



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA

**PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO EN LOS CARROS METALEROS
DE FERROCARRIL, TENIENTE 8. PERTENECIENTES A
CODELCO-CHILE DIVISIÓN EL TENIENTE.**

Tesis para optar al Título de:

Ingeniero Mecánico

Profesor Patrocinante:

Sr. Milton Lemarie Oyarzún.

Ingeniero Civil Mecánico,

Diplomado en Ingeniería Mecánica.

VICTOR ENRIQUE SILVA ILLESCA

Valdivia - Chile

2008

El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes de Trabajo de Titulación, comunican al Director de Escuela de Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que el Trabajo de Titulación del señor:

VICTOR ENRIQUE SILVA ILLESCA.

Ha sido aprobado en el examen de defensa, rendido el día _____. Como requisito para optar al Título de Ingeniero Mecánico. Y, para así conste para todos los efectos firman:

Profesor Patrocinante:

Sr. Milton Lemarie Oyarzún.

Ingeniero Civil Mecánico,

Diplomado en Ingeniería

Especialidad en Mecánica. _____

Profesores Informantes:

Sr. Rolando Ríos Rodríguez.

M. Sc. Ingeniería Mecánica. _____

Sr. Enrique Salinas A.

Ingeniero Mecánico.

Diplomado en Ingeniería

Especialidad en Mecánica. _____

Director de Escuela:

Sr. Milton Lemarie Oyarzún.

Ingeniero Civil Mecánico,

Diplomado en Ingeniería

Especialidad en Mecánica. _____

Dedicada a mí esforzada y amada Madre, Marina.

Y a mi amada hermana, Alejandra.

AGRADECIMIENTOS.

A don Milton Lemarie O. Por su especial colaboración y disposición para el desarrollo de este trabajo. Siempre dispuesto a ayudar con una sonrisa.

A la Familia González Díaz. Por el cariño entregado a lo largo del desarrollo de este trabajo y contribuir a mi formación profesional y personal.

A Felipe Garrett, Francisco Moya, Ingrid Ambiado, Luis Leyton, Gerardo Sandoval, Miguel Guerrero, Cesar Hernández. Por su apoyo incondicional y la desinteresada entrega de amistad.

A mi madre y hermana. Por ser un constante apoyo en el desarrollo de mi carrera profesional y constituir un pilar en mi formación personal.

Finalmente no puedo dejar de agradecer a todos aquellos amigos y compañeros que de un modo u otro han contribuido a mi formación profesional.

Que Dios bendiga y acompañe a cada uno de ustedes.

A todos ustedes.

Muchas Gracias.

ÍNDICE.

Resumen.....	1
Abstract.....	2
CAPÍTULO I: “INTRODUCCIÓN”.	
1.1.- Introducción.....	3
1.2.- Objetivos.....	4
1.2.1.- Objetivo general.....	4
1.2.2.- Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II: “CODELCO CHILE DIVISIÓN EL TENIENTE”.	
2.1.- CODELCO Chile.....	5
2.2.- Reseña Histórica de El Teniente.....	5
2.3.- Ubicación Geográfica.....	6
2.4.- Proceso de Explotación del Cobre.....	6
2.5.- Estructura Organizacional de División El Teniente.....	8
CAPÍTULO III: “MARCO TEÓRICO”.	
3.1.- Evolución del Mantenimiento.....	9
3.2.- Mantenimiento Centralizado en la Confiabilidad (MCC).....	11
3.2.1.- Objetivos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).....	12
3.2.2.- Aplicaciones del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	12
3.2.3.- Beneficios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	12
3.2.4.- Limitaciones del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	13
3.3.- Mantención Pre-Falla.....	13
CAPÍTULO IV: “DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO”.	
4.1.- Introducción.....	14
4.2.- Características Generales de los Carros Metaleros de 80 toneladas.....	14
4.3.- Condiciones Generales de Operación y Servicio.....	15
4.4.- Características de la Vía.....	16
4.5.- Descripción de Pesos de los Componentes de Carros de 80 toneladas.....	16
4.6.- Características del Material Transportado.....	16
4.7.- Características Generales de los Carros Metaleros de 100 toneladas.....	17
4.8.- Análisis Funcional.....	17

CAPÍTULO V: “MANTENIMIENTO CARROS METALEROS”.	
5.1.- Introducción.....	21
5.2.- Organización de Maestranza.....	22
5.3.- Actividades efectuadas en la maestranza.....	23
5.4.- Mantenimiento Actual.....	26
5.5.- Proceso de Reparación de Carros Metaleros.....	27
5.6.- Diagnóstico de los Carros Metaleros.....	27
5.7.- Tipos de Fallas en Cames.....	34
5.8.- Disponibilidad de los Cames.....	38
CAPÍTULO VI: “Mejoramamiento Mantenimiento en Carros Metaleros”.	
6.1.- Introducción.....	39
6.2.- Situación en la que se encuentra la mantención de carros.....	39
6.3.-Propuesta para el mejoramiento de la gestión de mantenimiento.....	40
6.4.-Estrategias para la mejora del mantenimiento.....	40
6.4.1.- Organización propuesta para maestranza N° 2 de carros metaleros.....	42
6.4.2.- Gestión de Repuestos.....	44
6.4.3.- Planificación de mantenimiento.....	46
CAPÍTULO VII: “Conclusiones”.	48
CAPÍTULO VIII: “Bibliografía”.	50
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla N° 1. Características generales comes 80 toneladas.....	15
Tabla N° 2. Condiciones de operación.....	15
Tabla N° 3. Características de la vía.....	16
Tabla N° 4. Pesos de elementos de carros de 80 toneladas.....	16
Tabla N° 5. Características del material.....	17
Tabla N° 6. Características generales comes 100 toneladas.....	17
Tabla N° 7. Resumen de estado de carros de 80 Ton.....	28
Tabla N° 8. Pauta de datos.....	30
Tabla N° 9. Datos.....	30
Tabla N° 10. Resumen de estado de carros de 100 Ton.....	31
Tabla N° 11. Datos.....	33
Tabla N° 12. Fallas Frecuentes en carros 100 y 80 Ton.....	34
Tabla N° 13. Resumen de fallas en carros metaleros.....	36
Tabla N° 14. . Repuestos carros de 100 y 80 Ton.....	44
Tabla N° 15. Mantenedores Mecánicos.....	46
Tabla N° 16. Mantenedores de Componentes.....	47
Tabla N° 17. Mantenedores.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 2. 1. Instalaciones División El Teniente.....	6
Fig. 2. 2. Organigrama Superintendencia Mina.....	8
Fig. 3. 1. Punto de vista de los fallos de equipos.....	10
Fig. 3. 2. Estrategias de Mantenimiento.....	13
Fig. 4. 1. Elevación del carro de 80 toneladas.....	14
Fig. 4. 2. Perfil del carro de 80 toneladas.....	14
Fig. 4. 3. Diagrama Entrada Función Salida de carros metaleros.....	17
Fig. 4. 4. Diagrama de Ishikawa, Subsistema de los Carros Metaleros.....	18
Fig. 5. 1. Maestranza Carros Metaleros N° 2, Teniente 8.....	21
Fig. 5. 2. Organigrama maestranza N° 2 de carros.....	22
Fig. 5. 3. Banco de armado y conversión del sistema de frenos.....	23
Fig. 5. 4. Banco de prueba para componentes neumáticos del sistema frenos.....	23
Fig. 5. 5. Sala de soldaduras.....	24
Fig. 5. 6. Nave lavado carros metaleros.....	24
Fig. 5. 7. Trasmovimiento carros metaleros.....	24
Fig. 5. 8. Mantenedores realizando pautas de mantención.....	25
Fig. 5. 9. Mantenedores realizando cambio de zapatas en terreno.....	26
Fig. 5. 10. Histograma de carros buenos 80 Ton.....	31
Fig. 5. 11. Histograma de carros buenos 100 Ton.....	33
Fig. 5. 12. Fallas por Sistemas en Cames de 80 y 100 Toneladas.....	36
Fig. 5. 13. Cantidad de eventos de fallas en carros metaleros.....	37
Fig. 5. 14. Fallas de carros metaleros por sistemas.....	37
Fig. 6.1. Organigrama propuesto para maestranza.....	42

GLOSARIO TÉCNICO.

Activo Físico o Equipo: bien físico o móvil o fijo, capaz de generar flujos de ingresos.

Cames: término referido a la abreviatura de carros metaleros.

Trocha: distancia entre centros de los rieles de ferrocarril.

Parada de Ruedas: denominación al conjunto de ruedas monoblock, montada en eje, con rodamientos de los carros metaleros

Carro Puntero: carro ubicado al término del convoy, provisto de una cabina para palanquero de tren.

MCC; (RCM): mantenimiento centrado en la confiabilidad (Reliability Centered Maintenance).

TMEF (Tiempo Medio Entre Fallas): medida de confiabilidad del equipo, corresponde al tiempo total disponible dividido por el número de fallas, para un período de tiempo dado.

TMPR (Tiempo Medio Para Reparar): medida de mantenibilidad del equipo, corresponde al tiempo total fuera de servicio dividido por el número de fallas, para un periodo de tiempo dado.

Falla: alteración de la aptitud de un bien para cumplir una función requerida.

Reparación: intervención definida de mantenimiento correctivo.

Confiabilidad: aptitud de un bien para cumplir una función requerida en unas condiciones dadas en un tiempo dado.

Disponibilidad: representa el porcentaje del tiempo total del período que el equipo esta en condiciones de ser operado:

$$Disponibilidad [\%]=\frac{TiempoTotal - Tiempo fuera de servicio}{TiempoTotal} \times 100$$

Donde:

Tiempo Fuera de Servicio = Tiempo por Mantenimiento o Reparación.

Tiempo Total = 24 h/día x N° de días.

Este índice debe ser calculado mensualmente.

$$Disponibilidad = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \text{ Ó } \frac{Confiabilidad}{Confiabilidad + Mantenibilidad}$$

SAP: software de planificación de recursos empresariales, sigla en inglés ERP, que significa Enterprise Resource Planning.

TIC: chequeo de la Integridad del Tren y Control de Carros (Train Integrity Check and Car Control). Usado para verificar, por ejemplo la presencia del último carro y para controlar cada carro incluyendo sensores de desrielo, control de la plataforma y frenado de carros.

EQAC: incidente operacional, son todos aquellos daños a instalaciones a los sistemas o equipos.

RESUMEN.

El presente trabajo, dice relación con el estudio del mantenimiento de los carros metaleros de transporte de mineral del ferrocarril Teniente 8, perteneciente a la empresa CODELCO Chile, en división El Teniente. Éste se desarrolla en la Maestranza N° 2 de mantenimiento electromecánico de carros.

Contempla el levantamiento y análisis de la información respecto de los carros metaleros y de su situación actual de mantenimiento; para, posteriormente, hacer una evaluación y análisis, con el fin de establecer mejoras y propuestas, apuntando al mejoramiento continuo del mantenimiento en los carros (centrado en confiabilidad MCC), permitiendo establecer un plan integral del mismo.

ABSTRACT.

The present work, says relation with the study of the maintenance of the cars metaleros of transport of mineral of the railroad Lieutenant 8, belonging to the company CODELCO Chile, in division The Lieutenant. East develops in the Fraternity of mounted knights N ° 2 of electromechanical maintenance of cars.

He contemplates the raising and analysis of the information I concern of the cars metaleros and of his current situation of maintenance, later to do an evaluation and analysis, in order to establish improvements and offers, pointing at the constant improvement of the maintenance in the cars (centered on reliability RCM), allowing to establish an integral plan of the same one.

CAPÍTULO I: “INTRODUCCIÓN”.

1.1.- Introducción.

Dada la demanda de cobre en el mundo y el aumento del precio de éste en los últimos años es que La Corporación Nacional del Cobre de Chile CODELCO, en su rol de principal productor de cobre del mundo, controlando alrededor del 20 por ciento de las reservas mundiales de este elemento metálico. Se ha visto en la necesidad de optimizar sus procesos. CODELCO, es una de las empresas más grandes de Chile y las operaciones de explotación, procesamiento de minerales y envío a los mercados son realizados por sus divisiones. Éstas son Codelco Norte (fusión de las Divisiones Chuquicamata y Radomiro Tomic), la División El Salvador, la División Andina y la División El Teniente.

La estructura organizacional de División El Teniente, consta de ocho Gerencias, la Gerencia Mina es una de ellas, de la cual derivan siete Superintendencias. Una de ellas es La Superintendencia de Mantenimiento, la cual tiene a su cargo la programación, ejecución y control del mantenimiento de los equipos e instalaciones ferroviarias.

La Unidad Ferrocarril Teniente 8, tiene la misión de transportar el mineral, desde los sectores productivos de la Gerencia Mina, de acuerdo con los planes y programas de producción, preparados por la Gerencia Recursos Mineros y Desarrollo.

La operación Transporte de Mineral, se materializa mediante la explotación del sistema ferroviario, con trenes metaleros con un parque de 7 Trenes, constituidos por 18 carros traccionados por locomotoras eléctricas. Los encomendados de mantener la disponibilidad de dicho transporte, son dos maestranzas, de las cuales una de ellas es la “Maestranza de Carros Metaleros N°2”, encargada del mantenimiento de los carros metaleros. Cuya estrategia de mantenimiento se basa en los lineamientos corporativos definidas por el proyecto PMPM (Proyecto Mejores Prácticas de Mantenimiento), y en particular a la estrategia definida por la metodología del MCC (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), orientando los esfuerzos en mantener la funcionalidad del sistema en cuestión.

1.2.- Objetivos.

1.2.1.- Objetivo general.

Optimizar el mantenimiento en los carros metaleros de la unidad ferroviaria Teniente 8, para otorgar la disponibilidad requerida por producción.

1.2.2.- Objetivos Específicos.

