiderar la idea de reprogramar el ingreso de datos, es decir, agregarle un paso más a lo que deben marcar los operadores CAEX. La secuencia sería la siguiente:

#### **PRIMERA OPCIÓN**

1. Al llegar al destino, marcar la llegada.
2. Si no hay un camión antes del camión que llegó, iniciar la maniobra de acuatamiento y una vez que esté listo, marcar la descarga/carga.
3. En el caso que haya un camión anterior, una vez detenido el camión, marcar una nueva opción que se llame espera. De esta manera el tiempo entre la llegada y en que marca la espera, se considera como acuatamiento (pre-acuatamiento). Cuando el equipo anterior se retire, el operador marque una opción que se llame Fin Espera (o Acuatamiento), inicie el resto del acuatamiento y cuando esté listo, marque la opción de carga/descarga. Con esto, el tiempo entre la Espera y la carga/descarga, se considera como acuatamiento (sumándose al anterior) y la espera es el tiempo que tuvo entre que marco Espera y Fin Espera (o Acuatamiento).

#### **SEGUNDA OPCIÓN**

En el caso que no se pueda realizar la recomendación anterior, se puede configurar el Dispatch de tal manera que trabaje en “*Background*”. A esto, el memorista se refiere a que el operador marque los tiempos y Dispatch trabaje de forma independiente de fondo y haga las conversiones y cálculos correspondientes. Es decir, siguiendo la secuencia actual del proceso, Dispatch debería hacer lo siguiente:

1. El operador al llegar al destino, marcar la llegada.
2. Si no hay un camión que lo anteceda, que el camión inicie la maniobra de acuatamiento. Para esto, el camión ya debió marcar la llegada y si el camión sigue en movimiento, este tiempo se considere como acuatamiento hasta que se detenga el camión que sería cuando está listo para cargar/descargar e ingrese a Dispatch la carga/descarga.
3. Para el caso en que haya un camión cargando/descargando, el operador marque la llegada donde corresponda. Luego mientras el camión este en movimiento, este tiempo se considere como acuatamiento hasta que el camión se detenga para esperar a que salga el camión que lo antecede. Cuando se detenga, automáticamente empieza a tomar el tiempo de espera mientras el camión este detenido. Finalmente, cuando se vaya el equipo anterior, reanude la marcha y de forma automática pare de tomar tiempo de espera y le sume el tiempo que se demore en posicionarse a

cargar/descargar al aculatamiento que consideró anteriormente y se detenga una vez que el operador marque la carga/descarga a Dispatch.

Con una de estas dos alternativas se tendría un detalle del ciclo del equipo para interpretar mejor los datos y poder tomar decisiones que agreguen valor al negocio.

### 4.3. CARGUÍO

Los tiempos en la pala 3 se ven afectados por dos motivos.

- El primero es por la condición de la frente de carguío la cual al ser angosta, la pala tiene que girar con un mayor ángulo el balde para poder cargar a los camiones. Esto se traduce en una pérdida de tiempo en comparación con una operación en condiciones normales como en la pala 4 (giro de 90°).
- El segundo motivo es el uso de cámaras en posiciones estratégicas que le permiten al operador tener un mayor control sobre su entorno de trabajo. Con esto el operador debe gastar menos tiempo en observar las condiciones que le rodean para operar de manera segura.

Se observó que al tener la cámara en el balde de la pala, se optimiza en 100% el uso del tiempo empleado en la revisión de los dientes, puesto que ya no existe la necesidad de que el operador de la pala tenga que mostrar los dientes al operador del camión y que éste le indique la condición del balde. Con la cámara, en tiempo real, se obtiene un detalle del estado de los dientes donde se puede ir viendo en cualquier momento del ciclo de operación la condición del balde. Además, el uso de la cámara mejoraría la seguridad en la frente, ya que se instalan 3 cámaras adicionales a la del balde (una atrás y a cada costado del equipo), las cuales tienen un ángulo de visión de 120°, por lo que el operador tendría prácticamente entre un 80% y 90% de visibilidad del entorno, cuidando así de operar de forma segura para el mismo y para los equipos de apoyo que en ocasiones operan de manera simultánea en la frente o de vehículos livianos que necesiten transitar por el lugar o personal de topografía a pie.

Como resumen, la diferencia entre estos dos elementos que aumentan los tiempos de ciclo de carguío es que la condición de la frente de carguío no es muy “manejable”, hay oportunidades donde las condiciones del rajo no permiten operar de manera óptima y eficiente, por lo que no se puede hacer mucho para mejorar esta condición, en cambio, el uso de cámaras, disminuye los tiempos de ciclos independiente de las condiciones adversas que pueda presentar la frente.

La idea es hacer un estudio de los tiempos que recurre la pala en mostrar los elementos de desgaste a los operadores CAEX cuando se está en condiciones adversas en la frente.

#### 4.3.1. Propuesta de Implementación

Se decide por presentar como propuesta a implementar el uso del sistema de visión y detección en tiempo real de la caída de los elementos de desgaste.

Las cotizaciones realizadas por el área de mantenimiento se iniciaron en 2013.

Se han hecho pruebas de evaluación en la pala 4, de octubre de 2013 a diciembre de 2014, lo que ha arrojado buenos y confiables resultados.

Alguno de los beneficios (de los más importantes) que se ganarían con la implementación de la tecnología de monitoreo de los elementos de desgaste son:

- Prevenir accidentes de alto potencial por retiro de inchancables.
- Monitorear los elementos de desgaste de baldes de pala y prevenir que lleguen a chancado y produzcan detenciones no programadas asociadas a pérdidas operacionales y de producción.

Se hace un análisis de todo lo que conlleva la utilización de las cámaras, desde la instalación, características, aspecto técnico hasta los beneficios que entrega el uso de esta herramienta a la operación y a los temas de seguridad.

Una de las causas comunes en la inactividad de las palas de alto rendimiento es el rompimiento de los dientes del balde (elementos de desgaste). Un diente roto que no es detectado puede generar muchos inconvenientes aguas abajo, puesto que el diente roto se considera como un elemento inchancable, que puede trabar los chancadores de la mina, deshabilitándolo por horas hasta días, generando costos altísimos de miles de dólares a la empresa.

Uno de los fabricantes de esta tecnología basada en cámaras es **Motion Metrics International Corp. (MMI)**, la cual tuvo como representante en Chile (“*Dealer*”) a **TTM Chile** los que ofrecen el “*Sistema de Visión MMI*”. En 2015 el fabricante oficial se ha instalado en el país, por lo que ya no se requiere del representante TTM. Cabe mencionar que el estudio se basa en información que data del 2014, por lo que las pruebas realizadas están hechas por dicha empresa.

El Sistema de Visión MMI contempla la instalación combinada de los sistemas **ToothMetrics™**, **ViewMetrics™**, **RadarMetrics™**, **FragMetrics™** y **WearMetrics™**. Más mineras a nivel global se han ido interesando en este sistema por el beneficio que se puede obtener de los productos MMI.

En la actualidad MMI ha implementado una nueva tecnología llamada **ShovelMetrics™** que se construye sobre la tecnología de **ToothMetrics™**, la cual entrega resultados probados de detección de caída de dientes.

En el Anexo C, sección 7.3, se encuentran los antecedentes y aspectos técnicos que tiene todo este sistema tecnológico a implementar. Además, se incluye la evaluación de alternativas a esta tecnología.

### 4.3.1.1. *Objetivo del Uso de Cámaras*

El objetivo principal del uso del Sistema de Visión MMI y del uso de cámaras es la detección temprana de la caída de los elementos de desgaste del balde de las palas y la optimización del tiempo del ciclo de operación de carguío.

### 4.3.1.2. Alcance del Uso de Cámaras

En primera instancia, se aplicaría esta tecnología sólo a las palas y no a los cargadores frontales, puesto que sólo se han hecho pruebas en la pala 4.

### 4.3.1.3. Beneficios

Sin que se tengan mayores antecedentes del tema, es lógico pensar que el uso de las cámaras y todo lo involucrado con el monitoreo en tiempo real de los elementos de desgaste, tendría más efectos positivos que negativos en la operación. Sin embargo, esta tecnología tiene un gasto de inversión asociado, por lo que hay que evaluar otras alternativas antes de tomar la última decisión.