- Mejorar los indicadores de desempeño en forma competitiva del mantenimiento, tales como disponibilidad y confiabilidad.
- Estructurar una adecuada estrategia de mantenimiento para los carros metaleros.
- Detectar fallas y efectuar un análisis de ellas, que permitan prioritariamente, ir focalizando y resolviendo los problemas de los carros metaleros.

CAPÍTULO II: “CODELCO CHILE DIVISIÓN EL TENIENTE”.

2.1.- CODELCO Chile.

La historia de La Corporación Nacional del Cobre de Chile. Comienza con la promulgación de la reforma institucional que nacionalizó el cobre en Chile, el 11 de julio de 1971, la cual determinó la transferencia al Estado de pertenencias mineras de gran importancia. Esto requirió la creación de una empresa capaz de exportarlas y administrarlas, se decreto la ley N° 1.350 del 1 de abril de 1976, que estableció la creación de CODELCO, una empresa de Estado, minera, industrial y comercial, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

Su principal producto es el cobre refinado en la forma de cátodos o lingotes con 99.99 por ciento de pureza. La corporación, también, produce concentrado de cobre, cobre Blister y Anódico y subproductos como Molibdeno, barro anódico y ácido Sulfúrico.

2.2.- Reseña Histórica de El Teniente.

La División El Teniente, data del año 1905, en que comienzan los preparativos para explotar industrialmente el mineral. En el año 1911, se alcanza un nivel de producción importante, 6000 ton/año de cobre blister, que marca el inicio de un largo camino de proyectos y acciones tendientes a consolidar al Teniente, como un productor de reconocida importancia a nivel mundial.

La historia de El Teniente ha transcurrido con distintos tipos de gestión, desde la administración norteamericana como BRADEN COPPER COMPANY; luego existe un período de administración mixta, norteamericana y chilena, entre 1966 y 1971, consecuencia del proceso denominado “Chilenización del Cobre”, para posteriormente pasar a ser administrada completamente por profesionales chilenos como resultado de la “Nacionalización del Cobre”.

2.3.- Ubicación Geográfica.

División El Teniente, es la Mina Subterránea más grande del mundo y desarrolla su actividad en torno al yacimiento que se encuentra ubicado a 80 Km. al sur de Santiago y a 50 Km. al Noreste de Rancagua. Enclavado en la PreCordillera Central de Los Andes, a 2.100 metros de altura sobre el nivel del mar, en la Región de O'Higgins y desarrolla sus actividades en las localidades de Rancagua, Colón, Sewell, Caletones, Coya y tranque de relaves Carén. Las dimensiones del yacimiento fluctúan entre los 2.800 metros de largo por 1.900 metros de ancho.



Fig. 2.1. Instalaciones División El Teniente.

2.4.- Proceso de Explotación del Cobre.

En el proceso de la minería se deben conocer las distintas etapas que se deben llevar a cabo. Para la obtención del mineral de Cobre cada una de estas etapas cumple un rol fundamental en el proceso de explotación del Cobre.

1. Explotación Geológica: Se identifica la presencia de un yacimiento y sus características. Se determinan la Ley el Mineral y la forma más adecuada de explotarlo.

2. Extracción, Carguio y Transporte: La roca mineraliza extraída de la mina y de un tamaño adecuado, es cargada y transportada de forma eficiente y segura a la planta en trenes.

3. Chancado: A partir de la etapa de chancado primario y secundario se obtiene un material mineralizado de un tamaño de 1,5 pulgadas, el que se ordena en pilas de lixiviación.

4. Molienda: Mediante molino se reducen las partículas del mineral, hasta obtener un tamaño de 180 micrones. Con esto se forma una pulpa con agua y reactivos que se llevan a la flotación.

5. Flotación: Se genera una espuma cuyas burbujas atrapan el cobre y otros minerales sulfurados contenidos en la pulpa. Luego de varios ciclos, se recolecta y se seca esta espuma para obtener el concentrado de cobre, que continúa su purificación.

6. Fundición: Para poder separar el cobre de otros minerales e impurezas, el concentrado de cobre seco se trata a altas temperaturas en hornos especiales. Luego de varios procesos se obtiene el cobre refinado (RAF), el que es moldeado en placas de 275 kilogramos de peso llamadas ánodos.

7. Electro refinación: Los ánodos provenientes de la fundición se llevan a celdas electrolíticas para su refinación. De este proceso se obtiene catados de alta purezas.

8. Catados: Éstos son examinados cuidadosamente, seleccionados y enzunchados, para su despacho. El cual se realiza por medio de trenes al puerto de embarque.

2.5.- Estructura Organizacional de División El Teniente.

La estructura organizacional de División El Teniente, consta de ocho Gerencias. Gerencia Mina es una de las ocho Gerencias de la División El Teniente, de la cual derivan siete Superintendencias.

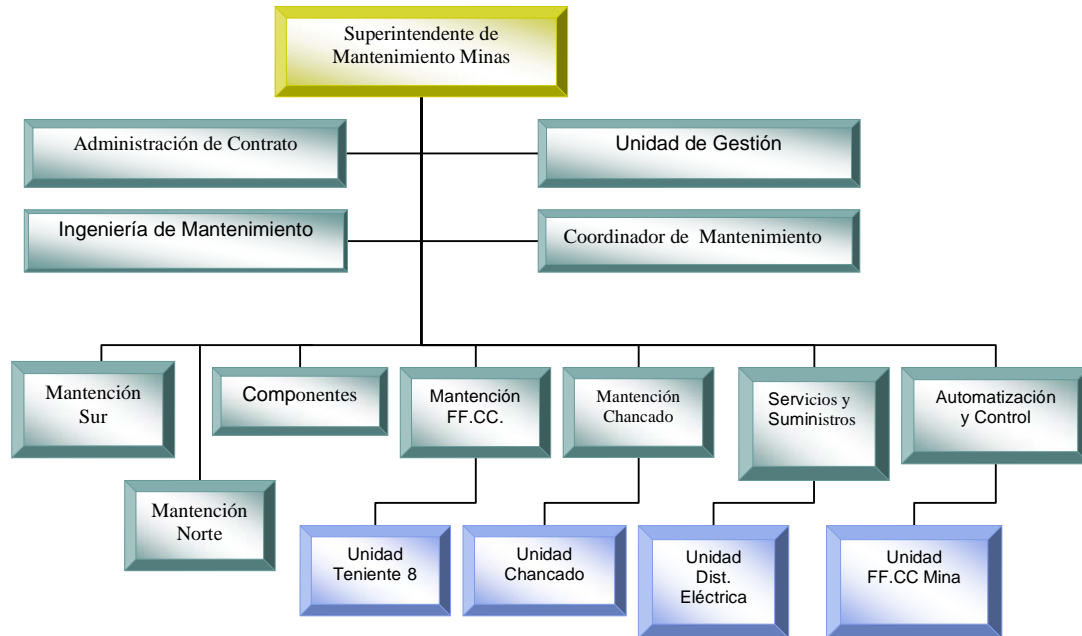


Fig. 2.2. Organigrama Superintendencia Mina.

CAPÍTULO III: “MARCO TEÓRICO”.

3.1.- Evolución del Mantenimiento.

La idea general del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debido a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo.

El mantenimiento, también, está relacionado ante nuevas expectativas. Éstas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se controlen los costes.

Frente a esta avalancha de cambios, el personal encargado del mantenimiento está buscando un nuevo camino. Quieren evitar equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora. Tratan de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de forma que puedan evaluarlos racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valor para ellos y sus compañías.

Los cambios pueden clasificarse bajo los títulos de nuevas expectativas, nueva investigación y nuevas técnicas.

Nuevas Expectativas: El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, coste total y servicio al cliente. Esto se hace más patente con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de stock en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda la planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Al mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento.

Otra característica, en el aumento de la mecanización, es que cada vez son más serias las consecuencias de los fallos de una planta para la seguridad y/o el medio ambiente.

Al mismo tiempo, los estándares en estos dos campos también están mejorando en respuesta a un mayor interés del personal gerente, los sindicatos, los medios de información y el gobierno. Del mismo modo esto ejerce influencia en el mantenimiento.

Finalmente, el coste del mantenimiento todavía está en aumento, en términos absolutos y en proporción a los gastos totales. En algunas industrias, es ahora el segundo gasto operativo más alto y en algunos casos incluso el primero. Como resultado de esto, en sólo treinta años lo que antes se suponía casi ningún gasto, se ha convertido en la prioridad de control de coste más importante.

Nueva Investigación: Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando nuestras creencias más básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una mejor conexión entre el tiempo que lleva una máquina funcionando y sus posibilidades de fallo.



Fig. 3.1. Punto de vista de los fallos de equipos.

La Fig. 3.1. Muestra como el punto de vista acerca de los fallos en un principio era simplemente asociado a que cuando los elementos físicos envejecen, tienen más posibilidades de fallo, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso durante la segunda generación llevó a la creencia general en la “Curva de la Bañera”. Sin embargo, la investigación hecha por la tercera generación ha revelado que en la práctica actual no sólo ocurre un modelo de fallo, sino seis diferentes. Lo que está causando un efecto profundo sobre el mantenimiento.

Nuevas Técnicas: ha habido un aumento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento. Se cuentan ahora centenares de ellos y surgen cada vez más. Éstos incluyen:

- Técnicas de “Condition Monitoring”.
- Sistemas expertos.
- Técnicas de gestión de riesgos.
- Técnicas de análisis de riesgos.
- Modos de fallos y análisis de los efectos.
- Confiabilidad y Mantenibilidad.

El problema al que hace frente el personal del mantenimiento, hoy en día, no es sólo el aprender cuáles son esas nuevas técnicas, sino también el ser capaz de decidir cuáles son útiles y cuáles no lo son para sus propias compañías.

Si se elige adecuadamente, es posible que mejoremos la práctica del mantenimiento y a la vez contener e incluso reducir el costo de mantenimiento. Si se elige mal, se crean más problemas y a la vez que haremos más graves los existentes.

3.2.- Mantenimiento Centralizado en la Confiabilidad (MCC).

Es una metodología que procura determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuales son sus posibles fallas, y detectar los modos de fallas o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias, es que se determinan las estrategias más

adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

3.2.1.- Objetivos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).

El objetivo del M.C.C. es mejorar la confiabilidad, disponibilidad y productividad de la unidad de procesos, a través, de la optimización del esfuerzo y los costos de mantenimiento, disminuyendo las tareas de mantenimiento correctivo y aumentando las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo.

3.2.2.- Aplicaciones del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Se aplica en áreas donde hay equipos que presenten las siguientes características:

- Que sean indispensables para la producción, y que al fallar generen un impacto considerable sobre la seguridad y el ambiente.
- Generan gran cantidad de costos por acciones de mantenimiento preventivo o correctivo.
- Si no es confiable el mantenimiento que se ha aplicado.
- Sean genéricos con un alto costo colectivo de mantenimiento.

3.2.3.- Beneficios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Cuando se aplica correctamente el Mantenimiento centralizado en confiabilidad obtenemos los siguientes beneficios

- Mayor protección y seguridad en el entorno.
- Se logran aumentar los rendimientos operativos.
- Optimización de los costos de mantenimiento.
- Se extiende el período de vida útil de los equipos.
- Se genera una amplia base de datos de mantenimiento.
- Motivación en el personal.
- Mayor eficiencia en el trabajo de grupo.

3.2.4.- Limitaciones del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Básicamente, el mantenimiento centralizado en la confiabilidad presenta dos barreras, las cuales deben considerarse detalladamente a la hora de aplicar los planes que el mismo genera, previo a un estudio, ellas son:

- El tiempo requerido para obtener resultados es relativamente largo.
- Si bien es cierto, que a largo plazo aumenta la relación costo / beneficio, en un principio, requiere una alta inversión de recursos.

3.3.- Mantención Pre-Falla.

La mantención no correctiva (preventiva, predictiva y proactiva) se aplica prioritariamente a los componentes críticos de la producción. Luego de seleccionados los equipos para los cuales se realizara, es necesario descomponerlos en sub-componentes que sean mantenibles. Ejemplos: rodamientos, correas, engranajes, etc.

La mantención preventiva es aplicada en general para componentes cuyo costo de reemplazo no son muy altos. Por su lado la mantención predictiva se realiza cuando el costo de reemplazo es superior y se disponen de técnicas no destructivas, capaces de establecer la condición del equipo.

En caso de seleccionar mantención preventiva para un equipo, es necesario establecer frecuencias de cambio de piezas, lubricación, etc. Para lo cual, se realiza un análisis estadístico de los ciclos de vida.

Las tareas a realizar, deben ser descritas claramente en procedimientos y su registro debe ser llevado en reportes. Ellos formarían parte de la hoja de vida de cada equipo. Tal registro ayudará en la detección de fallas en la mantención, y la evaluación de costos de mantención.



Fig. 3.2. Estrategias de Mantención.

CAPÍTULO IV: “DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO”.

4.1.- Introducción.

Los carros del equipo Ferroviario que se utilizan para el transporte de mineral son de dos tipos: carros de 100 toneladas de capacidad, los cuales tienen sistema de vaciado por la parte inferior del carro, este tipo de carro transporta sólo material fino. El otro tipo de carro es el de 80 toneladas de capacidad, el cual tiene un sistema de vaciado de volteo lateral, estos carros transportan el material de mayor granulometría. La flota de carros correspondiente a ferrocarril Teniente 8, corresponde a 54 carros de 100 Ton y 99 carros de 80 Ton.

4.2.- Características Generales de los Carros Metaleros de 80 toneladas.

Los Carros Metaleros de 80 toneladas de capacidad, son un gran y complejo equipo, el cual debe soportar rigurosas condiciones ambientales, de operación y servicio. Tanto en el interior mina, como en la superficie. En la figura 4.1, se muestra la elevación del carro y en la figura 4.2, se muestra el perfil del carro.

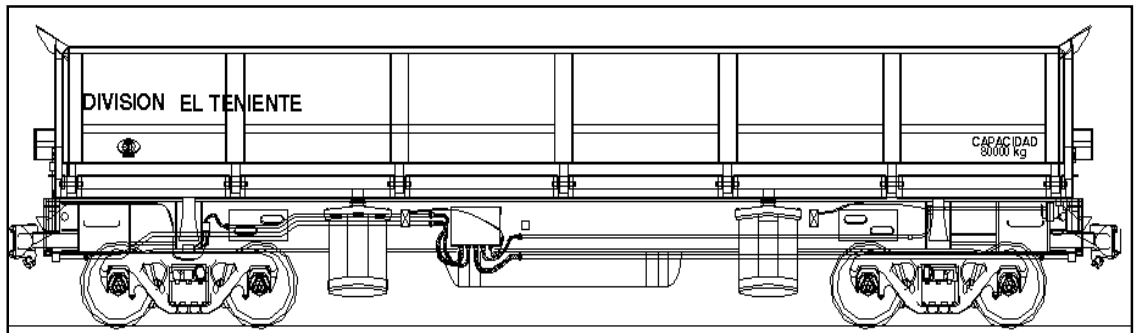


Fig. 4.1. Elevación del carro de 80 toneladas.

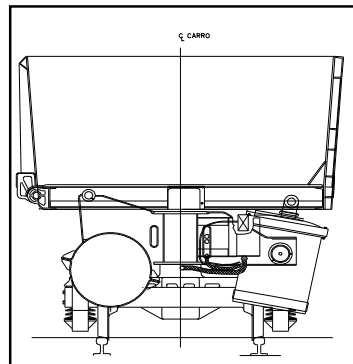


Fig. 4.2. Perfil del carro de 80 toneladas

Características de carros metaleros de 80 toneladas:

Tabla N° 1. Características generales comes 80 toneladas

Tara	48	Ton.
Carga	27	Ton.
Capacidad Volumétrica Total	46.6	m ³
Capacidad volumétrica Real	52.7	m ³
Largo	13.725	mm
Ancho	3.300	mm
Altura	3.336	mm
Trocha	1.435	mm

4.3.- Condiciones Generales de Operación y Servicio.

Las condiciones de operación y de servicio en las que trabajan los carros, son de alta exigencia durante todo el año y en horario continuo. A continuación, se darán a conocer las condiciones generales de Operación y de Servicio.

a) Condiciones de Operaciones:

Las condiciones de operación se relacionan principalmente con la temperatura ambiente y altura, las que se detallan a continuación:

Tabla N° 2. Condiciones de operación.

Altura Sobre nivel del mar	1983 (m).
Temperatura mínima del ambiente	-5 °C
Temperatura máxima del ambiente	30°C
Humedad relativa promedio	60 %.
Ubicación	subterránea
Ambiente	Polvoriento
Corrosión	Alta

b) Condición de Servicio.

Las condiciones de servicio de los carros metaleros de 80 toneladas se relacionan con el período de trabajo al que son expuestos, están son: tipo de servicio, continuo; ciclo de trabajo anual, 365 días; ciclo de trabajo diario, 24 horas.

4.4.- Características de la Vía.

Las características de la vía férrea juegan un rol muy importante, ya que si una de éstas fallan puede ocasionarse un accidente. A continuación se detallan las características de la vía férrea:

Tabla N° 3. Características de la vía

Trocha	1.435 (mm).
Riel ASCE	136 (Lb/yd).
Pendiente máxima	0.5 (%).
Altura del Trolley	4.250 (mm).

4.5.- Descripción de Pesos de los Componentes de Carros de 80 toneladas.

A continuación, se detallan algunos pesos de los principales elementos de los carros de 80 toneladas:

Tabla N° 4. Pesos de elementos de carros de 80 toneladas.

Tolva del carro	27	Ton.
Chasis	4.8	Ton.
Parada de Ruedas con Rodamientos	1.5	Ton.
Viga copa	698	Kg.
Viga Diamante	418	Kg.
Yuguillo	100	Kg.
Eje	700	Kg.
Enganche	230	Kg.
Cilindro de Vaciado	726	Kg.
Compuerta	7.907	Ton.
Balancín	80	Kg.
Brazos	60	Kg.

4.6.- Características del Material Transportado.

El material transportado por los carros de 80 toneladas, puede ser de cualquier tipo, es decir, material fino o material grueso. A continuación, se detallan las principales características del material transportado:

Tabla N° 5. Características del material.

Tipo de Material	Grueso	
Densidad aparente	1.6 – 1.85	Ton/ m ³
Ángulo de fricción interno	37°	Grados
Ángulo de talud natural	40°	Grados
Humedad Promedio	4%	%
Granulometría del material	50%	Bajo 10"
	40%	Entre 10" y 20"
	10%	Entre 20" y 43"

4.7.- Características Generales de los Carros Metaleros de 100 toneladas.

Tabla N° 6. Características generales comes 100 toneladas

Tara	36	Ton.
Carga Máxima	100	Ton.
Número de bogies	2	Unidades.
Tipo de Bogies	6 ½"x12" AAR	
Número de ejes	4	Unidades.
Diámetro de Ruedas	36"- (0.914)m	Pulgada-metro.
Velocidad	60	Km/hr (máx. con convoy 18 carros).

4.8.- Análisis Funcional.

En la figura 4.3, se puede observar el diagrama “Entrada Función Salida” del Sistema Carro Metalero, el cual nos permite visualizar, fácilmente, las funciones y parámetros operacionales fundamentales de dicho sistema. Es necesario, destacar que las salidas son variables medibles y relevantes dentro del proceso de transporte. El tiempo de vaciado y el tonelaje transportado serán las variables principales que asegurarán la funcionalidad del sistema carro.

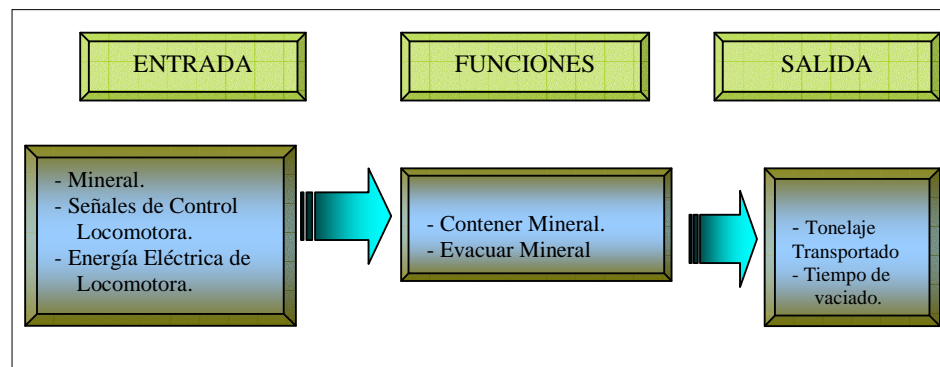


Fig. 4.3. Diagrama Entrada Función Salida de carros metaleros.

El Análisis Funcional realizado al Sistema Carros Metaleros permitió identificar los siguientes subsistemas, a través del Diagrama de Ishikawa figura. 4.4.

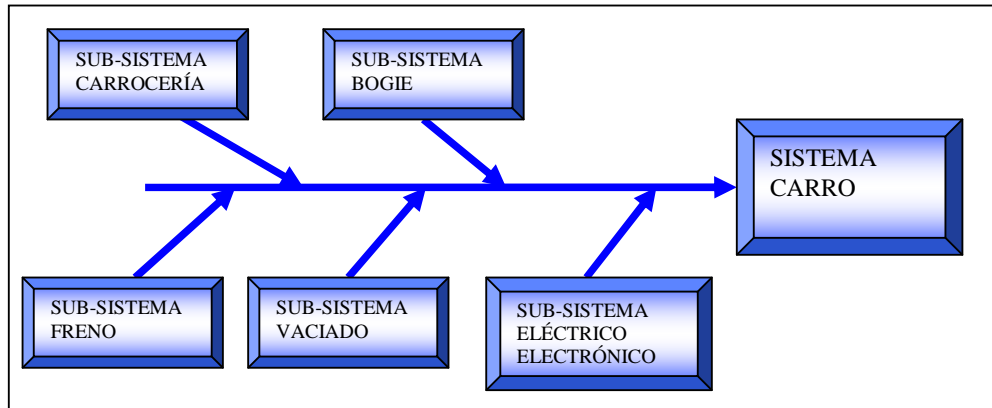


Fig. 4.4. Diagrama de Ishikawa, Subsistema de los Carros Metaleros.

El Diagrama de Causa – Efecto de Ishikawa (Espina de pescado). Corresponde a una representación gráfica que intenta mostrar que en el análisis de un problema de cualquier índole, éste siempre, tiene causas de distinta importancia trascendencia o proporción.

1.- Subsistema 1: Sistema de Carrocería.

El subsistema Carrocería en términos generales comprende todos aquellos elementos que forman parte de la estructura del carro metalero y que en definitiva, a través de un ordenamiento lógico, permiten físicamente contener el mineral a transportar por el carro.

El subsistema carrocería esta formado por componentes, tales como, superestructura (o chasis), quien tiene por finalidad soportar físicamente a la tolva. Conjunto encargado de contener el material en el carro. En el caso de los carros punteros, poseen accesorios adicionales, tales como: focos, bocinas, cabina y otros, que además, permiten a un operador, cumplir el rol de observador y ejecutor de acciones ante situaciones anómalas, durante el traslado del convoy.

2- Subsistema 2: Sistema de Conjunto de Bogie.

El subsistema Conjunto Bogie tiene como función principal, permitir el movimiento del carro mediante la unión de la carrocería con la vía férrea. Está formado por una estructura de Bogie, cuya función es soportar los elementos

móviles del Bogie, una parada de rueda constituida por dos ruedas, un eje y rodamientos, y un sistema de amortiguación que permite disminuir las vibraciones y sacudidas durante el transporte del mineral, aumentando la vida útil del carro y de la vía férrea.

Por otra parte, el Conjunto Bogie permite soportar los elementos accionadores del subsistema de frenos del carro, y elementos de control y monitoreo propios del subsistema eléctrico/electrónico.

3- Subsistema 3: Sistema de Freno.

El subsistema Sistema de Frenos tiene por función detener la marcha del carro o en su defecto impedir su movimiento. Forman parte de este subsistema dos tipos de componentes: neumáticos y mecánicos. Los componentes neumáticos permiten activar y controlar a los componentes mecánicos, quienes en definitiva son los responsables de impedir o detener la marcha del carro.

Adicionalmente, existe un freno de mano que activa los componentes mecánicos del freno, es operado por los mantenedores para un trabajo en condiciones seguras.

El freno de emergencia para cada carro es una válvula de descarga rápida conectada a la línea de presión del convoy. Cuando ésta es accionada localmente, provoca una caída de presión en dicha línea, en esa condición la válvula de control ABDX envía la presión desde el acumulador a los cilindros de frenos, frenando así cada carro del convoy.

4.- Subsistema 4: Sistema de Vaciado.

El subsistema, Sistema de Vaciado, tiene por función descargar o vaciar el mineral contenido en el carro en las tolvas de descarga de la planta de chancado. Está compuesto por elementos neumáticos y mecánicos. Los elementos neumáticos son responsables de controlar y activar los elementos mecánicos del sistema de vaciado, quienes en definitiva efectúan el volteo de la tolva y apertura de la compuerta lateral para su descarga, en carros de 80 toneladas, en el caso de carros de 100 toneladas, se accionan los cilindros para la apertura de compuertas en la parte inferior del carro para realizar la descarga.

5.- Subsistema 5: Sistema Eléctrico – Electrónico.

El subsistema, Sistema Eléctrico – Electrónico, tiene por función controlar los Sistemas de Vaciado y Frenado, entregar información en línea a la locomotora del estado del carro. La unidad de control es la encargada de controlar todas las acciones de los otros subsistemas, tales como vaciado y frenado. Los sensores captan información del carro tal como desrielos y el estado en que se encuentran algunos de sus elementos (compuerta abierta – cerrada, precarga, etc.). Los elementos eléctricos de este subsistema son los encargados de entregar energía eléctrica a los elementos de control y sensores, a la vez transmitir datos desde la caja TIC hacia la locomotora y viceversa. En caso de los carros punteros existe una caja TIC, adicional para controlar y monitorear freno de emergencia, luces, bocina y otro.

CAPÍTULO V: “MANTENIMIENTO CARROS METALEROS”

5.1 Introducción.

La mantención en los carros metaleros de Ferrocarril Teniente 8 de división El Teniente, se lleva a cabo por medio de un grupo de trabajo, conformado tanto por personal de la división como de empresas prestadoras de servicio y se desarrolla, además, de la maestranza N° 2, en terreno, y en la zona de descarga de carros en colón alto.

En las instalaciones de la maestranza N° 2 se desarrolla el trabajo de mantención propiamente tal, mientras que en terreno se desarrollan inspecciones y trabajos menores.



Fig. 5.1. Maestranza Carros Metaleros N° 2, Teniente 8.

5.2.- Organización de Maestranza.