Tiene múltiples beneficios la utilización de esta tecnología como por ejemplo, con la detección temprana de la caída de algún diente, la mina puede evitar tiempo no planificado de inactividad en el chancador, prevenir daños en equipos que vienen en etapas posteriores al carguío y salvar la vida de los operadores eliminando el peligro para la seguridad asociado a la extracción del diente del chancador.

### 4.3.1.4. Que se espera lograr

De acuerdo a las entrevistas realizadas y a la información obtenida, se tiene una serie de debilidades en el sistema de carguío que se quieren mejorar.

Respecto al sistema de monitoreo de los elementos de desgaste se pretende:

- Prevenir accidentes de alto potencial cuando se trabaja en el retiro de elementos de desgaste inchancables (dientes) provenientes de los equipos de carguío.
- Monitorear los elementos de desgaste de baldes de pala y prevenir que lleguen a chancado y produzcan detenciones no programadas asociadas a pérdidas operacionales y de producción.
- Prevenir daños al sistema “Hidroset” de los chancadores, el cual cumple la función de mantener una abertura determinada de chancado para el mineral, entre las corazas fijas y el eje principal (poste).

Lo que se quiere lograr para el Sistema de Monitoreo en línea de componentes críticos en palas eléctricas es lo siguiente:

- Prevenir fallas catastróficas en componentes principales, transmisiones Swing, Crowd, Hoist y motores asociados a estas transmisiones.
- Mejora en la toma de decisiones basado en la información predictiva confiable para realizar mantenimiento y/o cambio de componentes previamente.
- Optimizar el cambio de componentes de acuerdo a las condiciones que se presenten.

Además de lo anterior, en temas de seguridad se busca:

- Mejorar la seguridad de los trabajadores, a través de la reducción o eliminación de las reparaciones de emergencia.
- Prevenir accidentes de alto potencial por retiro de inchancables.

## CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA

En cuanto a producción se pretende aumentar las horas efectivas de operación de la palas.

### 4.3.1.5. *Cómo genera Valor al Negocio*

A nivel operacional, con esta tecnología se ayuda a asegurar el cumplimiento de los planes de producción del caso base.

### 4.3.1.6. *Estudio y Análisis de Efectividad*

Se realiza un estudio en base a la cantidad de horas utilizadas en las inspecciones de los gets.

En la Figura 4-1 se tienen 3 gráficos con el fin de comparar la cantidad de horas utilizadas en las inspecciones de los años 2012 a 2014.

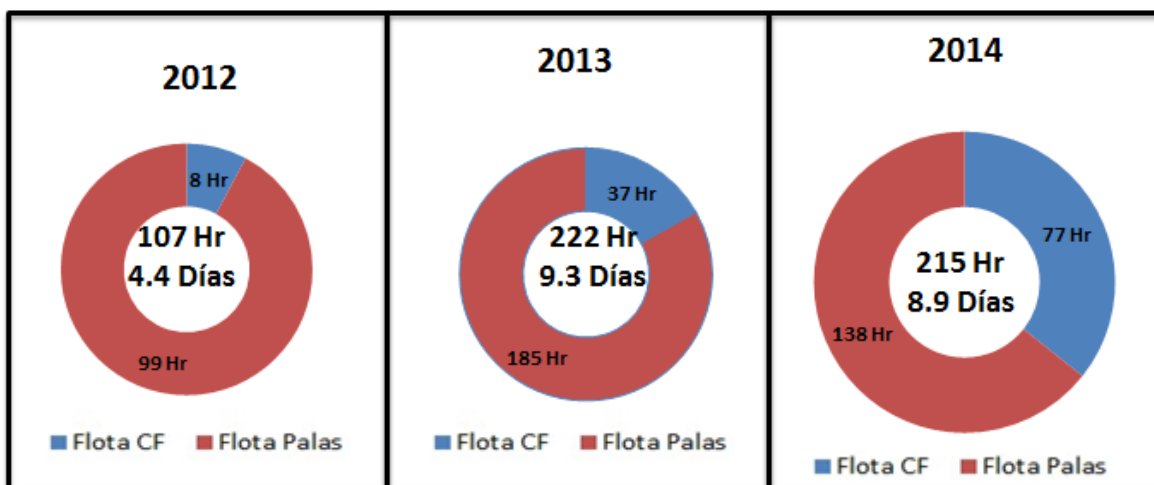


Figura 4-1. Cantidad de horas utilizadas en inspección de gets

Se observa que la tendencia hasta 2014 era a la alza, es decir, cada vez más se requiere la inspección de los elementos de desgaste producto de las condiciones intrínsecas de la mina (dureza de la roca, tipo de mineral, tronadura, granulometría, etc.), pasando de 107 horas al año a 215 horas al año. En la sección Anexo D Figura 7-10, se tiene un detalle de las horas utilizadas para cada equipo.

De acuerdo a un estudio confidencial por parte de la empresa cotizante, al aprobar el proyecto, se tendría que inspeccionar al año los gets 107 horas al año (mismos valores que el 2012), por lo que se tendría una recuperación aproximada de 4.5 días. Es decir, se tendría un aumento de 4.5 días de disponibilidad el equipo lo que se vería en un aumento de la UEBD significativa.

Respecto a los tiempos de ciclo de las palas, se ha disminuido de 2 min/ciclo a 1.2 min/ciclo el tiempo de la pala esperando a camión, lo que implica una mejora de la UEBD en un 1%. Estos resultados están calculados en base a datos históricos (Dispatch) de la pala 4 comparando la información entre tiempos cuando no tenía el sistema de cámaras y tiempos con las cámaras instaladas. Esta disminución de tiempo es comparada con la actual práctica de revisar los GETS de forma manual, lo que implica una pérdida operacional que incrementa el tiempo de ciclo de los camiones.

## CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA

### 4.3.1.7. Estudio económico preliminar de la implementación de la tecnología

Se decide realizar una evaluación económica simple con los siguientes parámetros a considerar:

- La inversión inicial del sistema de cámaras corresponde aproximadamente a \$1,000,000 USD, de acuerdo a la cotización de la empresa MMI adjuntada en la sección Anexo C, 7.3.6.
- De acuerdo al análisis previo, se tiene un ahorro de tiempo de 0.8 minutos por camión. En promedio cada camión transporta 305 toneladas húmedas y la pala 4 tiene un rendimiento de 85 [ktpd]. Por lo tanto, la pala 4 carga 278 camiones en promedio, lo que implica un ahorro en tiempo de 222.4 minutos, es decir 3.71 horas adicionales.
- Se asume que se ocuparan el 25% de esas horas adicionales (0.93 horas por día), que se traduce en 4.1 [ktpd] extras de mineral por pala. En consecuencia, como se tienen 2 palas en frentes de mineral, se tendrían 8.2 [ktpd] adicionales.
- Al año se tienen 2.87 [Mton] de mineral con una ley media de 0.69% de Cu. Considerando una recuperación de 89%, se tienen 17.62 [kton] de cobre fino pagable por año.
- Suponiendo un precio de 2.2 [US/lb] y un C1 de 1.4 [US/lb], se tiene un beneficio equivalente a 0.8 cUS/lb, lo que implica una ganancia de \$3.11 MUSD por año.

En la Tabla 4-1 se tiene una evaluación económica del VAN, de acuerdo a la cotización realizada.

*Tabla 4-1. Análisis del VAN del proyecto de cámaras*

	Unidad	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Mineral</b>	kton		8.20	8.20	8.20	8.20	8.20
<b>Cobre Fino</b>	kton		17.62	17.62	17.62	17.62	17.62
<b>Ingresos Cu</b>	US\$M		3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
<b>Inversión</b>	US\$M	1					
<b>Flujo de Caja</b>		-1.00	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
<b>VAN (8%) [MUSD]</b>							\$10.57
<b>TIR</b>							311%

El cálculo se hizo con una tasa de descuento de 8%. Se observa que el proyecto es viable económicamente con un VAN de \$10.57 MUSD.

### 4.3.1.8. *Observaciones y Trabajo Futuro*

La primera observación a realizar es el hecho de la tecnología a implementar. La cotización se realizó tiempo atrás postergándose en el tiempo por diversos motivos. Actualmente el fabricante ofrece una nueva tecnología basada en la que se cotizó, por lo que se recomienda que se renueve la cotización con la nueva tecnología para obtener mejores resultados y mayores beneficios.

La cotización final para el resto de la flota de carguío se hará con el fabricante original, Motion Metrics.

Se recomienda encarecidamente llevar a cabo este proyecto, debido a que sus beneficios son positivos para la operación.

Por temas de tiempo y de disponibilidad, se recomienda a la empresa que se haga un análisis de los tiempos de los ciclos de carguío y que haga una medición de los tiempos que se necesiten para el monitoreo de los elementos de desgaste en palas que no posean la tecnología y en la pala 4 que posee el sistema de cámaras. De esta manera se podrán comparar los tiempos del ciclo y evaluar cuál es el beneficio en tiempo, que se traduce en la utilización de los camiones y a su vez en la producción (toneladas) que tiene el uso de cámaras.

Como no todas las palas operan de la misma manera, se propone realizar un análisis estadístico de los tiempos de ciclo de las palas sin la tecnología, para luego comparar los tiempos de ciclos una vez que se instale el sistema de visión.

## 4.4. DESPACHO

De acuerdo a entrevistas con los despachadores de los 4 turnos, se tienen las siguientes necesidades:

- No existen reportes con los tiempos individualizados del ciclo de camiones ni el de palas.
- Para los despachadores sería útil tener una herramienta que segregue las colaciones por comedor y cantidad de camiones por éstos, con el fin de gestionar la asignación de camiones a los comedores de manera automática y no manual.
- Plan invierno: reporte con los camiones que tengan cadenas.
- Para la asignación dinámica no se tienen los tiempos promedio de las demoras, el sistema realiza las asignaciones de acuerdo a tiempos que vienen predeterminados por el sistema. Se debe hacer un estudio de las demoras para poder ingresarlas a Dispatch® y así utilizar la asignación dinámica de forma eficiente.

También se entrevistó a los instructores mina de los 4 grupos, puesto que ellos están más pendiente de los sucesos en terreno.

- Con respecto al nuevo ASARCO, la información es transmitida a los operadores a través de los despachadores, los cuales utilizan un lenguaje técnico que en algunas ocasiones no logran entender. Se debe transmitir la

## CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA

información de instructor a operador, ya que se tienen más confianza y se expresan con las mismas palabras.

- Existe un tema con el cambio de turno de las EE.CC. Tienen diferentes horarios y quedan bloques sin cubrir. El turno en pelambres termina a las 9:00 o 21:00, en cambio el de las EE.CC. termina a las 8:00 o 20:00, por lo que existe un tiempo de una hora y media sin cubrir por ellas, sobre todo con las empresas de mantención de equipos. Se debe organizar en conjunto Pelambres con las EE.CC. un sistema de Cuadrillas que cubra dichos tiempos. También se podría generar una unificación de los tiempos para cubrir esta falta de personal, lo que debería conversarse en conjunto con las EE.CC.
- Los instructores concuerdan unánimemente que el ancho y la pendiente de las rampas está fuera de lo estándar, ya que dicen que tienen mucho derrame en los caminos.
- Cantidad de operadores v/s cantidad de equipos. Se tienen más equipos que operadores, además de tener una distinta dotación de personal entre los grupos.
- Los operadores no saben cómo los van a evaluar y trabajan a la suerte. Tampoco se tiene un seguimiento de su trabajo para ir haciendo un “*feedback*” a los operadores con el propósito de motivar su trabajo. Se sugiere realizar presentación de corta duración que explique el avance que tienen los operadores con respecto a las metas que presenta operaciones.



## CAPÍTULO 5

---

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A modo de conclusión general se recomienda a la empresa gestionar lo antes posible la reportabilidad, puesto que sin una confiabilidad de los datos, las decisiones tomadas pueden ser erróneas. Es necesario tener una base de datos fidedigna y completa para poder realizar una gestión correcta y tener el control necesario de la operación.

Respecto al análisis estadístico de los datos obtenidos por Dispatch® y del levantamiento de datos en terrenos, se concluye que la operación de Minera Los Pelambres posee varios desafíos significativos, como la falta de comunicación entre las áreas, el desarrollo y planificación de los caminos, el traslado de los equipos de carguío, el traslado de los operadores a colación, etc., que al desarrollarlos se obtendrían beneficios en la productividad y producción.

Se tienen desafíos humanos y de gestión, como la organización y el compromiso entre las áreas, la reportabilidad, el seguimiento de los diferentes procesos, etc., lo que en suma de cada uno de los detalles, generaría grandes frutos dentro del negocio global.

Es necesario tener información de las necesidades de cada área, puesto que una actividad provechosa en todo grupo de trabajo es el “*Feedback*”.

Se recomienda hacer un seguimiento de la estiba y factor de carga de los camiones, y de la pendiente de las rampas de acceso, puesto que la cantidad de derrames en los caminos y el tiempo en su limpieza es elevado. Este desafío influye directamente en las demoras no programadas, lo que disminuye los tiempos efectivos de las palas y camiones, conllevando una disminución en la UEBD.

Una forma de agregar valor al negocio es con la incorporación de nuevas tecnologías a los sistemas actuales de operación, como el sistema de visión y monitoreo de los elementos de desgaste en las palas de carguío. La instalación de esta tecnología permitirá disminuir los tiempos de pérdidas operacionales (inspección manual de los dientes) y de las demoras no programadas (detección de inchancables), junto con una disminución de las horas de inspección por parte de las cuadrillas de mantenimiento. Esto repercute en recuperar tiempo efectivo, lo que aumentaría considerablemente la UEBD de las palas.

**6. BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Modular Mining Systems, Inc. Informe “Especificación Funcional Nuevo ASARCO AMSA”, Minera Los Pelambres. Salamanca, Febrero 2015.
- [2] Vicepresidencia de Operaciones, AMSA S.A. Informe “Directriz para Reportabilidad de Tiempos e Índices Equipos Mineros - Grupo Minero AMSA”. Santiago, Octubre 2013.
- [3] MINERA LOS PELAMBRES. Proceso productivo de mina a puerto. 2015. [en línea] <<http://www.pelambres.cl/proceso-productivo-mina.html>> [consulta: 29 abril 2015]
- [4] Sistemas y Despacho, Gerencia Mina, Minera Los Pelambres. Informe “Nuevo ASARCO AMSA”. Salamanca, Febrero 2015.
- [5] Modular Mining Systems, Inc. (2007). Intellimine, Curso Dispatch Nivel 1. Santiago.
- [6] Modular Mining Systems, Inc. (2007). Intellimine, Curso Dispatch Nivel 2. Santiago.
- [7] Modular Mining Systems, Inc. (2007). Intellimine, Curso Dispatch Nivel 3. Santiago.
- [8] SlideShare. Dispatch Final. 2012. [en línea] <<http://es.slideshare.net/carloseyquem/dispatch-final>> [consulta: 28 mayo 2015].
- [9] LAGOS, Eduardo Andrés. 2007. Gestión Operativa del Sistema de Despacho Estudio Técnico y Económico. Santiago, Universidad de Chile, Tesis (Ingeniería Civil de Minas) – Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas. pp. 22-27.
- [10] MOTION METRICS. Extending Machine Senses, Shovel Solutions, ShovelMetrics. [en línea] <<http://www.motionmetrics.com/shovels/>> [consulta: 29 julio 2015].