La orgánica de la maestranza de los carros metaleros Teniente 8, se estructura de acuerdo al siguiente organigrama:

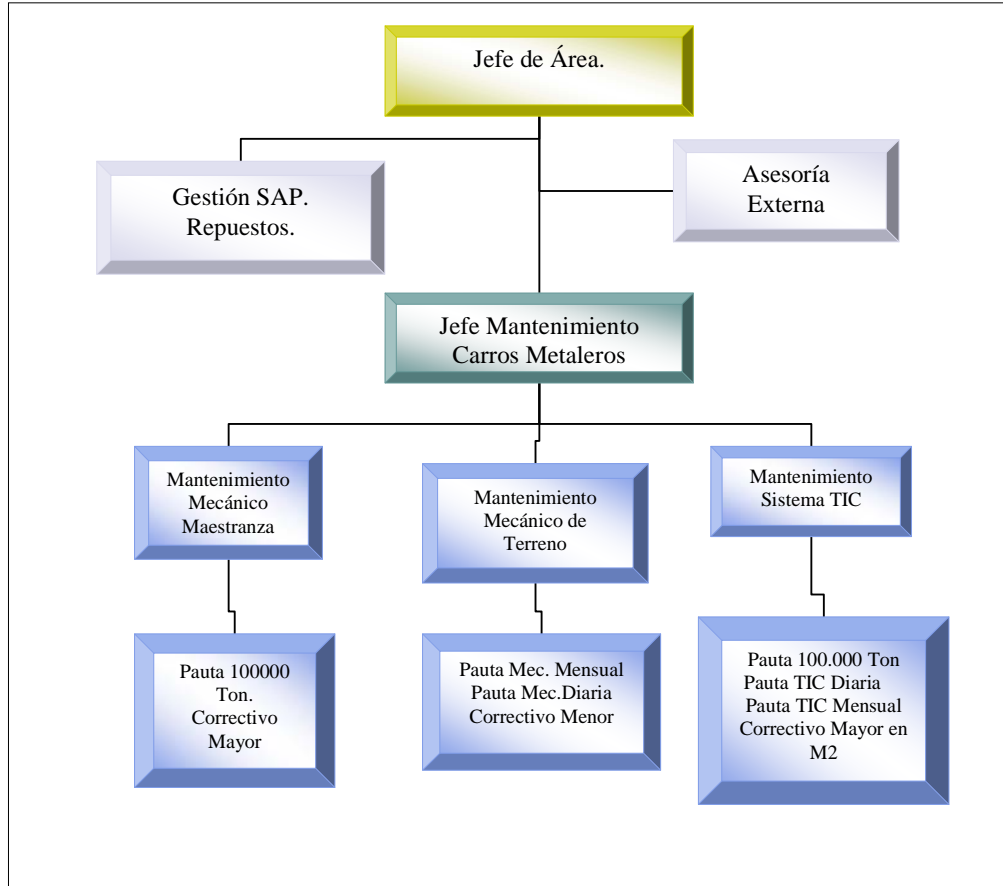


Fig. 5.2. Organigrama maestranza N° 2 de carros.

5.3.-Actividades efectuadas en la maestranza.

Las actividades de trabajo efectuadas en la maestranza son, principalmente, las que se enuncian a continuación:

1). Reparación de cilindros neumáticos:

Reparación y mantención de los cilindros neumáticos de vaciado y frenos para los carros de 100 y 80 toneladas. También se lubrican cada uno de los cilindros que lo necesiten y se hacen las pruebas de apertura y cierre de éstos.

2). Mantenimiento de Bogies y Sistema de Frenos:

Trabajos de reparación y mantenimiento, pero en este caso, son para el sistema de frenado de los bogies. Se cambian paradas de ruedas, zapatas, cilindros de freno, se regulan los vástagos del frenado automático y se realizan las pruebas correspondientes, para asegurar la calidad del sistema de frenado de los carros.

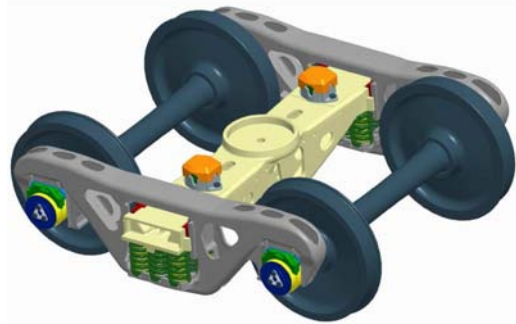


Fig. 5.3. Banco de armado y conversión del sistema de frenos.

Existen algunas salas en su interior, tales como:

3). Sala de Componentes Neumáticos:

Aquí se arman los circuitos de vaciado y frenos a nivel de laboratorio y se realizan las pruebas de funcionamiento correspondientes. Además, se reparan las válvulas de vaciado direccionales, emergencia y ABDX.



Fig.5.4. Banco de prueba para componentes neumáticos del sistema frenos.

4). Sala de Soldaduras:

Las actividades de este puesto de trabajo consisten, principalmente, en soldar las planchas de los carros utilizando soldaduras al arco y MIG. Los trabajadores también realizan funciones de apoyo y montaje en la mantención de los carros.



Fig.5.5. Sala de soldaduras.

5). Trasmovimiento de Carros:

Se utiliza para trasladar los carros que vienen del área de lavado hacia las correspondientes líneas de mantención. Se utiliza, también, para posicionar los carros en las líneas de estacionamiento y despacho de carros terminados.

6). Lavado de Carros:

Una vez que ingresan los carros a la maestranza, éstos deben ser lavados con una solución a base de bacterias y enzimas que liberan los restos de aceites y grasas. El lavado se realiza mediante una pistola de agua a presión y una hidrolavadora.



Fig.5.6. Nave lavado carros metaleros.



Fig.5.7. Trasmovimiento carros metaleros.

El área de trabajo del personal de mantención y reparación de los carros. Es, prácticamente, casi toda la maestranza y son de carácter poli funcional, ya que realizan variadas tareas durante la mantención, ya sean éstas mecánicas o electromecánicas según corresponda. En el anexo (1), se indica la distribución interior de la maestranza de carros.



Fig. 5.8. Mantenedores realizando pautas de mantención.

7). Actividades de terreno

Los trabajos en terreno son de carácter menor y los realizan mantenedores mecánicos y eléctricos. Principalmente, se realizan en el sector de vaciado de los trenes (buzones de descarga) y consisten en inspecciones generales del tren mientras descarga, también se realizan cambio de zapatas, presostatos, válvulas, chequeo del sistema electrónico y regulación de frenos de los carros.



Fig. 5.9. Mantenedores realizando cambio de zapatas en terreno.

5.4.- Mantenimiento Actual.

El Mantenimiento actual que se desarrolla en los carros metaleros de 80 y 100 Ton, se basa en la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad, la cual establece pautas de mantenimiento a desarrollar y cumplir, para lograr una buena mantención, confiable y de calidad, contribuyendo a las metas impuestas por la corporación.

Las pautas que rigen el mantenimiento de los carros metaleros son: Pauta Mensual (**M**), Pauta General (**G**), Lista de Inspección Diaria (**LID**), y Lista de Inspección en Terreno (**T**).

Los objetivos de estas pautas son los siguientes:

Pauta M: De carácter programada efectuada en línea N° 20 habilitada con un pozo de mantención para tal fin. Tiene por objeto realizar una inspección y regulación de los elementos más importantes de cada subsistema (frenos, sensores y otros elementos mecánicos) además del recambio de algunos elementos críticos que implican un tiempo menor. Este tipo de pauta tiene una frecuencia mensual, se efectúa a tren armado.

Pauta G: De carácter programada que incluye inspección y regulación de todos los elementos de cada subsistema, recambio y reparación de todos aquellos elementos que lo ameriten. Este tipo de pauta se realiza en la maestranza N° 2 y tiene una frecuencia de aplicación cada 100.000 toneladas transportadas por cada carro.

Lista de Inspección Diaria (LID): Labor de inspección realizada por el operador, la cual permite llevar un registro del estado de funcionamiento de los componentes y subsistemas principales.

Lista de Inspección en Terreno (T): Inspección de carácter visual, realizada por personal calificado que permite detectar fallas tempranas en los componentes de los carros, cuando el tren está en la descarga y también durante su funcionamiento.

5.5.- Proceso de Reparación de Carros Metaleros.

Cuando el carro metalero ingresa a mantención preventiva, se incorpora al sistema SAP y se da aviso al Jefe de Turno de mantención; luego se coordina con el Jefe de turno de operaciones para proceder a la recepción del equipo y ejecutar la pauta de mantención, con ayuda de asesoría externa. Realizada la mantención, se procede a efectuar las pruebas de equipo, para posteriormente entregarlo a operaciones.

Cuando el carro metalero ingresa para mantención correctiva, se ingresa al SAP para aviso de reparación de equipo; luego se realiza el traslado de personal a terreno para ver la situación del carro; si la avería es posible repararla en terreno, se efectúa ésta y se procede a su entrega a operaciones. Si luego de analizar la falla en terreno se determina que no se puede realizarse, se procede a coordinar con operaciones el remolque del equipo a maestranza para su reparación. Luego se realizan las pruebas correspondientes y se procede a la entrega de equipo a operaciones.

5.6.- Diagnóstico de los Carros Metaleros.

Para determinar el estado de los carros metaleros, en el caso de los carros de 80 toneladas, se realizó una inspección a los más antiguos y también a sus pautas de mantenimiento. Para llevar a cabo esta evaluación se analizó los componentes principales de cada uno de los cinco sub-sistemas, tanto para los carros de 80 Ton, como para los de 100 Ton.

Los carros antiguos de 80 toneladas, comprenden desde el carro 701 hasta el carro 744, los cuales datan desde los años 80. El análisis se realizó por medio de

inspección visual y de pruebas a cada uno de los sistemas que componen el carro metalero; las pruebas consistieron en la comprobación de sus funciones, como ser: pruebas de vaciado, fugas en circuitos, función de válvulas, comprobación de sellos en cilindros, entre otras. Las actividades de Inspección y comprobación se realizaron a los componentes más importantes de cada sistema. A esta inspección se le asignó una ponderación que se divide en tres niveles de acuerdo a los siguientes criterios:

Bueno: Desde 0 a 25 % de deterioro.

Regular: Desde 25 a 75 % de deterioro.

Malo: Desde 75 a 100 % de deterioro.

La información recopilada, se analizó y evaluó por medio de un histograma, herramienta estadística que permite analizar los datos variables y desplegar su distribución, como patrones inusuales y sospechosos que indican que se debe investigar la mantención realizada o la estabilidad que presenta la mantención.

Agrupando los datos obtenidos se puede establecer según la suma de la evaluación de cada componente, el estado de los carros; además, permite obtener los valores para la formulación del histograma. Anexo (2).

La presente tabla, indica el estado de los carros de 80 toneladas

Tabla N° 7. Resumen de estado de carros de 80 Ton.

RESUMEN ESTADO DE CARROS 80 TON.					
Carro N°	Fecha fabricación	Bueno	Regular	Malo	Estado
701	1987	10	15	0	Regular
702	1987	11	13	1	Regular
703	1987	12	13	0	Regular
704	1987	9	16	0	Regular
705	1989	16	17	1	Regular
706	1989	0	0	0	Malo
707	1989	12	13	0	Regular
708	1989	9	15	2	Regular
709	1989	11	15	0	Regular
710	1989	9	16	1	Regular
711	1989	11	14	0	Regular
712	1989	10	15	1	Regular
713	1989	10	15	0	Regular

714	1989	9	15	2	Regular
715	1989	10	15	1	Regular
716	1990	11	13	1	Regular
717	1990	11	14	0	Regular
718	1990	10	15	1	Regular
719	1990	3	3	1	Malo
720	1990	8	17	0	Regular
721	1990	13	11	1	Bueno
722	1990	8	18	0	Regular
723	1990	10	16	0	Regular
724	1990	10	15	0	Regular
725	1990	9	15	1	Regular
726	1990	10	15	0	Regular
727	1991	10	15	0	Regular
728	1991	6	19	0	Regular
729	1991	11	14	0	Regular
730	1991	12	12	1	Bueno
731	1991	11	13	2	Regular
732	1991	12	14	0	Regular
733	1991	9	16	0	Regular
734	1991	10	15	0	Regular
735	1991	11	14	0	Regular
736	1991	13	10	2	Bueno
737	1991	10	14	1	Regular
738	1991	13	12	0	Bueno
739	1991	8	17	0	Regular
740	1991	10	15	0	Regular
741	1991	12	12	1	Bueno
742	1991	9	17	0	Regular
743	1991	8	16	2	Regular
744	1991	11	14	1	Regular

La construcción del histograma, considera las siguientes etapas:

1. Una vez recolectados los datos, contar el número de puntos de datos (n) en la muestra.

2. Determinar el rango R , para todo el conjunto de datos al restar el valor menor de los datos del mayor. ($R = \text{Mayor valor} - \text{Menor valor}$).
3. Determinar el número de intervalos, denotados con K , esta gráfica es un método práctico únicamente ésta determina el número de barras que el histograma tendrá a lo largo de su eje horizontal

Tabla N° 8. Pauta de datos.

Puntos de datos (n).	Intervalos
30 - 50	5 - 7
51 - 100	6 - 10
101 - 250	7 - 12
Más de 250	10 - 20

4. Determinar la extensión del intervalo W mediante la fórmula:

$$W = R/K \quad \text{Ec. (1)}$$

Se debe considerar como W , al número entero más cercano.

Con relación al cuadro N° 7. Se obtiene los siguientes valores:

$$n = 44.$$

$$R = 16 - 0 \quad R = 16.$$

$$K = 6$$

$$W = 16/6 \quad W = 2.66666 \quad \text{Aproximado} \quad W = 2.5$$

Estos valores originan a la siguiente tabla:

Tabla N° 9. Datos.

CLASE	TOTAL
0 - 2.5	1
2.6 - 5	1
5.1 - 7.5	1
7.6 - 10	23
10.1 - 12.5	14
12.6 - 16	4

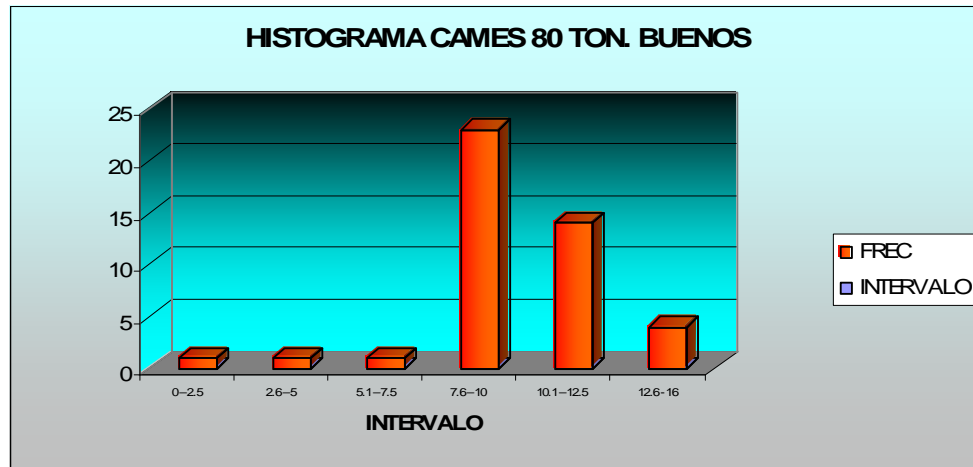


Fig. 5.10. Histograma de carros buenos 80 Ton.