## 7. ANEXOS

### 7.1. ANEXO A

	Camiones	Carguío	Perforadoras	Chancado
Colación	x	x	x	x
Cambio de Turno	x	x	x	x

Figura 7-1. Nueva distribución de demoras programadas

	Camiones	Carguío	Perforadoras	Chancado
Actividades de Seguridad	X	X	X	
Baño	X	X	X	
Carga de Combustible	X	X	X	
Detección de Falla	X	X	X	
Entregado por Mantenición	X	X	X	
Espera por Petroleo	X	X		
Evacuación por Tronadura	X	X	X	
Pista Obstruída	X			
Punto de Trabajo Obstruído	X	X	X	
Relevo Operador	X	X	X	
Revisión de equipo Por Operador	X	X	X	
Uso en Entrenamiento	X		X	
Traslado	X	X	X	
Corte de Energía - Operacional		X	X	
Limpieza Frente de Carguío		X		
Movimiento de Cables		X	X	
Reparación de Piso		X		
Sin Frente de Carguío		X		
Arme / Desarme Sarta de Perforación			X	
Cambio de Aceros de Perforación			X	
Preparación Patio de Perforación			X	
Relleno de agua			X	
Sin Marca Para Perforación			X	
Sin Señal Satelital (GPS)			X	
Sin Señal WiFi			X	
Sin Suministro de Agua			X	
Atollo				X
Sin Alimentación Mina				X
Sin Camiones				X
Stock Pile Lleno				X
Postura/Retiro de cadenas	X	X		
Eq de carguío en demora	X			
Espera por atollo chancador	X	X		
Espera después de tronadura	X	X	X	
Espera de eléctricos		X	X	
Topografía		X		
Cambio de aceros			X	
Espera de agua			X	
Aseo del equipo	X	X	X	
Traslado entre pozo			X	
Detector de metales				X

Figura 7-2. Nueva distribución de demoras no programadas

	Camiones	Carguío	Perforadoras	Chancado
Sin Operador Disponible	X	X	X	
Sin Equipo de Carguío	X			
Evento Geotécnico	X	X	X	X
Corte de Energía Externo		X	X	X
Fuerza Mayor	X	X	X	X
No Requerido	X	X	X	
Mina en Emergencia	X	X	X	X
MP10 Alto	X	X	X	X
Mala condición climática	X	X	X	X
Detenido por Somnolencia	X	X	X	

Figura 7-3. Nueva distribución de reservas

	Camiones	Carguío	Perforadoras	Chancado
Apoyo A Otro Equipo	X			
Cables Electricos			X	
Cambio Neumatico No Program.	X	X		
Cambio Neumatico Programado	X	X		
Mant. Prog. Neumaticos	X	X		
Mant. No Prog. Neumaticos	X	X		
Pinchazo o Rotura Neumatico	X	X		
Cambio Vidrios	X	X	X	
E Desg Quebrados - Mlp		X		
Falla Electrica Imprevista	X	X	X	X
Mant. Prog. Motor Diesel	X			
Falla Motor Diesel	X			
Falla Operacional	X	X	X	X
Inspeccion Tecnica	X	X	X	X
Mant. Sistema Perforacion				X
Mant.Prog.Balde		X		
Mantecion Romperocas				X
Mantencion Correa				X
Mantencion Programada	X	X	X	X
Mecanica Imprevista	X	X	X	X
Radio Musical	X	X	X	
Radiocomunicacion	X	X	X	X
Reparacion De Estructura	X	X	X	
Reparacion Equipo Accidentado	X	X	X	
Reparacion Relleno Programado	X	X	X	
Reparacion Y Tensado Cadenas	X	X		
Reparaciones Prog.	X	X	X	X
Sin Infraestructura De Apoyo	X	X	X	X
Sistema Dispatch - Modular	X	X	X	

Figura 7-4. Nueva distribución de no disponible(Mantenciones)

	Camiones	Carguío	Perforadoras	Chancado
Espera de Carguío	x			
Espera de Camión		x		x
Espera de Chancado	x	x		

Figura 7-5. Distribución de pérdidas operacionales

## 7.2. ANEXO B

Tabla 7-1. Valores caso base 2015 para carguío

		Real	Budget
		2014	2015
	Plan		
N° P73 Yd3	Unidades	4	4
	Disp(%)	78%	83%
	UEBD	37%	41%
	Horas efectiva	10,106	11,856
	Rendimiento (t/hef)	9,388	8,400
	Tonelaje (Mt)	95	100
	Tonelaje (kt/d) por pala	68	71
	Horas Operativas		23,668
N° P56 Yd3	Unidades	1	1
	Disp(%)	82%	80%
	UEBD	38%	44%
	Horas efectiva	2,739	3,092
	Rendimiento (t/hef)	7,535	6,720
	Tonelaje (Mt)	21	21
	Tonelaje (kt/d) por pala	59	59
	Horas Operativas		5,634
CF	Unidades	2	2
	Disp(%)	69%	76%
	UEBD	47%	43%

	Horas efectiva	5,742	5,676
	Rendimiento (t/hef)	3,375	3,520
	Tonelaje (Mt)	19	20
	Tonelaje (kt/d) por cf	55	57
	Horas Operativas		10,643

Tabla 7-2. Valores caso base 2015 para transporte

		Real	Budget
		2014	2015
K930E	Unidad	51	52
	Movimiento total (kt)	139,474	140,349
	%Disp.	86.5%	84.0%
	%UEBD	57.5%	67.8%
	Distancia promedio (km)	4.6	5.5
	Horas Efectiva	223,899	259,596
	Tiempo de Ciclo (min)	30	34
	Rendimiento (t/hef)	623	541
	Horas operativas		

	Total Movimiento (ktpd)	139,474	140,349
	Distancia promedio (km)	4.4	5.5
	%Horizontal	12%	40%
	%Subiendo	52%	23%
	%Bajando	36%	37%
	Distancia equivalente (km)	8.4	8.2



Tabla 7-3. Tiempos de espera medidos para camiones en sala de chancado

Camión	Duración [hora]	Espera [min]	Espera [hr]	Efectivo (entre cola exterior y cola interior) [seg]
59	0:10:11	10.18	0.17	48
52	0:09:03	9.05	0.15	31
89	0:06:37	6.62	0.11	26
66	0:09:10	9.17	0.15	32
54	0:08:23	8.38	0.14	32
80	0:10:13	10.22	0.17	29
84	0:03:30	3.50	0.06	32
89	0:02:12	2.20	0.04	12
98	0:01:47	1.78	0.03	0
85	0:02:59	2.98	0.05	0
54	0:02:13	2.22	0.04	0
77	0:03:26	3.43	0.06	0
89	0:00:10	0.17	0.00	0
80	0:00:00	0.00	0.00	0
103	0:00:00	0.00	0.00	0
53	0:00:00	0.00	0.00	0
85	0:00:00	0.00	0.00	0
54	0:00:00	0.00	0.00	0
59	0:00:00	0.00	0.00	0
94	0:00:00	0.00	0.00	0
103	0:00:00	0.00	0.00	0
63	0:00:00	0.00	0.00	0
50	0:00:00	0.00	0.00	0
85	0:00:00	0.00	0.00	0
54	0:00:00	0.00	0.00	0
54	0:07:56	7.93	0.13	0
65	0:02:13	2.22	0.04	28
93	0:00:34	0.57	0.01	0
61	0:02:22	2.37	0.04	0
59	0:03:28	3.47	0.06	0
99	0:00:47	0.78	0.01	0
94	0:02:05	2.08	0.03	0
54	0:03:08	3.13	0.05	0
83	0:00:59	0.98	0.02	0
65	0:03:49	3.82	0.06	0

## ANEXO B

Camión	Duración [hora]	Espera [min]	Espera [hr]	Efectivo [seg]
70	0:00:00	0.00	0.00	0
68	0:00:00	0.00	0.00	0
84	0:00:00	0.00	0.00	0
59	0:00:00	0.00	0.00	0
61	0:00:00	0.00	0.00	0
54	0:00:00	0.00	0.00	0
76	0:00:12	0.20	0.00	0
94	0:01:34	1.57	0.03	0
65	0:03:41	3.68	0.06	0
77	0:00:58	0.97	0.02	0
52	0:04:50	4.83	0.08	0
60	0:00:00	0.00	0.00	0
59	0:04:10	4.17	0.07	0
85	0:21:06	21.10	0.35	33
59	0:03:30	3.50	0.06	-
61	0:16:52	16.87	0.28	-
63	0:00:00	0.00	0.00	0
83	0:00:00	0.00	0.00	0
101	0:00:00	0.00	0.00	0
68	0:00:00	0.00	0.00	0
98	0:00:00	0.00	0.00	0
96	0:00:00	0.00	0.00	0
61	0:00:00	0.00	0.00	0
93	0:00:00	0.00	0.00	0
52	0:00:00	0.00	0.00	0
76	0:00:00	0.00	0.00	0
61	0:00:00	0.00	0.00	0
70	0:00:00	0.00	0.00	0
93	0:00:00	0.00	0.00	0
70	0:00:00	0.00	0.00	0
85	0:04:17	4.28	0.07	0
53	0:26:02	26.03	0.43	33
50	0:03:03	3.05	0.05	0
96	0:01:49	1.82	0.03	37
98	0:02:58	2.97	0.05	36
60	0:03:51	3.85	0.06	0
52	0:00:58	0.97	0.02	0
72	0:03:23	3.38	0.06	28
93	0:03:06	3.10	0.05	30
77	0:05:23	5.38	0.09	29

## ANEXO B

Camión	Duración [hora]	Espera [min]	Espera [hr]	Efectivo [seg]
76	0:05:34	5.57	0.09	32
65	0:00:00	0.00	0.00	0
70	0:00:00	0.00	0.00	0
60	0:00:00	0.00	0.00	0
72	0:00:38	0.63	0.01	0
77	0:01:26	1.43	0.02	0
52	0:03:55	3.92	0.07	0
54	0:04:55	4.92	0.08	0
99	0:00:00	0.00	0.00	0
94	0:00:00	0.00	0.00	0
77	0:00:00	0.00	0.00	0
68	0:00:00	0.00	0.00	0
72	0:00:00	0.00	0.00	0
102	0:00:00	0.00	0.00	0
85	0:00:00	0.00	0.00	0
65	0:00:00	0.00	0.00	0
55	0:00:00	0.00	0.00	0
54	0:00:00	0.00	0.00	0
58	0:00:00	0.00	0.00	0
99	0:00:00	0.00	0.00	0
68	0:00:00	0.00	0.00	0
72	0:00:00	0.00	0.00	0
77	0:00:00	0.00	0.00	0
99	0:00:00	0.00	0.00	0
85	0:00:00	0.00	0.00	0
65	0:00:00	0.00	0.00	0
78	0:00:00	0.00	0.00	0
54	0:00:00	0.00	0.00	0
94	0:00:24	0.40	0.01	0
68	0:00:00	0.00	0.00	0
97	0:00:00	0.00	0.00	0
85	0:00:00	0.00	0.00	0
97	0:00:00	0.00	0.00	0
77	0:00:00	0.00	0.00	0
85	0:00:00	0.00	0.00	0
60	0:00:00	0.00	0.00	0

## ANEXO B

*Tabla 7-4. Tiempos del ciclo de camiones en el proceso de llegada y descarga de mineral al chancador 1*

Camión	Tiempo de Aculatamiento	Tiempo de Aculatamiento [min]	Tiempo de Aculatamiento [hr]	Tiempo de espera a Chancado	Tiempo de espera a Chancado [min]	Tiempo de espera a Chancado [hr]	Tiempo de Descarga	Tiempo de Descarga [min]	Tiempo de Descarga [hr]
83	0:00:41	0.68	0.01	0:02:34	2.57	0.04	-	-	-
100	0:00:35	0.58	0.01	0:01:21	1.35	0.02	0:04:01		4.02 0.07
52	0:00:49	0.82	0.01	0:02:20	2.33	0.04	0:02:49		2.82 0.05
53	0:00:37	0.62	0.01	0:03:57	3.95	0.07	0:01:19		1.32 0.02
66	0:00:50	0.83	0.01	0:02:24	2.40	0.04	-	-	-
85	0:00:40	0.67	0.01	0:01:13	1.22	0.02	0:01:41		1.68 0.03
54	0:00:40	0.67	0.01	0:00:20	0.33	0.01	0:01:12		1.20 0.02
84	0:00:41	0.68	0.01	0:09:11	9.18	0.15	0:01:36		1.60 0.03
53	0:00:38	0.63	0.01	-	-	-	-	-	-
54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	0:00:38	0.63	0.01	0:02:10	2.17	0.04	0:01:34		1.57 0.03
103	0:00:30	0.50	0.01	0:00:45	0.75	0.01	0:01:27		1.45 0.02
53	0:00:26	0.43	0.01	-	-	-	-	-	-
85	0:00:29	0.48	0.01	0:00:08	0.13	0.00	0:01:20		1.33 0.02
54	0:00:33	0.55	0.01	0:00:10	0.17	0.00	0:01:41		1.68 0.03
59	0:00:40	0.67	0.01	0:00:00	0.00	0.00	0:00:56		0.93 0.02
99	0:00:39	0.65	0.01	0:03:55	3.92	0.07	0:00:48		0.80 0.01
54	0:00:47	0.78	0.01	0:03:35	3.58	0.06	0:00:45		0.75 0.01
70	0:00:41	0.68	0.01	0:04:57	4.95	0.08	0:02:34		2.57 0.04
68	0:00:27	0.45	0.01	0:00:00	0.00	0.00	0:01:57		1.95 0.03
59	0:00:34	0.57	0.01	0:00:08	0.13	0.00	0:05:15		5.25 0.09
54	0:00:38	0.63	0.01	0:03:32	3.53	0.06	0:03:19		3.32 0.06
94	0:00:39	0.65	0.01	0:00:20	0.33	0.01	0:00:57		0.95 0.02
77	0:00:44	0.73	0.01	0:04:45	4.75	0.08	0:01:13		1.22 0.02
52	0:00:43	0.72	0.01	0:19:20	19.33	0.32	-	-	-
85	0:00:35	0.58	0.01	0:00:09	0.15	0.00	0:01:19		1.32 0.02
65	0:00:30	0.50	0.01	0:04:16	4.27	0.07	0:00:59		0.98 0.02
93	0:00:31	0.52	0.01	0:01:56	1.93	0.03	0:01:29		1.48 0.02
61	0:00:32	0.53	0.01	0:03:09	3.15	0.05	0:00:50		0.83 0.01
94	0:00:37	0.62	0.01	-	-	-	0:00:53		0.88 0.01
83	0:00:38	0.63	0.01	0:03:09	3.15	0.05	0:00:50		0.83 0.01
65	0:00:31	0.52	0.01	0:03:08	3.13	0.05	0:01:24		1.40 0.02
84	0:00:32	0.53	0.01	0:01:08	1.13	0.02	0:02:18		2.30 0.04
61	0:00:45	0.75	0.01	0:04:34	4.57	0.08	0:01:12		1.20 0.02
76	0:00:44	0.73	0.01	0:02:31	2.52	0.04	0:02:33		2.55 0.04
65	0:00:33	0.55	0.01	0:01:10	1.17	0.02	0:01:02		1.03 0.02
60	0:00:35	0.58	0.01	0:02:49	2.82	0.05	0:01:06		1.10 0.02