De acuerdo a la gráfica anterior, ésta indica que los datos están desplazados hacia la derecha de la media en forma positiva, lo cual interpreta que la distribución no es normal y el proceso debe ser investigado.

El análisis de los carros de 100 Ton, se realizó en los mismos términos que los carros de 80 Ton, con la diferencia que se efectuó la inspección a todo el parque de estos carros; esto es, a los 54 carros. Anexo 3.

Al respecto se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla N° 10. Resumen de estado de carros de 100 Ton.

RESUMEN ESTADO DE CARROS DE 100 TON					
Carro N°	Fecha fabricación	Bueno	Regular	Malo	Estado
801	1970	6	14	4	Regular
802	1970	3	15	6	Regular
803	1970	4	16	4	Regular
804	1970	2	17	5	Regular
805	1970	2	16	5	Regular
806	1970	2	16	6	Regular
807	1970	4	14	6	Regular
808	1970	2	17	5	Regular
809	1970	3	14	7	Regular
810	1970	2	18	4	Regular
811	1970	3	16	5	Regular
812	1970	1	16	7	Regular

813	1970	0	20	4	Regular
814	1970	2	17	5	Regular
815	1970	6	14	4	Regular
816	1970	4	15	5	Regular
817	1970	7	13	4	Regular
818	1970	6	14	4	Regular
819	1970	5	14	5	Regular
820	1970	3	15	6	Regular
821	1970	5	15	4	Regular
822	1970	4	14	6	Regular
823	1970	4	15	5	Regular
824	1970	3	16	5	Regular
825	1970	2	17	5	Regular
826	1970	3	15	6	Regular
827	1970	1	16	7	Regular
828	1970	0	14	10	Regular
829	1970	6	13	5	Regular
830	1970	3	16	5	Regular
831	1980	6	14	4	Regular
832	1980	5	14	5	Regular
833	1980	8	11	5	Regular
834	1980	4	13	7	Regular
835	1980	3	16	5	Regular
836	1980	0	16	8	Regular
837	1980	2	15	7	Regular
838	1980	2	16	6	Regular
839	1980	6	13	5	Regular
840	1980	3	15	5	Regular
841	1986	3	16	5	Regular
842	1986	6	14	4	Regular
843	1986	9	10	5	Regular
844	1986	3	16	5	Regular
845	1986	0	12	12	Malo
846	1986	9	11	4	Regular
847	1986	10	9	5	Bueno
848	1986	3	16	5	Regular
849	1986	2	17	5	Regular
850	1986	0	12	12	Malo
851	1986	2	17	5	Regular
852	1986	15	5	4	Bueno
853	1986	14	5	5	Bueno
854	1986	13	7	4	Bueno

De la tabla N° 10, se encuentra que:

$$n = 54.$$

$$R = 14 - 0. \quad R = 14.$$

$$K = 7.$$

$$W = 14/7. \quad W = 2.$$

Originándose la tabla siguiente:

Tabla N° 11. Datos.

CLASE	TOTAL
0 - 2	21
2.1 - 4	15
4.1 - 6	7
6.1 - 8	5
8.1 - 10	1
10.1 - 12	4
12.1 - 14	1

Cuyo histograma es:

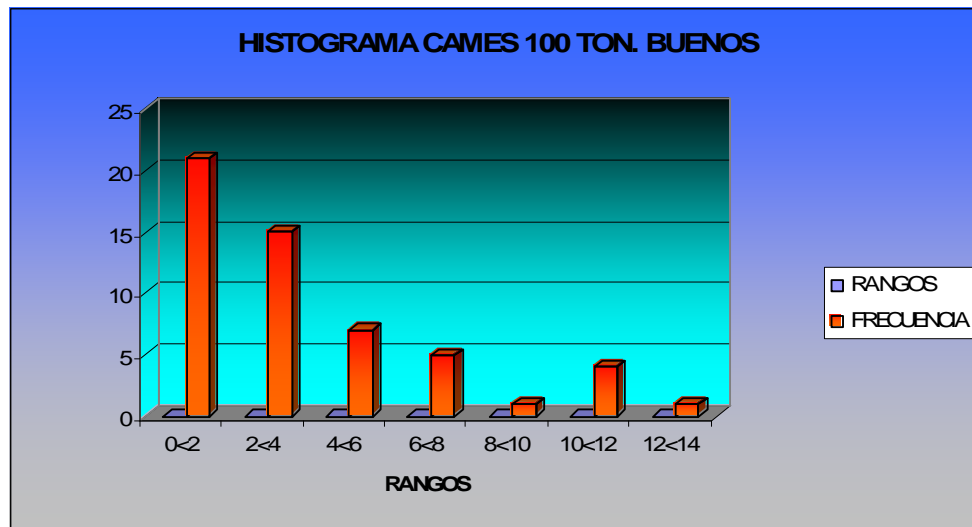


Fig. 5.11. Histograma de carros buenos 100 Ton.

La gráfica indica que los datos están desplazados hacia la izquierda de la media en forma negativa, indicando esto que la distribución no es normal y el proceso debe ser investigado.

De acuerdo a los datos obtenidos en la inspección y el análisis de la información, se observa que los carros en general, tanto para los de 80 y 100 toneladas, presentan un estado regular; sin embargo, existen carros en mal estado y se encuentran fuera de servicios, siendo estos los números 828, 845, 850, 706 y 719.

Además, analizando la información entregada por los histogramas, queda en evidencia que el proceso de mantención de la maestranza, presenta desviaciones, las cuales se deben investigar y ajustar para lograr el estándar de calidad requerido para la mantención de los carros metaleros, a fin de satisfacer la demanda de producción.

5.7.- Tipos de Fallas en Cames.

Para lograr establecer las fallas más frecuentes de los carros metaleros, se realizó un análisis de las pautas de mantención, para determinar los eventos ocurridos y encontrar las fallas más frecuentes que se presentan en ellos. A continuación, se muestra las fallas frecuentes, según su subsistema, producida en los carros metaleros desde el mes de enero hasta el mes de junio de 2007.

Tabla N° 12. Fallas Frecuentes en carros 100 y 80 toneladas.

FALLAS FRECUENTES EN CARROS METALEROS			
SISTEMA DE VACIADO 100 TON.		SISTEMA DE VACIADO 80 TON.	
Descripción de Falla	Cantidad de eventos	Descripción de Falla	Cantidad de Eventos
Vástago Cortado	51	Pasador mecanismo de volteo	1
Filtro de Aire Tapado	1	Eje objetado ultrasonido	1
Fuga de circuito de vaciado	3	Fuga válvula angular de Vaciado	1
Problema eléctrico-válvula 4/2	2	Balancín mecanismo de volteo dañado	11
Fuga en cilindros	9	Barra de volteo quebrada	3
Problema en compuerta de vaciado	3	Manilla quebrada válvula angular	1
Problema bisagra compuerta	1	Problema de electro-válvula	1
Lentitud de vaciado	5	Problema de cilindro	3
Total de eventos	75	Fuga en circuito cañería de vaciado	3
		Compuerta dañada	1
RODADO 100 TON.		Pasador de cilindro fuera de posición	2
Desrielo	3	Cañería de vaciado rota	2

Desgaste de rueda	1	Total de Eventos	30
Rueda entallada	1		
Problema en rodamiento	1	RODADO 80 TON.	
Resortes quebrados	1	Corte eje	1
Total de Eventos	7	Desrielo	20
		Desgaste de ruedas	2
ESTRUCTURA 100 TON.		Rodamiento malo	11
Horquilla quebrada	2	Pestaña delgada	4
Plancha de desgaste ambos frentes desgastada	1	Resorte quebrado	1
Tope quebrado	2	Total de Eventos	39
Enganche quebrado	7		
Muela quebrada	4	ESTRUCTURA 80 TON.	
Problema con compuerta de vaciado	1	Pasador tolva fuera de posición	1
Copa centro quebrada	1	Oreja quebrada	1
Problema en enganche	2	Soporte de barra de volteo quebrada	3
Total de Eventos	20	Soporte de tolva fuera de posición	4
		Tope quebrado	2
SISTEMA TIC 80 Y 100 TON		Enganche quebrado	2
Problema en TIC	31	Problema en tolva	1
Problema electrónico	2	Total de Eventos	14
Sensor dañado.	1		
Problema TAC	1	SISTEMA FRENO 80 Y 100 TON.	
Total de Eventos	35	Problema válvula ABDX	5
		Fuga circuito freno	3
		Total de Eventos	8

La Tabla N° 13 y gráfico 5.12; Resumen las fallas en los carros metaleros.

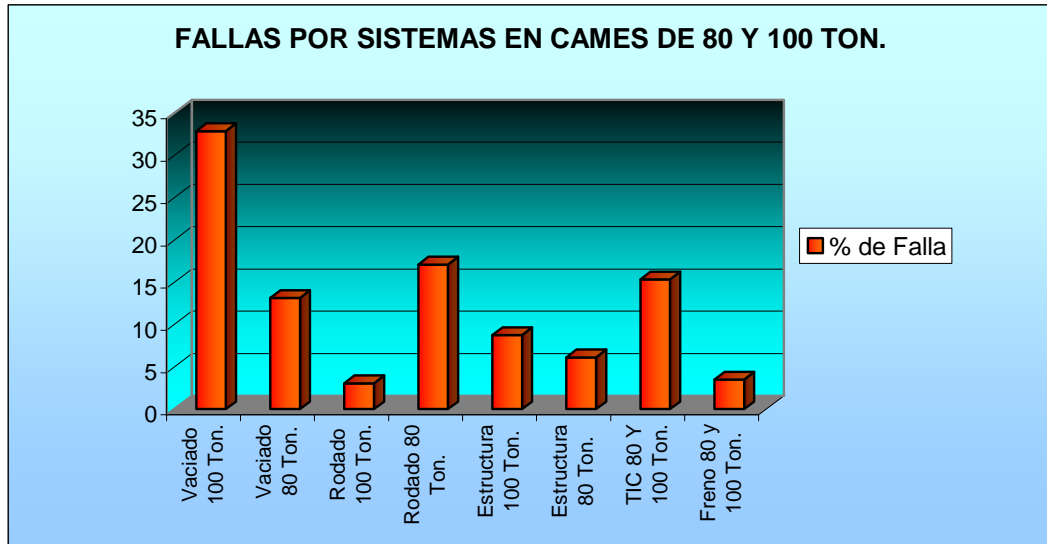


Fig. 5.12. Fallas por Sistemas en Cames de 80 y 100 Toneladas.

Tabla N° 13. Resumen de fallas en carros metaleros.

Sistema	Falla	Porcentaje
Vaciado 100 ton	75	32,89%
Vaciado 80 ton	30	13,16%
Rodado de 100 Ton.	7	3,07%
Rodado de 80 Ton.	39	17,11%
Estructural 100 Ton.	20	8,77%
Estructura 80 Ton.	14	6,14%
Sist. TIC 80 y 100 Ton	35	15,35%
Sist. Freno 80 y 100 ton.	8	3,51%

De acuerdo a las tablas y la información recopilada, se puede observar que las fallas más recurrentes en los carros metaleros de 100 Ton. Se desarrollan en el sistema de vaciado y el sistema de rodado; esto debido al corte de los vástagos del mecanismo de vaciado y fugas de los cilindros, como también, a los problemas en los enganches de los carros

En lo que se refiere a los carros metaleros de 80 Ton. Se puede establecer que los problemas más recurrentes se presentan en el mecanismo de volteo y rodado, debido a problemas en el balancín del mecanismo de volteo, como también a los problemas de rodado debido a los constante desrieles, y daños en los rodamientos.