## ANEXO B

Camió n	Tiempo de Aculatami ento	Tiempo de Aculatami ento [min]	Tiempo de Aculatami ento [hr]	Tiempo de espera a Chancado	Tiempo de espera a Chancado [min]	Tiempo de espera a Chancado [hr]	Tiempo de Descarg a	Tiempo de Descarga [min]	Tiem po de Desc arga [hr]
59	0:00:29	0.48	0.01	0:17:29	17.48	0.29	-	-	-
83	-	-	-	0:01:23	1.38	0.02	0:01:24	1.40	0.02
68	0:00:28	0.47	0.01	0:00:20	0.33	0.01	0:00:45	0.75	0.01
96	0:00:30	0.50	0.01	0:00:34	0.57	0.01	0:02:18	2.30	0.04
61	0:04:18	4.30	0.07	-	-	-	0:01:29	1.48	0.02
76	0:00:34	0.57	0.01	0:01:44	1.73	0.03	-	-	-
98	0:00:36	0.60	0.01	-	-	-	-	-	-
88	0:00:38	0.63	0.01	-	-	-	-	-	-
93	0:00:33	0.55	0.01	0:00:16	0.27	0.00	0:03:14	3.23	0.05
50	0:00:42	0.70	0.01	0:22:37	22.62	0.38	-	-	-
65	0:00:38	0.63	0.01	0:02:24	2.40	0.04	-	-	-
60	0:00:36	0.60	0.01	0:00:11	0.18	0.00	0:01:01	1.02	0.02
72	0:00:32	0.53	0.01	0:00:28	0.47	0.01	0:01:37	1.62	0.03
77	0:00:31	0.52	0.01	0:04:45	4.75	0.08	0:01:35	1.58	0.03
54	0:00:42	0.70	0.01	0:02:05	2.08	0.03	0:01:42	1.70	0.03
68	0:00:39	0.65	0.01	0:00:02	0.03	0.00	0:01:51	1.85	0.03
72	0:00:33	0.55	0.01	0:00:13	0.22	0.00	0:01:43	1.72	0.03
54	0:00:36	0.60	0.01	0:00:12	0.20	0.00	0:00:36	0.60	0.01
58	0:00:36	0.60	0.01	-	-	-	0:00:55	0.92	0.02
68	0:00:29	0.48	0.01	0:00:27	0.45	0.01	0:00:50	0.83	0.01
72	0:00:34	0.57	0.01	0:00:12	0.20	0.00	0:00:38	0.63	0.01
77	0:00:30	0.50	0.01	0:00:21	0.35	0.01	0:00:51	0.85	0.01
65	0:00:36	0.60	0.01	0:00:06	0.10	0.00	0:00:58	0.97	0.02
78	0:00:38	0.63	0.01	0:00:12	0.20	0.00	0:00:57	0.95	0.02
94	0:00:33	0.55	0.01	0:00:23	0.38	0.01	0:02:14	2.23	0.04
99	0:00:39	0.65	0.01	0:03:05	3.08	0.05	-	-	-
97	0:00:29	0.48	0.01	0:00:25	0.42	0.01	0:00:29	0.48	0.01
77	0:00:29	0.48	0.01	0:00:19	0.32	0.01	0:00:49	0.82	0.01
85	0:00:37	0.62	0.01	-	-	-	0:01:10	1.17	0.02
63	0:00:27	0.45	0.01	0:00:57	0.95	0.02	0:01:48	1.80	0.03
101	0:00:23	0.38	0.01	0:00:51	0.85	0.01	0:00:44	0.73	0.01
98	0:00:27	0.45	0.01	0:00:19	0.32	0.01	0:00:52	0.87	0.01
93	0:00:37	0.62	0.01	0:00:18	0.30	0.01	0:00:57	0.95	0.02
52	0:00:31	0.52	0.01	0:08:32	8.53	0.14	-	-	-
70	0:00:44	0.73	0.01	0:02:11	2.18	0.04	-	-	-
70	0:00:43	0.72	0.01	0:02:15	2.25	0.04	0:00:56	0.93	0.02
85	0:00:36	0.60	0.01	0:00:33	0.55	0.01	0:00:57	0.95	0.02
96	0:00:48	0.80	0.01	0:00:41	0.68	0.01	0:00:56	0.93	0.02

## ANEXO B

Camió n	Tiempo de Aculatamiento	Tiempo de Aculatamiento [min]	Tiempo de Aculatamiento [hr]	Tiempo de espera a Chancado	Tiempo de espera a Chancado [min]	Tiempo de espera a Chancado [hr]	Tiempo de Descarga	Tiempo de Descarga [min]	Tiempo de Descarga [hr]
98	0:00:36	0.60	0.01	0:02:00	2.00	0.03	0:01:48	1.80	0.03
60	0:00:36	0.60	0.01	0:00:21	0.35	0.01	0:00:51	0.85	0.01
52	0:00:39	0.65	0.01	0:00:12	0.20	0.00	0:02:04	2.07	0.03
72	0:00:34	0.57	0.01	0:00:10	0.17	0.00	0:01:43	1.72	0.03
93	0:00:32	0.53	0.01	0:00:30	0.50	0.01	0:00:32	0.53	0.01
77	0:00:25	0.42	0.01	0:00:08	0.13	0.00	0:02:02	2.03	0.03
76	0:00:51	0.85	0.01	0:00:11	0.18	0.00	0:01:34	1.57	0.03
70	0:00:40	0.67	0.01	0:04:42	4.70	0.08	0:02:13	2.22	0.04
52	0:01:05	1.08	0.02	0:03:57	3.95	0.07	0:01:08	1.13	0.02
99	0:00:39	0.65	0.01	0:00:29	0.48	0.01	0:00:58	0.97	0.02
94	0:00:35	0.58	0.01	0:00:11	0.18	0.00	0:00:53	0.88	0.01
77	0:00:26	0.43	0.01	0:00:25	0.42	0.01	0:00:58	0.97	0.02
65	0:00:25	0.42	0.01	0:00:26	0.43	0.01	0:01:00	1.00	0.02
99	0:00:33	0.55	0.01	0:00:57	0.95	0.02	0:00:49	0.82	0.01
85	0:00:32	0.53	0.01	0:00:21	0.35	0.01	0:00:55	0.92	0.02
54	0:00:41	0.68	0.01	0:00:51	0.85	0.01	0:00:35	0.58	0.01
68	0:00:37	0.62	0.01	0:00:06	0.10	0.00	0:01:46	1.77	0.03
97	0:00:38	0.63	0.01	0:00:18	0.30	0.01	-	-	-

Tabla 7-5. Validación de datos para camión 80 parte 1

HORA	CODIGO	RAZON	COMENTARIO	EFEC	DPRG	DNPRG	MNPRG	Total Medido	Transporte			Pre			Aculata- miento	Demora
									Lleno	Vacio	Carga	Descarga	Espera	Aculata- tam		
11:32:18	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	11,40												
11:43:53	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		10,20			10,05					3,75	0,73	4,90	0,67
11:54:03	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	11,40				9,70	4,75	4,95						
12:05:16	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		0,60			0,57								0,57
12:05:41	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	4,20				4,28		3,18	1,10					
12:09:51	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		11,40			5,12					1,28	3,08	0,75	
12:21:17	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	11,40				11,60	6,10	5,50						
12:32:53	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		0,00			0,28								0,28
12:33:09	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	5,40				5,65		4,10	1,55					
12:38:45	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		10,80			10,57					5,73	0,53	3,23	1,07
12:49:17	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	12,00				11,53	5,95	5,58						
13:01:03	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		0,00			0,47								0,47
13:01:14	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	4,80				4,63		3,57	1,07					
13:05:51	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		4,20			3,90					0,65	2,60	0,65	
13:09:50	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	12,00				11,62	5,58	6,03						
13:21:52	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		1,80			0,78								0,78
13:23:22	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	3,60				4,60		3,52	1,08					
13:26:51	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		13,80			13,63					6,95	0,63	5,47	0,58
13:40:33	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	12,00				11,58	5,45	6,13						
13:52:29	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		0,00			0,53								0,53
13:52:31	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	19,20				21,23		1,77	1,07					
14:11:40	245	Colacion en com			72,60			70,00								
15:24:29	419	Mecanica imprevis	BAJA PRESION ACUMUL				10,80	13,17								13,17
15:35:02	100	Efectivo		13,20												
15:47:58	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		0,00											
15:47:58	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	0,60												

Tabla 7-6. Validación de datos para camión 80 parte 2

HORA	CODIGO	RAZON	COMENTARIO	EFC	DPRG	DNPRG	MNPRG	Total Medido	Transporte		Pre		Aculata- miento	Demora
									Lleno	Vacío	Carga	Descarga		
11:32:18	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	11,40										
15:48:47	231	Eq de carguio e			16,20			17,05						17,05
16:04:48	100	Efectivo		1,80										
16:06:27	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		11,40			11,80					11,80	
16:17:58	231	Eq de carguio e			1,80			1,95						1,95
16:20:00	100	Efectivo		22,80				22,82	10,25				6,87	0,83
16:42:52	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		0,00			0,30					0,30	
16:43:01	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	16,80				9,63	8,72		0,92			
16:59:57	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		11,40			17,48					16,20	1,28
17:11:28	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	15,00				15,95	9,05					
17:26:26	101	En Espera	Cola/Aculatamiento					0,48						0,48
17:26:37	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	4,80				4,63	3,68		0,95			
17:31:23	425	Reparacion y te					13,20	12,57						12,57
17:44:24	100	Efectivo		6,60				6,95						
17:50:49	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		9,60			10,25					4,02	0,85
18:00:31	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	10,20				9,02	9,02					
18:10:30	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		0,00			0,50						0,50
18:10:39	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	8,40				8,33	7,43		0,90			
18:19:11	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		5,40			5,38					5,38	
18:24:37	231	Eq de carguio e			21,00			21,28						21,28
18:45:43	100	Efectivo		23,40				22,43	17,32				5,12	0,60
19:09:09	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		0,00			0,58						0,58
19:09:22	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	15,00				14,65	13,62		1,03			
19:24:08	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		0,00			0,50						0,50
19:24:10	100	Efectivo	Inicio Carga/Descar	22,20				21,78	16,65				5,13	
19:46:26	101	En Espera	Cola/Aculatamiento		0,00			0,40						0,40



### 7.3. ANEXO C

#### 7.3.1. Antecedentes Sistema de Visión MMI

Los baldes de las palas eléctricas y cargadores frontales durante su operación están expuestos a la abrasión e impacto con la frente de carguío. Esta abrasión genera desgaste y quiebres de los Gets (Elementos inchancables).

Los GETS están diseñados para proteger la plancha madre de los baldes de las palas eléctricas y CF. Estos elementos son inspeccionados por los mantenedores de carguío.

La situación actual de Pelambres es que sólo una pala (Pala 4) cuenta con el sistema de monitoreo de caída de elementos de desgaste. Las restantes palas y cargadores son inspeccionadas visualmente por los equipos de mantención, además de estar revisando de forma manual el estado de los dientes entre los operadores de los CAEX y de las Palas, aumentando considerablemente los tiempos de ciclo de cada flota.

La inspección de Gets en los equipos que se encuentran enviando mineral a chancado es cada 1 hora, esta inspección dura entre 5 a 10 minutos y consiste en verificar que todos los gets estén en su posición y el desgaste de éstos.

Esta inspección es vital para prevenir que un Gets pueda llegar a chancado y genere una detención de envío de mineral.

Los equipos que no están enviando mineral a Chancado son inspeccionados cada 3 horas.

#### 7.3.2. Antecedentes de la Tecnología

Motion Metrics International Corp. (MMI) ha instalado sus sistemas en alrededor de 150 palas en distintas partes del mundo. Alguno de sus clientes son: Anglo American División Los Bronces (Chile), BHP Billiton Escondida (Chile), Boddington Gold Mine (Australia), Grasberg Mine (Indonesia), Chino Mine (USA) y Highland Valley Copper (Canadá). MMI posee una avanzada experiencia en la instalación y mantenimiento de los productos de visión de palas P&H, Komatsu, Bucyrus y otras.

En la Figura 7-6 se muestra un ejemplo de las cámaras instaladas en una pala Bucyrus (izquierda) y una pala P&H (derecha).



Figura 7-6. Fotos de instalaciones de MMI ToothMetrics™ en Sudamérica

El área de Mantenimiento de Minera Los Pelambres ha hecho una cotización para instalar el Sistema de Visión MMI en las palas de cable de la flota de carguío con el objetivo de tener un mejor control en el monitoreo de los elementos de desgaste de los baldes de las palas.

### 7.3.3. Antecedentes tecnología Actual

En la actualidad la empresa fabricante (MMI) de las cámaras del Sistema de Visión MMI ofrece una tecnología más avanzada que se basa en la tecnología de ToothMetrics™ llamada ShovelMetrics™.

El sistema ShovelMetrics™ usa un algoritmo de seguimiento que localiza y rastrea el balde de la pala durante la operación. Una vez que se localiza el balde, comienza a identificar los dientes para ser monitoreados en todo momento. Utiliza un sistema de cámaras con procesamiento de imagen personalizado y algoritmos de inteligencia artificial para realizar un seguimiento del estado de cada uno de los dientes de la pala en tiempo real. Éste algoritmo ha sido estadísticamente sintonizado usando 200 horas de video del balde tomado de 20 minas distintas alrededor del mundo. El procedimiento que hay detrás del sistema es que el estado de cada diente de la pala es registrado en intervalos periódicos, los registros de datos se pueden analizar a través del sistema MetricsMetrics™, el cual se puede usar para mantenimiento y administración de personal para así poder maximizar la eficiencia de los equipos. Los reportes se pueden generar de acuerdo a la demanda requerida y los datos pueden ser exportados a una tabla Excel para un análisis posterior.

Esta tecnología se ha usado en más de 54 minas alrededor del mundo. En la Figura 7-7 se tiene un esquema del sistema descrito y en la Figura 7-8 se tiene la consola de operación y visualización.

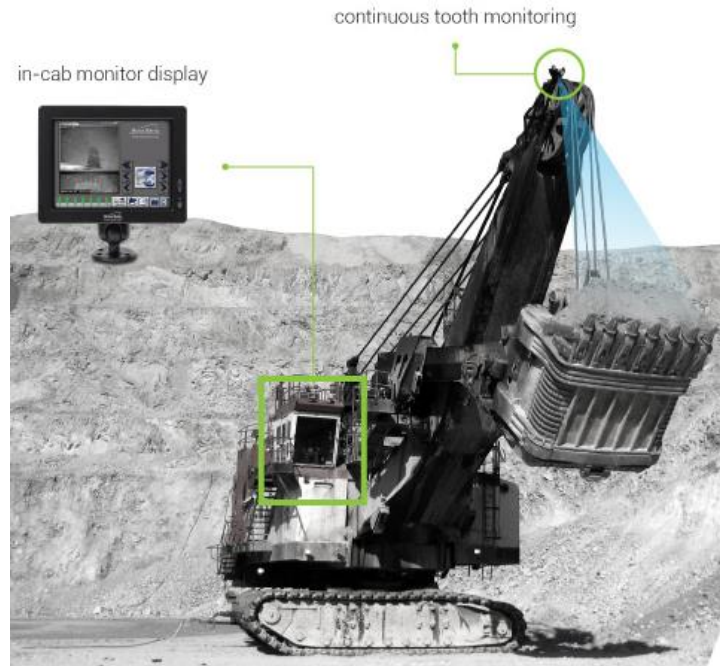


Figura 7-7. Ejemplo del ShovelMetrics™ en pala P&H



Figura 7-8. Consola de pantalla de monitoreo de los dientes del balde

La detección de la caída de los elementos de desgaste es en tiempo real, el operador es alterado a los 2 minutos de ocurrido el incidente, a través de una alarma sonora y visual.



Figura 7-9. Detección en tiempo real de la caída de dientes

#### 7.3.4. Aspectos Técnicos

El Sistema de Visión MMI cotizado por MLP, emplea varias herramientas, las cuales se describen a continuación:

- I. **ToothMetric™ (TM):** Es un producto diseñado en el curso de los últimos 10 años por MMI. Es un resistente sistema de visión que monitorea la condición de los dientes del balde de la pala todo el tiempo, e informa al operador de la pala de un posible incidente de rotura de dientes en tiempo real. La plataforma de hardware de ToothMetrics™ se compone de un computador embebido potente, resistente a golpes y vibraciones que usa videos en tiempo real adquiridos por una cámara de grado industrial para determinar si se han perdido dientes del balde. Los resultados son comunicados al operador de la pala por medio de una pantalla LCD compacta de alto brillo y por una alarma audible. MMI también provee una fuente de luz de larga duración para la visión nocturna y monitoreo del balde.
- II. **ViewMetrics™ (VM):** Es un sistema de tres resistentes cámaras de amplio ángulo de visión (120° de campo de vista horizontal) que son adicionadas al sistema existente MMI y el software/hardware es actualizado para dotar al operador de una vista en vivo tanto del entorno de la grúa como de su balde. Más del 85% de los sistemas MMI comisionados a diciembre de 2012, incluyeron la opción ViewMetrics™.
- III. **RadarMetrics™ (RM):** Como una adición mayor a ViewMetrics™, seis sensores radares de proximidad se incorporan para enviar información de distancia a los operadores de pala. La distancia de los obstáculos en torno a la pala se contrasta con la vista que poseen las cámaras de vigilancia para eliminar confusión y disminuir distracción. El sistema ayuda al operador a estar alerta de objetos que estén peligrosamente cercanos en torno a la pala, todo el tiempo.