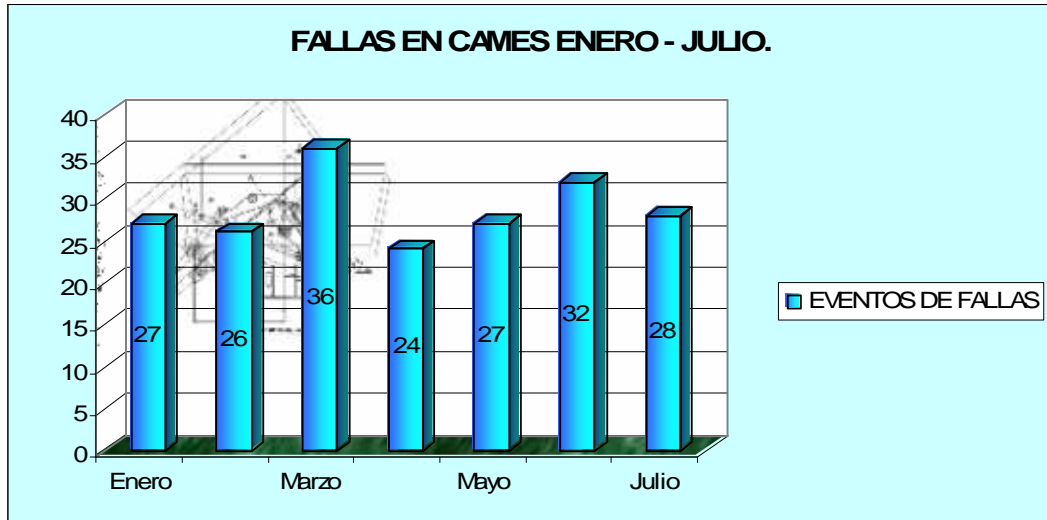


Fig. 5.13. Cantidad de eventos de fallas en carros metaleros

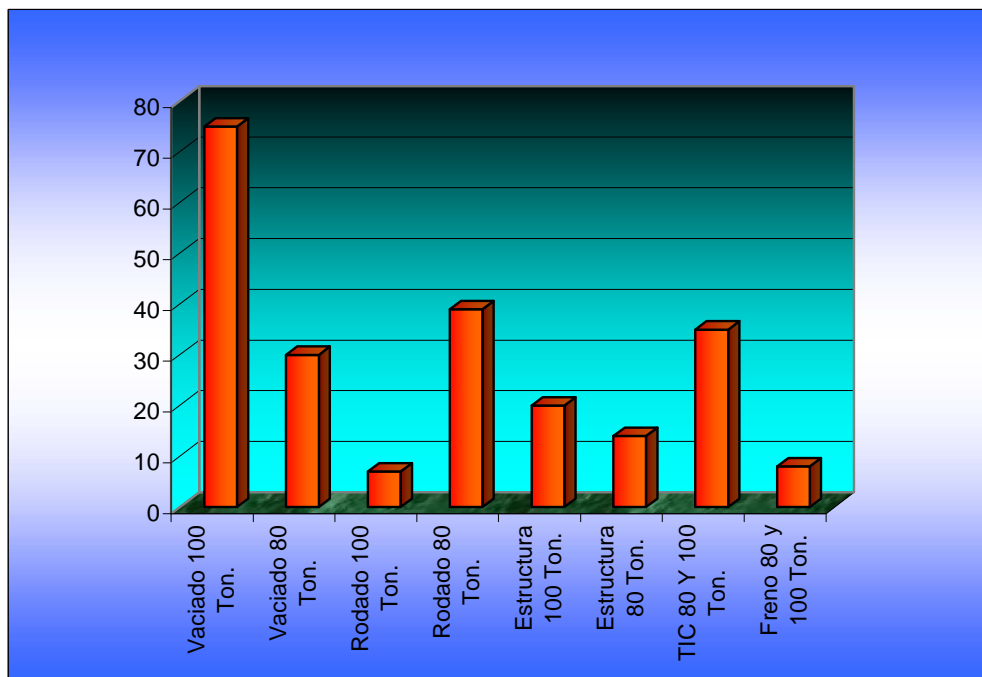


Fig. 5.14. Fallas de carros metaleros por sistemas.

5.8.- Disponibilidad de los cames.

La disponibilidad de los carros metaleros de Teniente 8, se obtiene del cálculo de los datos consignados en las pautas de mantenimiento, en donde se registra los tiempos de mantención, de fallas, de accidentes, en el cual el carro se encuentra no cumpliendo su rol de transporte de mineral.

Como se puede observar en el anexo (4), se resumen los datos necesarios para poder calcular la disponibilidad de los carros metaleros, además, se representa un ejemplo de cálculo de disponibilidad, y en el anexo (5) se indica la disponibilidad del mes de julio de 2007.

Para conseguir el cálculo del porcentaje de disponibilidad de los carros, se debe emplear la fórmula que se señala a continuación:

$$\text{Disponibilidad [\%]} = \frac{T_{\text{Nominal}} - (TE_{\text{QAC}} + TF_{\text{Falla}} + TM_{\text{Mantenimiento}})}{T_{\text{Nominal}}} \times 100 \text{ Ec. (2)}$$

TNominal: producto de los días por las horas.

TEQAC: tiempo detención de carro por accidente.

TFalla: tiempo de detención de carros por fallas o mantenimiento correctivo

TMantenimiento: tiempo de detención de carros por mantenimiento preventivo.

Un resumen de la disponibilidad de los carros metaleros se indica a continuación:

-Disponibilidad de cames de 80 Toneladas: 89,58%.

-Disponibilidad de cames de 100 Toneladas: 83.96%.

-Disponibilidad de flota de cames: 87.82%.

La disponibilidad de carros es un indicador importante para establecer como se desarrolla su mantención; es indispensable mejorar continuamente este indicador, para lograr alcanzar un alto estándar de mantenimiento de los carros.

CAPÍTULO VI “Mejoramiento Mantenimiento en Carros Metaleros”.

6.1.- Introducción.

Recopilada la información del mantenimiento de los carros metaleros e identificados los problemas de éstos, se procede a determinar la real situación en la que se encuentra la mantención. A partir del análisis de la información, se debe apuntar a encontrar y proponer mejoras, a objeto de mantener un funcionamiento óptimo de los equipos y lograr así, erradicar problemas complejos que afecten la integridad del mantenimiento, lo que por consecuencia ayudara a mejorar sustancialmente los indicadores del mantenimiento.

6.2.- Situación en la que se encuentra la mantención de carros.

Con la información obtenida, anteriormente, mediante la revisión de pautas de mantenimiento, un seguimiento a las fallas de los carros metaleros, interpretación y análisis de la información y datos recopilados, se pueden describir las deficiencias que presenta el mantenimiento de los carros metaleros de la maestranza N° 2 de Teniente 8.

De acuerdo a lo anterior, una de las deficiencias que se presenta es el bajo porcentaje de disponibilidad de carros metaleros, esto debido a la cantidad de accidentes con grandes consecuencias en la infraestructura de los carros y al mayor tiempo que requieren estas reparaciones lo que provoca una baja disponibilidad.

Mediante el análisis del histograma se pone en evidencia que la mantención de los carros no es la óptima, ya que se encuentran desviaciones, esto se aprecia con mayor claridad en la evaluación de los carros, la cual es regular, pero no hay que dejar de considerar que hay una cantidad de 30 carros de 100 toneladas que datan del año 1970, lo que indica que se encuentran en una etapa crítica de mantenimiento debido a que se acercan al término de su vida útil para la cual fueron diseñados según norma AAR es de 40 años.

Otro de los problemas en el proceso de mantención de carros metaleros, se presenta en la gestión del mantenimiento en si, esto debido a la falta de delegación de funciones y asignación de responsabilidades dentro del proceso de mantenimiento.

6.3.- Propuesta para el mejoramiento de la gestión de mantenimiento.

Dado que se observan problemas en la gestión de mantenimiento, se propone lo siguiente:

- a) Establecer responsabilidades en el proceso de mantención de carros metaleros, a quien corresponda.
- b) Capacitación del personal, en lo que se refiere al llenado de las pautas de mantenimiento existentes.
- c) Crear y mantener una base de datos referente al stock de componentes del carro, para retroalimentar y llevar un registro de estos, permitir su chequeo y realizar su reemplazo a tiempo, evitando accidentes y fallas indeseadas que perjudican los indicadores del mantenimiento.
- d) Establecer una cantidad de repuestos en stock para disminuir los tiempos de mantenimiento y mejorar la disponibilidad.

6.4.- Estrategias para la mejora del mantenimiento

Para establecer una buena estrategia de mejora de la mantención de los carros metaleros, es trascendental el análisis de la información que entregan los parámetros establecidos en la medición de la mantención, para poder mantener un control de ésta para su evaluación y posterior realimentación al proceso de mantención y realizar las correcciones correspondientes. Además, es de vital importancia establecer y fijar objetivos.

Los primeros objetivos a considerar son:

- Mantener los Equipos en operación.
- Reducir el N° de fallas.
- Mantener un alto estándar de disponibilidad de carros.
- Realizar mantención de calidad para aumentar la confiabilidad de los carros metaleros.

De acuerdo, con los resultados del análisis de la información es que se propone una estrategia de mantenimiento para los carros metaleros de ferrocarril teniente 8.

Para llevar a cabo la gestión de mantenimiento, es de vital importancia una buena organización. Además, de establecer lineamientos claros y asignando responsabilidades a quien corresponda, así se logra mantener los equipos en operación y alcanzar una alta calidad de mantención, para ello se propone una organización para la maestranza de carros, como se indica en la figura 6.1.

Para lograr reducir las fallas y aumentar la disponibilidad, se propone realizar el mantenimiento de carros metaleros en base al intercambio de componentes principales, ya que con esta medida se lograra reducir los tiempos en la reparación. Para lograr establecer este tipo de mantenimiento, es necesario contar con las condiciones adecuadas, éstas son:

- Mantener un stock de repuestos y componentes que permitan un rápido intercambio a la hora de reparación de un carro.
- Los trabajos de infraestructura de carros, en que se requiera de obra mayor, se debe realizar fuera de las dependencias de maestranza, así como también componentes que no se consideren en la reparación en maestranza, para que ésta, cuente con el espacio y personal necesario para realizar los trabajos de mantención preventiva.
- Para el intercambio de componentes es imprescindible establecer un registro y seguimiento de estos para lograr anticiparse al cambio y no encontrarse con averías repentinas, sin un registro de los componentes no se podría planificar una parada de un carro para su mantención preventiva. En el anexo (6) se propone una planilla para el registro de componentes de 80 toneladas, para cames de 100 toneladas, se considera la misma pauta pero con la diferencia de los tiempos de vaciado.
- Personal encargado sólo de reparación de componentes, personal encargado de recambio de componentes, para disminuir tiempos de reparación.
- Al realizar la reparación de carros, todos los residuos sólidos deben ser almacenados, separados para su posterior retiro.

6.4.1.- Organización propuesta para maestranza N° 2 de carros metaleros.

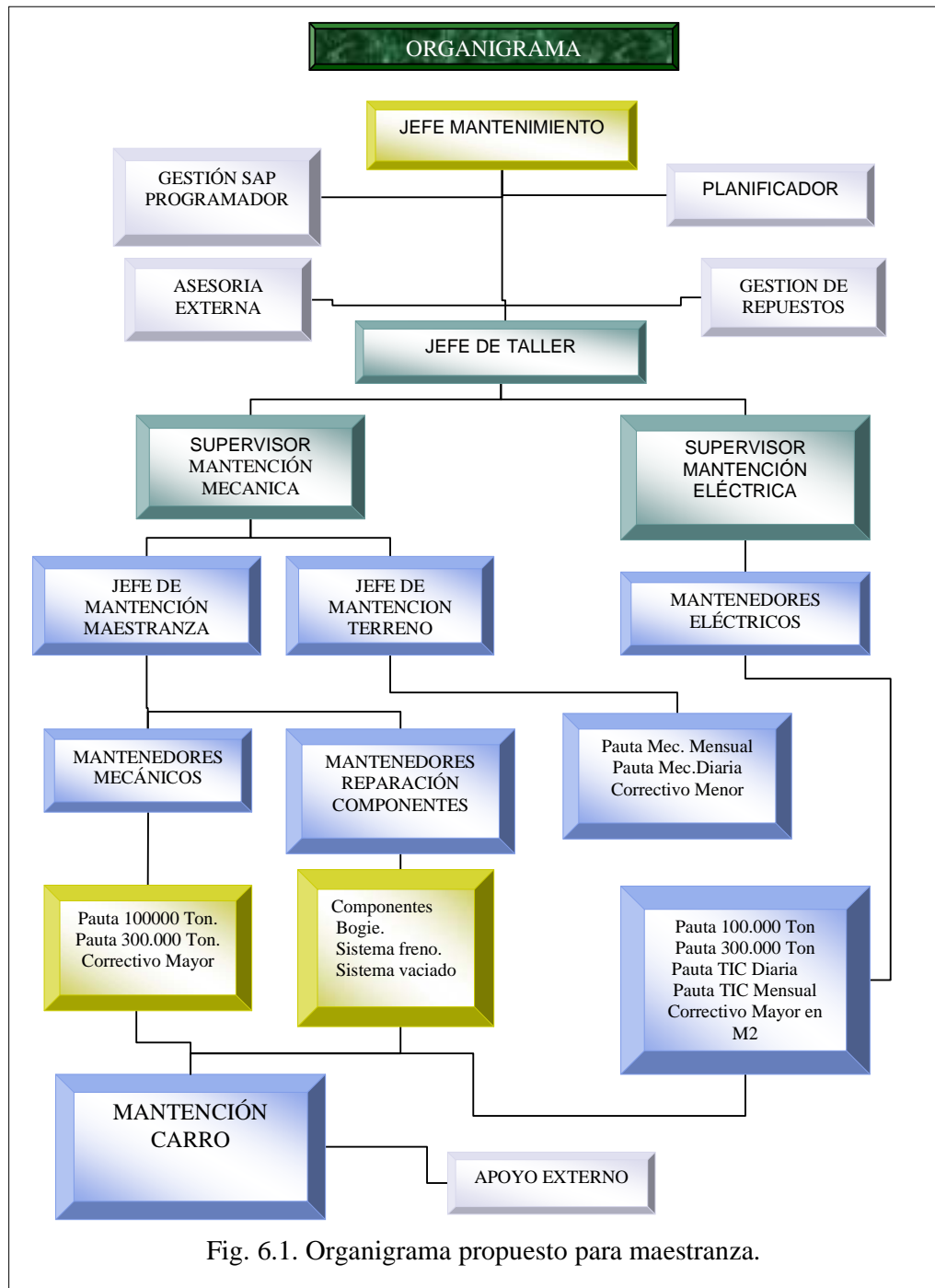


Fig. 6.1. Organigrama propuesto para maestranza.

Se asignaron claramente responsabilidades, las cuales quedan definidas de la siguiente forma:

Jefe mantenimiento: responsable de que toda la mantención de carros metaleros se realice en forma organizada y de forma eficiente, aportando los recursos necesarios para su desarrollo. Además, es el responsable en lo referente a lo contractual de la maestranza.

Planificador: Responsable de planificar y solicitar los equipos ferroviarios para sus respectivas pautas, interactúa directamente con el operario, en la solicitud de carros por pautas correctivas. También, con el programador en cuanto a los avisos y ordenes que este deba generar.

Gestión de Repuestos: Responsable de toda la gestión de materiales y repuestos. Gestiona las órdenes en cuanto a la llegada de materiales, dando aviso al programador para el cierre y notificación de las órdenes. Además de generar archivo con descripción, código y N° planos correspondiente a los materiales de los Cames de 80 y 100 Ton, con el fin de facilitar el llenado del formulario de solicitud de materiales.