- IV. **FragMetrics™ (FM):** Es un analizador de fragmentación de roca que se aprovecha de la perspectiva única de una cámara instalada en la parte superior de la polea, punto de la pala para capturar imágenes de los contenidos en el interior del cubo antes de cualquier reducción de tamaño. Técnicas de análisis de imágenes se utilizan para tomar imágenes de forma automática de la cuchara cuando se llena durante su ciclo de excavación estas imágenes se procesan para extraer el tamaño de la roca con FM-Tablet.
- V. **WearMetrics™ (WM):** Es un seguimiento continuo de cada diente en el balancín de la pala, proporcionando a la dirección de la mina y el operador de la pala una valiosa información sobre el estado de ésta. Al analizar los datos y las tendencias de la tasa de desgaste de los dientes de la pala, la estrategia de cambio de salida puede ser optimizada para maximizar la productividad de una pala, y reducir al mínimo los costos de mantenimiento.

### 7.3.5. Alternativas Evaluadas

Como toda evaluación de implementación de una nueva tecnología que conlleve costos de inversión, es necesario realizar un análisis de las alternativas a la tecnología para poder tomar la decisión correcta en base a las necesidades de la empresa.

Para el sistema de monitoreo de caída de elementos de desgaste se probaron durante el año 2013 diferentes sistemas:

1. **Radiofrecuencia:** El sistema no funcionó y debió ser retirado de la pala 1 donde fue probado. Generaba falsas alarmas de caída de elementos de desgaste y la temperatura que tomaba el diente al entrar en contacto con la frente, hacía perder la señal del sistema de transmisión.
2. **Cámara:** Se probó este sistema en la pala 4 con buenos resultados, buen funcionamiento y confiabilidad.

También en el año 2013 se probaron alternativas existentes para el sistema de monitoreo en línea de componentes críticos de palas eléctricas, las cuales son:

1. **Ing. SPM:** El sistema no funcionó y debió ser retirado de la pala 5 donde fue probado. Generaba alertas poco confiables para tomar decisiones oportunas de mantenimiento.
2. **BenchMarck:** Se arrojaron buenos resultados con el sistema Siamflex en palas monitoreadas en Minera Escondida, Los Bronces y Collahuasi, con soporte técnico de empresa Cadetech.

## 7.3.6. Cotización Sistema de Visión

CONFIDENTIAL

## Quotation 1

Quote #: [REDACTED]  
 Quote Date: [REDACTED]  
 Customer: Minera Los Pelambres  
 Supplier: [REDACTED]  
 RE: Quotation for 4 ToothMetrics™ system for shovels, 2 ToothMetrics™ for loaders, and upgrading previously-installed system

No.	Part Number	Item Description	Unit Price (USD)	Qty	Total Price (USD)
<b>Equipment:</b>					
1	MMI-TVM	Moiton Metrics ToothMetrics™ system (Package 1) with ViewMetrics™	\$122,000	4	\$488,000
2	MMI-MCF100	Removable Camera/light bracket for P&H shovel	\$9,500	4	\$38,000
3	MMI-TVM-L	Motion Metrics ToothMetrics™ system for loaders (Package 4) with ViewMetrics™	\$112,000	2	\$224,000
4	MMI-TVM-UPG	Upgrade of previously installed ToothMetrics CPU, touch screen, surveillance cameras and software	\$60,000	1	\$60,000
5	MMI-MM-MGR	MetricsManager Server, with 2 screens in dispatch room and one year license fee (50% discount)	\$70,000	1	\$35,000
<b>Installation Services:</b>					
6	--	Full installation of systems (Electricians, mechanics, and welders available on 7x7 shift), calibration, commissioning (by Motion Metrics Field Specialist), and training of the users on the ToothMetrics and ViewMetrics system (see note below). Motion Metrics will leave the systems fully installed, commissioned, and the mine personnel trained.	\$292,088	1	\$292,088
<b>Subtotal on Equipment:</b>					\$845,000
<b>Volume Discount (10%):</b>					-\$84,500
<b>Shipping and customs clearance fee on Equipment (excluding IVA):</b>					\$57,423
<b>Installation Services:</b>					\$292,088
<b>Discount on Installation Services (10%):</b>					-\$29,209
<b>NET TOTAL:</b>					\$1,080,802
<b>IVA on Equipment:</b>					\$138,510
<b>TOTAL (USD):</b>					\$1,219,312

**Note:** Minera Los Pelambres is responsible for making the shovels and loaders available for installation within a 30-day period. If the installation is not completed within 30 days, the installation will continue at a rate of USD \$8,600 (including IVA) for every day until the installation is complete.

7.4. ANEXO D

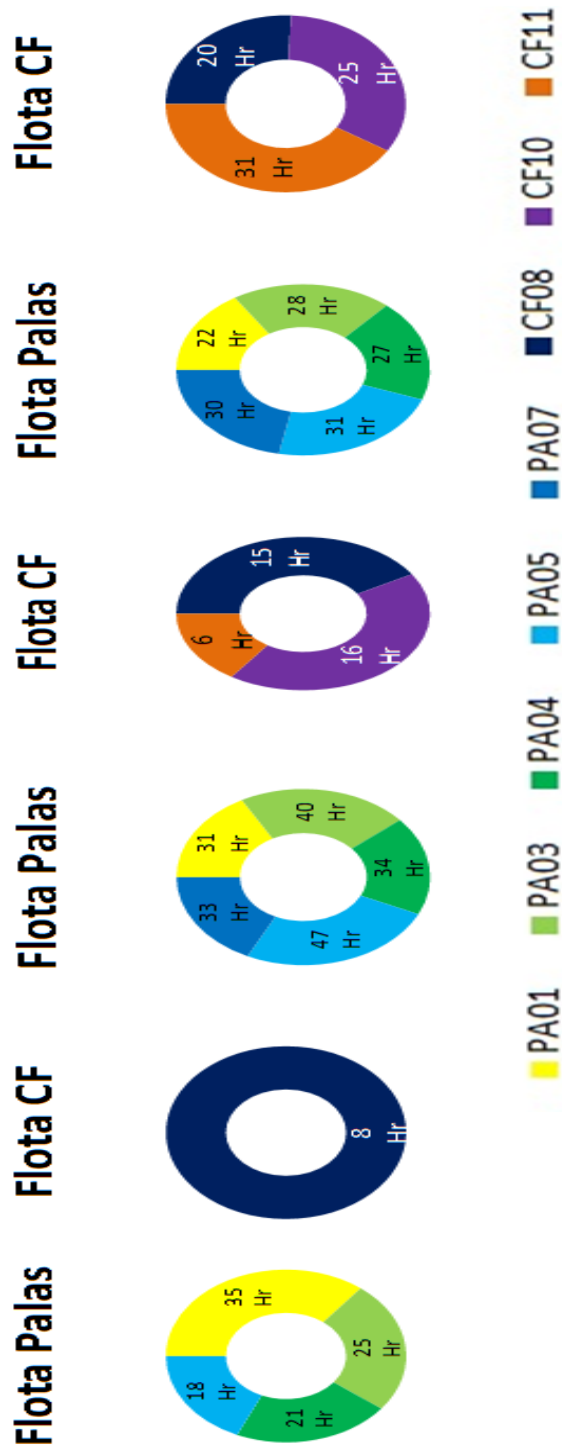


Figura 7-10. Horas utilizadas en inspección de elementos de desgaste para la flota de carguío