Programadores: Responsable de realizar la creación de ordenes y avisos en SAP de todas las pautas preventivas y correctivas. Recibe la información del planificador para la creación de ordenes y avisos, también entrega a mantenedor experto las pautas y formularios de materiales. Para su llenado.

Jefe de taller: responsable de la organización y gestión de recursos para desarrollo de la mantención, encargado de la planificación diaria de tareas de trabajo.

Supervisor mantención mecánica: Responsable de interactuar con el planificador en cuanto a la solicitud de carros, también se relacionará con programador en el traspaso de las pautas y formularios de materiales. Es el nexo entre el programador y los mantenedores. Distribuye el personal en las diferentes tareas de mantención.

Supervisor Mantención eléctrica: Responsable de la planificación de mantenciones eléctricas, tanto en maestranza como en terreno. Responsable de gestionar los recursos necesarios y del correcto llenado de pautas.

Jefe mantención maestranza: Responsable de ejecutar las pautas preventivas y correctivas, llenado de pautas y formulario de materiales.

Jefe mantención en terreno: responsable de ejecutar la revisión de carros en terreno. Además, de llevar las pautas correspondientes e informar si un carro se encuentra en mal estado para su posterior retiro y reparación de tipo correctiva.

Mantenedores eléctricos: Responsable de las mantenciones eléctricas de pautas y correctivas de 100.000 ton, 300.000 ton, pauta diaria, pauta mensual y correctivo.

Mantenedores Reparaciones de Componentes: Responsable de ejecutar la reparación y mantención de los componentes de carros, encargados de mantener un stock permanente.

Mantenedores mecánicos: responsables de ejecutar las pautas de mantenimiento de 100.000 Ton, 300.000 Ton, y reparaciones de tipo correctivo.

6.4.2.- Gestión de Repuestos.

Para lograr realizar de manera eficiente la mantención de los carros metaleros, considerando el recambio de componentes, es indispensable contar con los recursos necesarios para ello. Además, con un stock de repuestos que logre satisfacer las necesidades de los mantenedores; para ello se deben considerar los siguientes componentes y repuestos fundamentales para la mantención de carros. Para este listado de repuestos se consideró la cantidad necesarias para un mes de acuerdo con la pautas y considerando en un mes 25 carros de 80 toneladas y 14 carros de 100 toneladas mensual, pero para el listado se aumentan cinco carros de 80 toneladas y cinco de 100 toneladas para considerar mantenciones correctivas.

Tabla N°14. Repuestos carros de 100 y 80 ton.

ESTATUS DE STOCK DE REPUESTOS PARA COMPONENTES CRÍTICOS DE CAMES DE 80 TON.		ESTATUS DE STOCK DE REPUESTOS PARA COMPONENTES CRITICOS DE CAMES DE 100 TON.	
Sistema de Rodado	30 carros	Sistema de Rodado	19 carros
Bogie	60	Bogie	38
Cajetillas de desgaste	240	Cajetillas de desgaste	152
Resorte Exterior D-5	720	Parada de Rueda	76
Resorte Interior D-6	840	Rodamientos	152
Resorte Carga tercero D6A	480	Ejes	120
Resorte Laterales Exterior B353	240	Sistema Estructural	
Resorte Laterales Interior B354	240	Viga Cajon (Refuerzo viga)	38
Parada de Rueda	120	Enganche	38

Rodamientos	240	Muela	38
Porta cubeta de Rodamiento.	240	Tope	38
Ejes.	120	Horquilla	38
Plancha Desgaste	240	Sistema de Vaciado	
Cuña Estabilizadora	240	Cilindro de Vaciado	38
Copa Centro Superior	60	Válvula Direccionales	19
Sistema Estructural		Válvula Check 1-1/4"	19
Chasis	1	Compuerta de Vaciado	19
Tolva	1	Copla Gripseal 3/4"x 3/4"	95
Enganche	60	Tee Gripseal 3/4"x 3/4" (Ver si Tee hilo NPT)	57
Muela	60	Cañería Sch 40 3/4"	133
Tope	60	Válvula Bola AC INOX 3/4" 150LB NPT	57
Horquilla	60	Válvula Bola AC INOX 1/2" 150LB NPT (despiche)	19
Sistema de Vaciado		Codo 45° 3/4" Hi-Hi	38
Válvula Direccionales	90	Codo Cachimba 90° 3/4" Hi-He	19
Válvula Check 1-1/4"	60	Codo 90° 3/4" Hi-Hi	19
Compuerta de Vaciado	3	Manómetro Glicerina 0-14 Bar	19
Cilindros Neumáticos.	60	Válvula Check 3/4" (Cono)	19
Acumulador.	10	Abrazadera tipo 'U' para cañería de 3/4"	114
Compuerta de Vaciado	30	Adaptador macho macho NPTF 12-JIC 8	38
Sistema de Freno		Niple hilo-hilo 3/4x 3/4"	95
Válvula ABDX	30	Bushing 1" a 3/4" NPT	19
Cilindros de Freno	60	Bushing 1 1/2" a 3/4"	19
Yuguillos	60	Copla Hierro Negro, 3/4" NPT.	38
Freno de Mano	30	Manguera SAE 100R2AT-12 AV JIC 12 (650 mm)	19
Sistema de Eléctrico-Electrónico		Manguera SAE 100R2AT-12 AV JIC 12 (1150 mm)	19
Placa Tic	30	Manguera (Botonera) SAE 100R2AT-08 (1700 mm)	38
Placa Lascard	7	Sistema de Freno	
Sensore Inductivo	90	Válvula ABDX	19
Jumper	60	Cilindros de Freno	38
Receptaculo Patton and Cook	60	Yuguillos	38

Sistema de Volteo		Freno de Mano	19
Conjunto palancas	60	Sistema de Eléctrico-Electrónico	
Balancín	60	Placa Tic	19
Barras de volteo	120	Placa Lascard	5
Complemento barra de volteo	60	Sensore Inductivo	57
Pasadores	300	Jumper	38
Pasadores de aleta	240	Receptaculo Patton and Cook	38
Tubos \varnothing 1 1/2" x 114	60		
Perno \varnothing 1 1/2" UNC x 7 1/2"	60		
Tuerca \varnothing 2 1/2" UNC	60		
Golilla \varnothing 1 1/2"	120		
Anillo separador	60		
Grasera ALEMITE \varnothing 1/8"- 27 NPT	180		
Grasera ALEMITE \varnothing 3/8" – 18 NPT	300		
Buje	300		
Horquilla	60		
Perno coche 3/4" – UNC x 149 c/tuerca	60		

6.4.3 Planificación de mantenimiento.

El personal necesario para llevar a cabo la mantención propuesta se detalla a continuación.

PAUTAS 100.000 TON	39	PAUTAS/MES
PAUTAS 300.000 TON.		

Tabla N° 15. Mantenedores Mecánicos.

Mantenedores Mecánicos						
Pauta	Tiempo Hrs.	Personal	H/H	Cantidad	Total H/H	
100.000	4	3	12	39	468	Mtza.
300.000	8	4	32	39	1248	Mtza.
Mensual	2	2	4	7	28	Terreno
Diaria	2	2	4	20	80	
Total Mantenedores		11				

Tabla N° 16. Mantenedores de Componentes.

Mantenedores de componentes		
N°	Especialidad	Cantidad
1	Soldadura	2
2	Mantenedor eléctrico	6
3	Operador Trasbordador	2
4	Mantenedor bogie	2
5	Mantenedor cilindro	2
6	Mantenedor de freno	2
7	Chofer	1
8	Operador Monta Carga	1
Total		18

Tabla N° 17. Mantenedores

Mantenedores		
N°	Especialidad	Cantidad
1	Jefe Mantenimiento	1
2	Programadores	2
3	Planificadores	2
4	Asesores Externos (Ing. Mantenimiento)	3
5	Gestión de Repuestos	2
6	Jefe Taller	1
7	Supervisor Mantención Mecánica	1
8	Supervisor Mantención Eléctrica	1
9	Jefe Mantención Maestranza	1
10	Jefe Mantención Terreno	1
Total		15

CAPÍTULO VII “Conclusiones”

Considerando que para un óptimo mantenimiento es imprescindible conocer las partes y piezas, las funciones, fallas, tipo de mantención y el funcionamiento en sí de los carros metaleros. Además, de disponer de los recursos necesarios para llevar a cabo un adecuado mantenimiento, con stock de repuestos que permita acortar tiempos de mantención y con una estructura muy bien constituida en lo que se refiere a compromisos y responsabilidades dentro del proceso en las personas involucradas, se establecen las siguientes conclusiones como parte del desarrollo de este trabajo:

- En relación al objetivo general y con relación a la propuesta de mantenimiento planteada, se logrará una optimización del mismo y mejora de disponibilidad, en la medida en que se cumplan las condiciones señaladas y se asignen los recursos necesarios para su implementación, ya que ésta, constituye una propuesta de largo plazo, que debe llevar un control y una posterior retroalimentación, a objeto de ir corrigiendo las desviaciones que puedan afectar el correcto desarrollo de ésta. Esto, pues aún no está en aplicación, pero que sin embargo, permitirá optimizar la actual mantención ya que se han incorporado una serie de mejoras en esta.

- En relación al mejoramiento de disponibilidad y confiabilidad, con la estrategia de mantención propuesta, se logrará acortar los tiempos de mantenimiento lo cual permitirá mejorar la disponibilidad, ya que se detectó que los mayores tiempos de mantención en los carros metaleros se registran en la mantención en sí, seguido por los tiempos de fallas y luego por los tiempos de accidentes. Además, con el cambio de componentes propuestos permitirá una mayor confiabilidad en el mantenimiento de carros.

- Debido a la baja disponibilidad de carros, determinada en el punto 5.8, y al análisis de la situación del mantenimiento, la cual se muestra regular por el estado de los carros y mediante la detección de fallas más frecuentes, se determinó que una buena estrategia de mantención es el recambio de componentes. Además, mejorar la gestión de mantenimiento asignando responsabilidades a quien corresponde,

estableciendo una nueva organización, determinada en el punto 6.4.1. Además, estableciendo una base de datos y pautas para el seguimiento de estos componentes.

- Con la información recopilada se logró determinar que las fallas más frecuentes en los carros se presentan en su sistema de vaciado y rodado. En base a estos antecedentes, se buscó una solución a este problema lo cual llevó a determinar la estrategia de mantención propuesta, que da solución a estos problemas, minimizando las fallas.

- Para el desarrollo del mantenimiento se hace indispensable establecer una base de datos, ya que con ella se consigue lo siguiente:

- Retroalimentar el proceso de mantención y analizar la información para corregir errores.
- Programar una buena mantención preventiva.
- Tener un seguimiento de los componentes de los equipos, lo que permite informar a tiempo cuando a un componente se le debe hacer mantención o cambio de este y así evitar accidentes indeseados o no previstos que afecten el proceso.
- Indicar a tiempo la compra de repuestos y materiales a mantener en stock

- El personal encargado de la mantención de los carros, debe tener una constante capacitación referente a los equipos, así como también a los cambios en los tipos mantención. Lo cual, apunta a una proactividad de los involucrados a fin de tener una cultura de mejora continua.

CAPÍTULO VIII “BIBLIOGRAFÍA”.

Asociación de ferrocarriles americanos. Manual de Campo de las reglas de intercambio Estándares y reglas de seguridad y operaciones, Imprento en EUA. Washington D.C. Enero 2005

Luis Navarro Elola, Ana Clara Pastor Tejedor, Jaime Miguel Mugaburu Lacabrera. “Gestión Integral de Mantenimiento”. Marcombo Boixareu Editores. Barcelona España, 1997

Lourival Augusto Tavares. “Administración moderna de Mantenimiento” Universidad Federal de Rio de Janeiro, 1ª Edición. Rio de Janeiro, 1986

Rodrigo Pascal J. “El Arte de Mantener”. Dpto. Ing. Mecánica, U. de Chile, Versión 2.4. Santiago Chile, 2003.

ANEXOS.

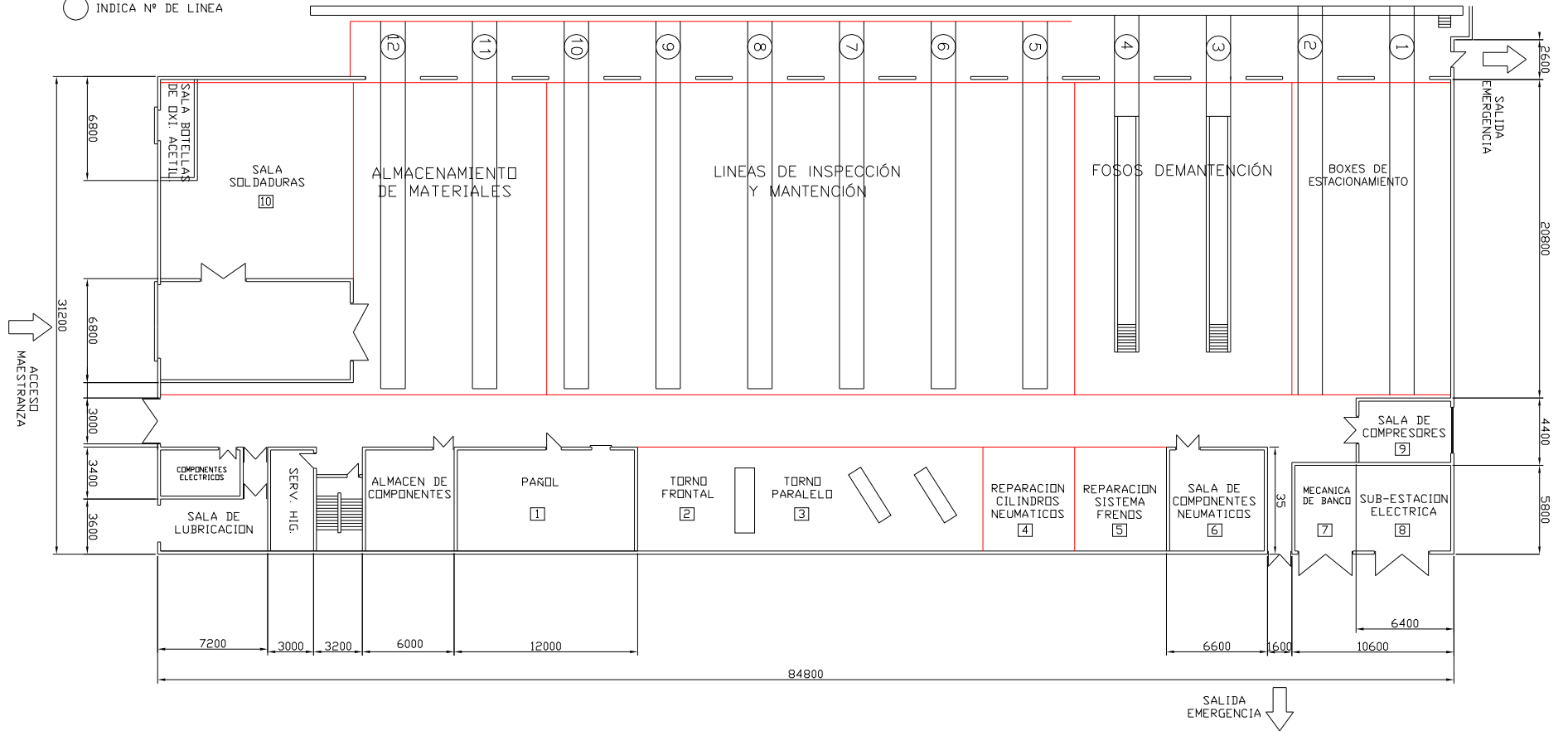
ANEXO 1.

Distribución interior de la Maestranza.

INSTALACIONES MAESTRANZA CARROS N°2, SECTOR PRINCIPAL DE MANTENCIÓN.

□ INDICA N° PUESTO DE TRABAJO

○ INDICA N° DE LINEA



□ INDICA Nº PUESTO DE TRABAJO

○ INDICA Nº DE LINEA

INSTALACIONES MAESTRANZA CARROS Nº2

SECTOR LINEAS DE ESTACIONAMIENTO Y LAVADO DE CARROS

↑ ACCESO
SALIDA
CARROS ↓



ANEXO 2.

Datos referentes al estado de carro de 80 toneladas.

CARROS METALERO 80 TON.		701			702		
		B	R	M	B	R	M
1	ESTRUCTURA (Tolva Chasis-Compuerta)						
1.1	Viga Principal	x			x		
1.2	Bastidor de Tolva		x		x		
1.3	Plancha de desgate Tolva		x			x	
1.4	Compuerta de vaciado		x			x	
1.6	Soporte de tolva		x				x
1.7	Soporte de cilindro	x			x		
1.8	Soporte mecanismo de vaciado	x			x		
1.9	Mecanismo de vaciado	x			x		
2	Vaciado neumático-mecánico						
2.1	Piping - Fitting	x			x		
2.2	Cilindros de vaciado		x			x	
2.3	Válvula y accesorios	x				x	
3	Freno neumático-mecánico						
3.1	Piping - Fitting	x				x	
3.2	Cilindros de freno		x		x		
3.3	Yuquillos - palancas		x			x	
3.4	Freno de mano		x			x	
3.5	Válvula y accesorios	x			x		
4	Rodado						
4.1	Bogie F-1	x				x	
4.2	Bogie F-2		x			x	
4.3	Parada de rueda Pos.1		x		x		
4.4	Parada de rueda Pos.2		x			x	
4.5	Parada de rueda Pos.3	x			x		
4.6	Parada de rueda Pos.4		x		x		
5	Enganche						
5.1	Conjunto enganche		x			x	
5.2	Tope		x			x	
5.3	Horquilla		x			x	

B	R	M	B	R	M
10	15	0	11	13	1

ANEXO 3.

Datos Referentes al estado de carros de 100 toneladas.

CARROS METALERO 100 TON.		801			802		
		Estado			Estado		
		B	R	M	B	R	M
1	ESTRUCTURA (Tolva Chasis-Compuerta)						
1.1	PL laterales de desgaste interior tolva [T-1]		X		X		
1.2	PL frontales de desgaste tolva [T-1]		X			X	
1.3	Costaneras [A-36 ; 240 Kg]		X		X		
1.4	Transversal superior e inferior [T-1]	X			X		
1.5	Conjunto compuertas de vaciado			X			X
1.6	Refuerzo Cabezal F-1 y F-2		X		X		
1.7	PL base estructura tolva exterior [A-36]	X					X
2	Vaciado neumático-mecánico						
2.1	Piping - Fitting		X		X		
2.2	Cilindros de vaciado		X		X		
2.3	Válvula y accesorios		X		X		
3	Freno neumático-mecánico						
3.1	Piping - Fitting		X		X		
3.2	Cilindros de freno		X		X		
3.3	Yuguillos		X		X		
3.4	Freno de mano		X		X		
3.5	Válvula y accesorios		X		X		
4	Rodado						
4.1	Bogie F-1		X		X		
4.2	Bogie F-2		X		X		
4.3	Parada de rueda Pos.1	X			X		
4.4	Parada de rueda Pos.2	X			X		
4.5	Parada de rueda Pos.3	X			X		
4.6	Parada de rueda Pos.4	X			X		
5	Enganche						
5.1	Conjunto enganche F-1 ; F-2			X			X
5.2	Tope F-1 ; F-2			X			X
5.3	Horquilla F-1 ; F-2			X			X

B	R	M	B	R	M
6	14	4	3	15	6

ANEXO 4.

Resumen de datos necesarios para el cálculo de disponibilidad y ejemplo de cálculo.

Nº CARROS	T. Nominal HRS	T. EQAC. HRS	T. Fallas HRS	T. Mant. HRS	T. Disp. REAL hrs	T. Disp. CONTR hrs	Disp. REAL %
701	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
702	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
703	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
704	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
705	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
706	744	744	0	0	0,0	744,0	0,0%
707	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
708	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
709	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
710	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
711	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
712	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
713	744	0	0	15	729,0	729,0	98,0%
714	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
715	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
716	744	0	20	136	588,0	588,0	79,0%
717	744	0	92	24	628,0	628,0	84,4%
718	744	0	0	744	0,0	0,0	0,0%

Cálculo de disponibilidad, para el carro 701, a modo de ejemplo, el cálculo se realiza de la siguiente forma:

Considerando la fórmula N° 1, se tiene:

$$Disponibilidad [\%] = \frac{T_{No\ min\ al} - (TE_{QAC} + TF_{alla} + TM_{antenimiento})}{Tiempo\ No\ min\ al} \times 100$$

Luego reemplazando los datos correspondientes a tiempos del carro 701 se tiene:

$$Disponibilidad [\%] = \frac{744 - (0 + 0 + 3)}{(31 \times 24)} \times 100$$

Luego la disponibilidad para el carro 701, será la siguiente:

$$Disponibilidad [\%] = 99,59 \% \approx 99,6 \%$$

ANEXO 5.

Disponibilidad de carros metaleros mes de julio 2007.

Disponibilidad y tiempos para los carros de 80 toneladas.

Nº CARROS	T. Nominal HRS	T. EQAC. HRS	T. Fallas HRS	T. Mant. HRS	T. Disp. REAL hrs	T. Disp. CONTR hrs	Disp. REAL %
796	744	0	0	4	740,0	740,0	99,5%
797	744	0	0	4	740,0	740,0	99,5%
798	744	0	0	4	740,0	740,0	99,5%
799	744	0	0	4	740,0	740,0	99,5%
CARRO 80	68448	1112	1027	4381	61928,0	63040,0	90,5%
719	744	744	0	0	0,0	744,0	0,0%
720	744	0	20	32	692,0	692,0	93,0%
739	744	0	68	80	596,0	596,0	80,1%
740	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
753	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
776	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
783	744	0	188	14	542,0	542,0	72,8%
PUNT. 80	5208	744	276	135	4053	4797,0	77,8%

Disponibilidad y tiempos para los carros de 100 toneladas.

Nº CARROS	T. Nominal HRS	T. EQAC. HRS	T. Fallas HRS	T. Mant. HRS	T. Disp. REAL hrs	T. Disp. CONTR hrs	Disp. REAL %
851	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
852	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
853	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
854	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
CARRO 100	30504	572	3180	1122	25347,0	25919,0	83,5%
834	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
835	744	0	8	299	437,0	437,0	58,7%
836	744	0	10	0	734,0	734,0	98,7%
842	744	0	0	3	741,0	741,0	99,6%
PUNT. 100	2976	0	18	305	2653	2653,0	89,1%

ANEXO 6.

Pauta de componentes de carro 80 toneladas.



PAUTA DE MANTENCIÓN DE COMPONENTES
CARROS 80 TON.

Carro N°:	_____	Orden N°:	_____
Fecha/Turno/HR inicio:	_____	_____	_____
Fecha/Turno/HR termino:	_____	_____	_____
Horometro de Tonelaje:	_____		
Horas Hombre:	_____		
Nombre Mantenedores:	_____		
Firma Mantenedor a cargo :	_____		
Nombre Maestro experto:	_____		
Firma Maestro experto:	_____		

SOPLADO Y LIMPIEZA GENERAL DE CAME. Si ; No

CONTROL DE TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DE COMPUERTA.

TIEMPOS APERTURA Y CIERRE.	MÉTRICA. Presión red Mtza. 90 psi.	INICIO.	FINAL.	OBSERVACIONES.
TIEMPO APERTURA.	15 +/-2 seg.			
TIEMPO CIERRE.	22 +/-2 seg.			

CONTROL DE CILINDROS NEUMÁTICO DE VACIADO.

POSICIÓN.	N° CILINDRO.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
Frente 1.						
Frente 2.						

CONTROL DE EJES.

POSICIÓN.	Nº EJE.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
Posición 1.						
Posición 2.						
Posición 3.						
Posición 4.						

CONTROL DE PARADA DE RUEDAS.

POSICIÓN.	Nº RUEDA.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
Posición 1.						
Posición 2.						
Posición 3.						
Posición 4.						

CONTROL DE BOGIES.

POSICIÓN.	Nº BOGIE.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
FRENTE 1.						
FRENTE 2.						

CONTROL DE TOLVA.

Nº TOLVA.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.

CONTROL DE ENGANCHES.

POSICIÓN.	Nº ENGANCHE.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
FRENTE 1						
FRENTE 2						

CONTROL DE RODAMIENTOS.

POSICIÓN.	Nº RODAMIENTO.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
Posición 1.						
Posición 2.						
Posición 3.						
Posición 4.						

CONTROL DE MECANISMO DE VOLTEO.

POSICION.	Nº ENGANCHE.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
FRENTE 1.						
FRENTE 2.						

LO MÁS IMPORTANTE ES REALIZAR LAS MANTENCIONES
CON SEGURIDAD, CALIDAD Y CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE.

ANEXO 7.

Pauta de componentes de carro 100 toneladas.



PAUTA DE MANTENCIÓN DE COMPONENTES
CARROS 100 TON.

Carro N°:	_____	Orden N°:	_____
Fecha/Turno/HR inicio:	_____	_____	_____
Fecha/Turno/HR termino:	_____	_____	_____
Horometro de Tonelaje:	_____		
Horas Hombre:	_____		
Nombre Mantenedores:	_____		
Firma Mantenedor a cargo :	_____		
Nombre Maestro experto:	_____		
Firma Maestro experto:	_____		

SOPLADO Y LIMPIEZA GENERAL DE CAME. Si ; No

CONTROL DE TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DE COMPUERTAS.

<u>TIEMPOS APERTURA Y CIERRE.</u>	<u>METRICA.</u> <u>Presión red</u> <u>Mtza. 90</u> <u>psi.</u>	<u>INICIO.</u>	<u>FINAL.</u>	<u>OBSERVACIONES.</u>
<u>TIEMPO APERTURA.</u>	<u>9 +/-2 seg.</u>			
<u>TIEMPO CIERRE.</u>	<u>5 +/-2 seg.</u>			

CONTROL DE CILINDROS NEUMÁTICO DE VACIADO.

<u>POSICIÓN.</u>	<u>N° CILINDRO.</u>	<u>FECHA.</u>	<u>ENTRA.</u>	<u>FECHA.</u>	<u>SALE.</u>	<u>OBSERVACIÓN.</u>
Frente 1.						
Frente 2.						

CONTROL DE EJES.

POSICIÓN.	Nº EJE.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
Posición 1.						
Posición 2.						
Posición 3.						
Posición 4.						

CONTROL DE PARADA DE RUEDAS.

POSICIÓN.	Nº RUEDA.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
Posición 1.						
Posición 2.						
Posición 3.						
Posición 4.						

CONTROL DE BOGIES.

POSICIÓN.	Nº BOGIE.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
FRENTE 1.						
FRENTE 2.						

CONTROL DE TOLVA.

Nº TOLVA.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.

CONTROL DE ENGANCHES.

POSICIÓN.	Nº ENGANCHE.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
FRENTE 1						
FRENTE 2						

CONTROL DE RODAMIENTOS.

POSICIÓN.	Nº RODAMIENTO.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
Posición 1.						
Posición 2.						
Posición 3.						
Posición 4.						

CONTROL DE MECANISMO DE COMPUERTAS DE VACIADO.

POSICIÓN.	Nº ENGANCHE.	FECHA.	ENTRA.	FECHA.	SALE.	OBSERVACIÓN.
FRENTE 1.						
FRENTE 2.						

LO MÁS IMPORTANTE ES REALIZAR LAS MANTENCIONES
CON SEGURIDAD, CALIDAD Y CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE.