

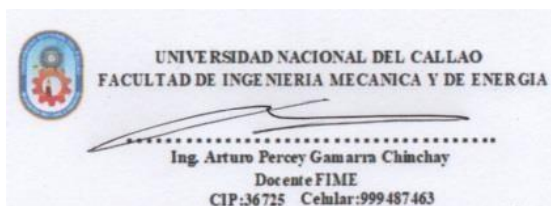
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“APLICACIÓN DE LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DEL MANTENIMIENTO PARA
AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN DE LA FLOTA DE
LOCOMOTORAS DE MODELO ELECTRO MOTIVE DIESEL EN SOUTHERN
PERU COPPER CORPORATION”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO**

EDUARDO GRIMALDO LOZANO PAULINO



Callao, 2021

PERÚ

Eduardo Grimaldo Lozano Paulino
72472697

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Palomino Correa, Juan Manuel	Presidente
Mg. Caldas Basauri Alfonso Santiago	Secretario
Mg. Blas Zarzosa Adolfo Orlando	Vocal
Mg. Collante Huanto, Andrés	Suplente
Ing. Arturo Percey Gamarra Chinchay	Asesor

Dedicatoria

Dedico este informe a Dios, por permitirme tener la fuerza y perseverancia de concluir mi carrera. A mis padres, familia y amigos, quienes de diferente manera me alentaron en cada momento de mi vida. En especial a Carmen Rosa López Muro, sé que desde el cielo me proteges y sigues cuidando mis pasos.

Agradecimiento

A los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Callao, agradecerles por los conocimientos brindados y las experiencias compartidas.

Al Ing. Arturo Gamarra Chinchay, quien con su asesoría permitió la elaboración del presente informe de suficiencia profesional.

INDICE

I. ASPECTOS GENERALES.....	5
Contexto de la realidad problemática	5
1.1 Objetivos	6
1.1.1 Objetivo General.....	6
1.1.2 Objetivos Específicos	6
1.2 Organización de la empresa o institución.....	6
1.2.1 Antecedentes Históricos	6
1.2.2 Filosofía Empresarial	13
1.2.3 Estructura Organizacional	16
II. FUNDAMENTACION DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	22
2.1 Marco Teórico	22
2.1.1 Base Teórica.....	22
2.1.2 Aspectos Normativos.....	27
2.1.3 Simbología teórica	30
2.2 Descripción de las actividades desarrolladas	34
2.2.1 Etapas de las actividades.....	34
2.2.2 Diagrama de flujo o mapa conceptual	38
2.2.3 Cronograma de actividades.....	39
III. APORTES REALIZADOS	43
3.1 Planificación, Ejecución y Control de Etapas.....	43
3.1.1 Planificación.....	43
3.1.2 Ejecución	51
3.2 Evaluación Técnica – Económica.....	77
3.2.1. Evaluación Técnica	77
3.2.2 Evaluación Económica	78
3.3 Análisis de Resultados.....	80
IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES	82
4.1 Discusión	82
4.2 Conclusión	83
4.2.1 Conclusión General.....	83
4.2.2 Conclusiones Específicas	83

V. RECOMENDACIONES	84
VI. BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Principales actividades de la Etapa I</i>	39
Tabla 2 <i>Principales actividades de la Etapa II</i>	40
Tabla 3: <i>Principales actividades de la Etapa III</i>	41
Tabla 4: <i>Principales actividades de la Etapa IV.....</i>	41
Tabla 5: <i>Componentes más susceptibles a fallos entre 2015 - 2020.....</i>	46
Tabla 6: <i>Diagrama de Pareto</i>	47
Tabla 7: <i>Matriz de Evaluación Técnica.....</i>	77
Tabla 8: <i>Cuadro de los costos unitarios de los componentes críticos.....</i>	78
Tabla 9: <i>Utilización y Arrastre de locomotoras modelo GP40-3 en abril 2021</i>	79
Tabla 10: <i>Costo de no disponibilidad de locomotoras modelo GP40-3.....</i>	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Principales productores de cobre y reservas por país	10
Figura 1.2: Principales compañías productoras de cobre en Perú - 2020	11
Figura 1.3: Estructura Organizacional del Grupo México.....	17
Figura 1.4: Organigrama de Southern Peru Copper Corporation.....	17
Figura 1.5: Organigrama de la División de Ferrocarril Industrial en SPCC.....	18
Figura 1.6: Presencia de Operaciones de Southern Copper Corporation	19
Figura 1.7: Operaciones Mineras de Southern Peru Copper Corporation	20
Figura 1.8: Ranking de los países consumidores de cobre metálico - 2019	21
Figura 2.1: Locomotora 61 SPCC – Modelo SD70 – Electro Motive Diesel (EMD).....	24
Figura 2.2: Motor diésel Serie 710 – Electro Motive Diesel	25
Figura 2.3: Motor de tracción D87B – Electro Motive Diesel (EMD).....	26
Figura 2.4: Eje ensamblado SD70 – Electro Motive Diesel (EMD)	26
Figura 2.5: Association of American Railroad (AAR)	27
Figura 2.6: Reglamento Operativo Interno División de Ferrocarril Industrial	28
Figura 2.7: Diagrama sistema de combustible en locomotora EMD.....	31
Figura 2.8: Diagrama sistema de refrigeración en locomotora EMD	32
Figura 2.9: Diagrama sistema de aceite en locomotora EMD	33
Figura 2.10: Diagrama de corte transversal del motor Electro Motive Diesel	34
Figura 2.11: Etapas para el desarrollo del trabajo	37
Figura 2.12: Diagrama de flujo del trabajo.....	38
Figura 2.13: Cronograma de trabajo.....	42
Figura 3.1: Regla 10/10/20.....	48
Figura 3.2: Planes de Mantenimiento en SAP ERP – Transacción IP18.....	49
Figura 3.3: Parámetros para la programación del mantenimiento.....	50
Figura 3.4: Ejemplo para la programación.....	51
Figura 3.5: Manual de Mantenimiento en Funcionamiento del modelo GP40-3.....	52
Figura 3.6: Manual de Mantenimiento en Funcionamiento del modelo SD70	53
Figura 3.7: Manual de Mantenimiento del Motor (EMM)	54

Figura 3.8: Instrucciones Mantenimiento (M.I.) de Electro Motive Diesel (EMD) ..	55
Figura 3.9: Límites de defectos del eje longitudinal	56
Figura 3.10: Inspección de ejes	57
Figura 3.11: Inspección visual y detección de defectos en el eje.....	57
Figura 3.12: Parámetros dimensionales para el ensamble de engranaje y ruedas	58
Figura 3.13: Verificación del perfil del diente del piñón del motor de tracción	60
Figura 3.14: Medición del desvío del perfil y desgaste del piñón del motor.....	61
Figura 3.15: Verificación del perfil del diente del engranaje del eje.....	62
Figura 3.16: Medición del desvío del perfil del engranaje del eje	63
Figura 3.17: Medición de desgaste del engranaje del eje	64
Figura 3.18: Límites de trabajo para ruedas de locomotoras	65
Figura 3.19: Tolerancias del juego axial y radial para montaje del motor.....	66
Figura 3.21: Verificación del juego axial con el motor de tracción ensamblado.....	68
Figura 3.22: Motor de tracción con campo a tierra	70
Figura 3.23: Intercambio de componentes del motor de tracción.....	71
Figura 3.24: Puesta del motor de tracción en el eje de la locomotora.....	72
Figura 3.25: Diagrama de Red del trabajo.....	75
Figura 3.26: Ruta Crítica del trabajo.....	76
Figura 3.27: Consolidado de Utilización de flota de locomotoras EMD	79

I. ASPECTOS GENERALES

Contexto de la realidad problemática

La industria minera tiene un papel trascendental en nuestra historia debido a la ingente riqueza que ha producido y por el gran potencial de los recursos naturales y humanos que se posee, los cuales son evidencia indiscutible de una prosperidad futura y que actualmente se traduce en una abundante riqueza gracias a la exportación de metales y la correspondiente generación de divisas.

Particularmente, la presencia de la empresa Southern Peru Copper Corporation (SPCC) ha sido de gran importancia, no solo en la región sur, sino en el desarrollo de nuestro país, lo cual es reflejo de los constantes y diversos proyectos de ampliación y modernización de sus unidades de producción a lo largo de los últimos años. Entonces, para justificar y garantizar la rentabilidad de los procesos dentro de la compañía, es de vital importancia aplicar una gestión eficiente a la división que opera de manera transversal a toda SPCC y que se denomina como la “columna vertebral” de la organización: División del Ferrocarril Industrial.

Motivado por la relevancia e impacto para el logro de los objetivos de la organización, es que se analizará la manera de mejorar y establecer estándares para el mantenimiento de locomotoras modelo Electro Motive Drive (EMD), las cuales representan las de mayor fuerza de arrastre dentro de toda la flota de locomotoras que posee Southern Peru Copper Corporation.

Todo lo anteriormente expuesto contribuirá en gran medida a brindar confiabilidad en el servicio de transporte de productos e insumos a los diversos usuarios de la empresa, con el fin de cumplir con los planes de producción establecidos y en general con los intereses de la organización.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Aplicar la gestión estratégica de mantenimiento para aumentar la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras de modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Implementar los Instructivos de Mantenimiento estandarizados para aumentar la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.
- Aplicar el planeamiento estratégico en los componentes críticos para el aumento de la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras de modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.
- Afianzar la mitigación de ocurrencia de eventos no deseados para el aumento de la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras de modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.

1.2 Organización de la empresa o institución

1.2.1 Antecedentes Históricos

1.2.1.1 Reseña Histórica

Southern Peru Copper Corporation (SPCC) es la sucursal registrada de Southern Copper Corporation (SCC) en Perú, propiedad del Grupo México, fundada en 1954 para desarrollar actividades minero metalúrgicas en el país. La principal actividad empresarial de Grupo México es actuar como una compañía holding de las acciones de otras compañías que se dedican al minado, procesamiento, compra

y venta de minerales y otros productos, así como al transporte ferroviario y otros servicios afines.

En Perú, la compañía posee y opera 3 Unidades de Producción, de las cuales 2 son minas a tajo abierto llamadas Toquepala y Cuajone, ubicadas en Tacna y Moquegua, respectivamente. Los trabajos para el desarrollo de la mina de Toquepala comenzaron en 1956 y la mina entró en operaciones en 1960 con una capacidad de producción inicial de 46,000 toneladas por día. Posteriormente, en el 2002, se incrementó la capacidad de procesamiento hasta las 60,000 toneladas métricas secas por día.

Mientras que recién en el año 1976, se inaugura el complejo minero Cuajone con una capacidad de producción inicial de 58,000 toneladas al día de molienda. En 1999, la concentradora Cuajone amplió su capacidad a 87,000 toneladas por día, que es la que mantiene hasta el día de hoy.

La tercera unidad productiva se encuentra ubicada en la provincia de Ilo, Moquegua, que en su conjunto se denomina complejo metalúrgico en donde la compañía opera la Fundición de cobre, Refinería de cobre (inicialmente de propiedad del estado peruano) y el Puerto de Ilo.

En el año 1960, Southern instala la fundición de Ilo para procesar los minerales extraídos de las minas de Toquepala y Cuajone. Con el pasar de los años, a dicha fundición se le realizaron diversas ampliaciones y modernizaciones dentro de las cuales destacan la ampliación de las plantas de ácido y oxígeno (I y II) y la adquisición de un nuevo horno denominado ISASMELT, todo esto permitió que la producción de la fundición ascienda a las 120,000 toneladas por hora.

No fue hasta el año 1994 que la empresa adquirió del Estado Peruano la Refinería de cobre de una capacidad de producción 190,000 toneladas por año; sin embargo, dicha unidad fue ampliada en 2002 para tentar una producción de 280,000 toneladas por año.

Asimismo, la empresa posee una División que opera de manera transversal entre las 3 unidades productivas, esta es la de Ferrocarril Industrial. Esta se encarga de conectar las minas con las plantas de fundición, refinación y el puerto de Ilo, mediante los aproximadamente 200 kilómetros de vía férrea.

En un inicio, la función de las locomotoras era de vital importancia en todo el proceso de producción del cobre, ya que antiguamente, no se contaba con las fajas transportadoras y todo transporte era por vía férrea, así se le denominó a la división del ferrocarril industrial como la columna vertebral de la organización.

A medida que las fajas transportadoras cobraron mayor protagonismo en la industria minera, las locomotoras fueron desplazadas y su función se limitó únicamente al transporte de los concentrados de cobre desde las minas hacia la fundición y para el transporte del producto final y subproductos hacia el Puerto de Ilo para su posterior venta al extranjero, actividad que se realiza actualmente de manera diaria y con una flota de 20 locomotoras.

Un hito importante para la compañía fue la puesta en marcha (noviembre del año 2018) del proyecto denominado “Ampliación de Toquepala”, el cual permitió incrementar el tonelaje molido a 120,000 toneladas métricas por día mediante dos concentradoras (I y II).

Con este acontecimiento y ante un evidente resultado positivo económicamente hablando, la compañía tiene planificado desarrollar cuatro proyectos mineros que en su conjunto ascienden en su totalidad a US\$8,000 millones, dentro de los cuales se identifican: Proyecto Michiquillay, Proyecto Los Chancas, Proyecto Tía María, Proyecto Ampliación Cuajone, Nueva Fundición y Ampliación de la Refinería de cobre, etc.

1.2.1.2 Plan Estratégico de la empresa

El objetivo del plan estratégico de Southern Peru Copper Corporation busca identificar y medir el máximo de valor posible para la explotación y el procesamiento de los recursos de operación, considerando escenarios futuros.

Por consiguiente, el plan estratégico de SPCC tiene como pilares claves, primero la Visión, Misión y Valores y segundo, las acciones estratégicas orientadas a tener operaciones integradas y eficientes con soportes de reservas de mineral y que aseguren la continuidad, aunado al liderazgo de costos y sólida posición financiera, desarrollo sostenible y amigable con el entorno.

Todo el plan de trabajo de la empresa se basa en un proceso de mejora continua y se refleja en tres grandes compromisos: realizar prácticas laborales de clase mundial, garantizar el respeto y vigilancia de los derechos humanos vinculados a las actividades laborales generando las mejores condiciones de seguridad y salud.

Ventajas competitivas

- ❖ Las más altas reservas de cobre en la industria minera.
- ❖ Excelentes proyectos de crecimiento orgánico.
- ❖ Operaciones integradas de bajo costo.
- ❖ Equipo gerencial experimentado.
- ❖ Actuación financiera sólida/grado de inversión.
- ❖ Excelente historia de dividendos.
- ❖ Buenos fundamentos a largo plazo de cobre y molibdeno.

1.2.1.3 Reseñas históricas de otras empresas

El Perú es un país de antigua tradición minera, tradición que mantiene y cultiva gracias a la presencia de empresas líderes a nivel internacional. Contamos con un enorme potencial geológico, la presencia de la Cordillera de los Andes a lo largo del territorio, constituye nuestra principal fuente de recursos minerales.

A nivel mundial y latinoamericano, el Perú se ubica entre los primeros productores de diversos metales, (oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro, estaño, molibdeno, telurio, entre otros), lo cual es reflejo no sólo de la abundancia de recursos y la capacidad de producción de la actividad minera peruana, sino de la estabilidad de las políticas económicas en nuestro país.

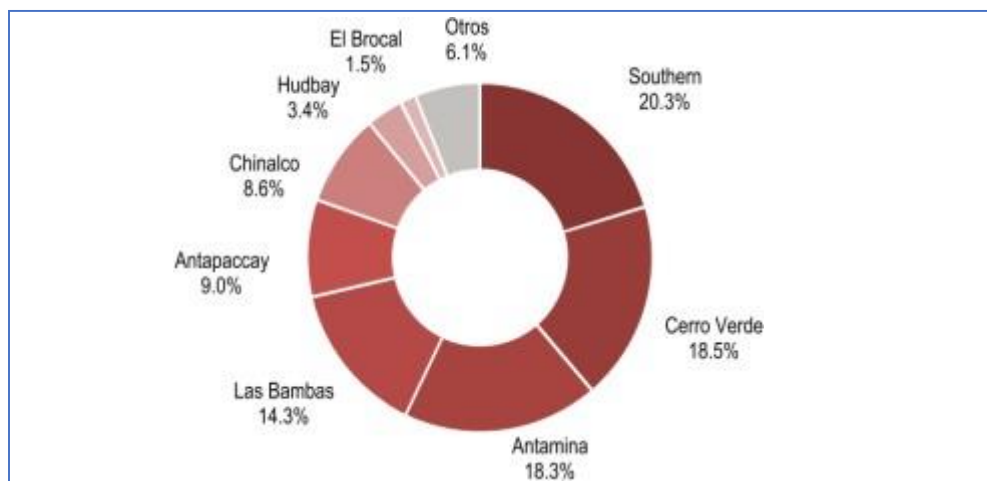
Figura 1.1: Principales productores de cobre y reservas por país

Principales productores de cobre y reservas por país (Cifras en millones de toneladas)			
País	2018	2019	Reservas
 Chile	5.830	5.600	200.000
 Perú	2.440	2.400	87.000
 China	1.590	1.600	26.000
 Estados Unidos	1.220	1.300	51.000
 Rep. Democrática del Congo	1.230	1.300	19.000
 Australia	920	960	87.000
 Zambia	854	790	19.000
 México	751	770	53.000
 Rusia	751	750	61.000
 Kazajstán	603	700	20.000
 Indonesia	651	340	28.000
Otros países	3.540	3.800	220.000
Total mundial (redondeado)	20.400	20.000	870.000

Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

Las oportunidades que ofrece nuestro país han hecho que seamos uno de los países de la región donde se observa mayor inversión en minería, con resultados destacados y presencia de empresas líderes de la minería mundial como: Cía. Minera Antamina, Sociedad Minera Cerro Verde, Minera Las Bambas, Southern Peru Cooper Corp, Trafigura Perú, Glencore, Cía Minera Antapaccay, Votorantim Metais, Shougang Hierro Perú y Cía. de Minas Buenaventura y SUB.

Figura 1.2: Principales compañías productoras de cobre en Perú - 2020



Fuente: <https://energiminas.com/southern-antamina-y-cerro-verde-los-tres-principales-productores-de-cobre-del-peru-a-octubre/>

Cía. Minera Antamina

La historia de Antamina se escribe desde los tiempos de la Cultura Chavín. La palabra quechua «anta» significa cobre y da origen a “Antamina”, o mina de cobre. Los hombres del antiguo Perú, ya conocían las propiedades de este mineral y lo utilizaban con fines religiosos.

En 1952 Antamina se integró a la cartera de exploración de proyectos mineros de la Cerro de Pasco Mining Company, que obtiene la concesión del yacimiento y realiza exploraciones incipientes.

El Estado, a través de Minero Perú y Geomin, retoma el yacimiento y continúa con las labores de exploración.

En 1996, el consorcio canadiense formado por Inmet Mining Corp. y Algom gana subasta realizada por CENTROMIN PERÚ. Se inicia programa de exploración geológica. Un año posterior, se confirma que el yacimiento minero es rico en minerales con una proyección de vida útil de 30 años.

En 1998, Antamina asume la concesión del yacimiento e inicia el proyecto con una inversión de US\$ 2,520 MM.

Así, después de un proceso de exploración y de construcción del complejo minero, se inician operaciones de prueba el 28 de mayo del 2001.

Un hito importante sucedió el 01 de octubre del 2001 cuando Antamina alcanzó sus volúmenes de producción comercial, esta fue la fecha oficial de inicio de operaciones donde se empieza a producir concentrados de cobre y zinc y otros sub productos.

En 2010, arranca el Programa de Expansión de Antamina con 1,100 millones de dólares de inversión. Su capacidad de procesamiento se incrementa en 31%.

En 2016, Antamina se consolida como una de las principales mineras de cobre del mundo, con altos estándares en sus operaciones.

Sociedad Minera Cerro Verde

Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. es un complejo minero ubicado en el distrito de Uchumayo, en la provincia de Arequipa, en el Perú, aproximadamente a 20 millas de la ciudad de Arequipa y a una altitud promedio de 2.600 metros sobre el nivel del mar. La mina ha sido ampliado a hacia una tasa de procesamiento de 1 000 000 de toneladas extraídas y 500 000 procesadas por día².

Las operaciones de la mina Cerro Verde datan del siglo XIX, en esa época los españoles extraían minerales de óxido de cobre de alta ley los que, posteriormente, eran enviados a Gales, nación constituyente del Reino Unido.

Más tarde, en el año 1916, la empresa Anaconda se convirtió en propietaria de este yacimiento, el que poseyó hasta 1970 cuando el Estado se hizo cargo de la mina. El gobierno extrajo los minerales de óxido de Cerro Verde y construyeron en 1972 una de las primeras plantas de procesamiento del cobre mediante el sistema de extracción por solventes y electrodeposición (SX/EW) del mundo.

En el año 1994 la compañía estadounidense Cyprus Climax compró la operación e invirtió un capital importante en la propiedad para aumentar y mejorar la productividad. Durante los ocho años posteriores a la privatización la producción de cobre aumento en alrededor de 350% y los costos se redujeron en más de 40%.

Los cátodos de cobre de SMCV se registran en el LME (London Metal Exchange) y en COMEX (Commodity Exchange, Inc.) como cátodos grado A con 99,99% de pureza.

Cerro Verde paso a formar parte de la cartera de explotación minera de la Corporación Phelps Dodge en 1999, tras la compra de Cyprus Climax Minerals Company.

En diciembre del 2006 entró en operación la Concentradora de Sulfuros Primarios, proyecto que demandó una inversión de US\$ 850 millones, con una capacidad de tratamiento de 108,000 TMD de mineral.

En el año 2007, Freeport-McMoRan (FCX) adquiere la corporación Phelps Dodge y la participación de Cyprus Climax en la compañía, operando Cerro Verde desde entonces.

1.2.2 Filosofía Empresarial

La filosofía empresarial de Southern Peru Copper Corporation (SPCC) engloba el conjunto de ciertos elementos que van a permitir la identificación de la organización de lo que es y lo que quiere llegar a ser.

A su vez, este conjunto de elementos permite generar un núcleo de trabajo organizacional que identifica a todas las partes pertenecientes a la organización. Para esto, la empresa tiene bien definidos su Misión, Visión, Valores y su Política del Sistema Integrado de Gestión.

Misión

Transformar eficientemente las mejores reservas de minerales del mundo con pasión, talento y dedicación. Nuestra experiencia garantiza la producción de metales de la más alta calidad de forma responsable y rentable, priorizando la seguridad de nuestra gente y el cuidado de nuestro entorno.

Visión

Ser líder en la transformación sostenible de recursos naturales, comprometidos con la creación de valor y bienestar para nuestro entorno.

Valores

Los valores que la empresa Southern Peru Copper Corporation promueve desde la Dirección General hacia todo el personal que labora son: Lealtad, Integridad, Dedicación, Excelencia y Responsabilidad.

Creatividad

Buscar, en forma permanente, nuevas formas de hacer las cosas, de modo que ello sea beneficioso para el trabajador, la empresa, y la sociedad.

Equidad

Otorgar a cada cual, dentro de la empresa, lo que le corresponde según criterios ciertos y razonables.

Solidaridad

Generar compañerismo y un clima de amistad, trabajando juntos para cumplir nuestra misión y encaminarnos hacia el logro de nuestra visión. Tener permanente disposición para ofrecer a los demás un trato amable y brindarles apoyo generoso, al tiempo que se cumplen las tareas con calidad, eficiencia y pertinencia.

Puntualidad

Cumplir con los compromisos y obligaciones en el tiempo acordado, valorando y respetando el tiempo de los demás.

Honestidad

Obrar con transparencia y clara orientación moral cumpliendo con las responsabilidades asignadas en el uso de la información, de los recursos materiales y financieros. Mostrar una conducta ejemplar dentro y fuera de la empresa.

Respeto

Desarrollar una conducta que considere en su justo valor los derechos fundamentales de nuestros semejantes y de nosotros mismos. Asimismo, aceptar y cumplir las leyes, las normas sociales y las de la naturaleza.

Laboriosidad

Emplear el trabajo como una poderosa fuerza transformadora, para así alcanzar los objetivos de la empresa y hacer que ella logre los más altos niveles de productividad y desarrollo.

Responsabilidad

Asumir las consecuencias de lo que se hace o se deja de hacer en la empresa y su entorno. Tomar acción cuando sea menester; obrar de manera que se contribuya al logro de los objetivos de la empresa.

Política del Sistema Integrado de Gestión

Southern Peru es una empresa minero metalúrgica productora de cobre y subproductos conformada por un equipo eficiente, motivado y comprometido a:

- Cumplir los requisitos aplicables relacionados con la calidad de nuestros productos y servicios, el Ambiente, la Seguridad y Salud en el trabajo, los legales y otros asumidos voluntariamente.
- Optimizar nuestros procesos comprometidos con la mejora continua del Sistema Integrado de Gestión, así como con su desempeño.

- Buscar el desarrollo y compromiso de nuestros trabajadores para que participen en el cambio cultural hacia la gestión integrada de la Calidad, Ambiente, Seguridad y Salud en el trabajo.
- Realizar la identificación de peligros, evaluación y control de riesgos, con el propósito de prevenir la ocurrencia de lesiones, enfermedades, incidentes relacionados con el trabajo, identificar los aspectos e impactos ambientales, fortaleciendo el compromiso de prevención y protección del ambiente.
- Establecer y mantener procesos de comunicación, participación y consulta a los trabajadores y sus representantes para asegurar su participación activa en el desarrollo y mejora del Sistema Integrado de Gestión.

1.2.3 Estructura Organizacional

Southern Copper Corporation (SCC) es una subsidiaria indirecta del accionista mayoritario Grupo México S.A.B. de C.V. ("Grupo México").

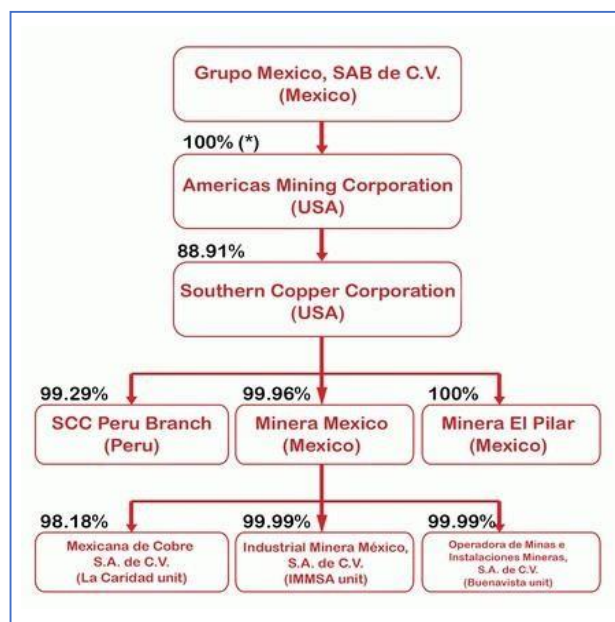
Según la última configuración, Grupo México, a través de su subsidiaria Americas Mining Corporation ("AMC"), que es íntegramente de su propiedad, poseía el 88.91% de las acciones comunes.

Southern Copper Corporation realiza sus operaciones en Perú a través de una sucursal registrada ("SPCC Sucursal del Perú", la "Sucursal" o la "Sucursal Peruana"). Esencialmente, SPCC Sucursal del Perú comprende todos los activos y pasivos relacionados con las operaciones de cobre en Perú. SPCC Sucursal del Perú no es una compañía separada de SCC y, por tanto, las obligaciones directas de SPCC Sucursal del Perú son obligaciones de SCC y viceversa.

El 1 de abril de 2005, se compró Minera México, la compañía minera autónoma más grande de México, a Americas Mining Corporation ("AMC"), una subsidiaria de Grupo México, el accionista controlador. Minera México es una

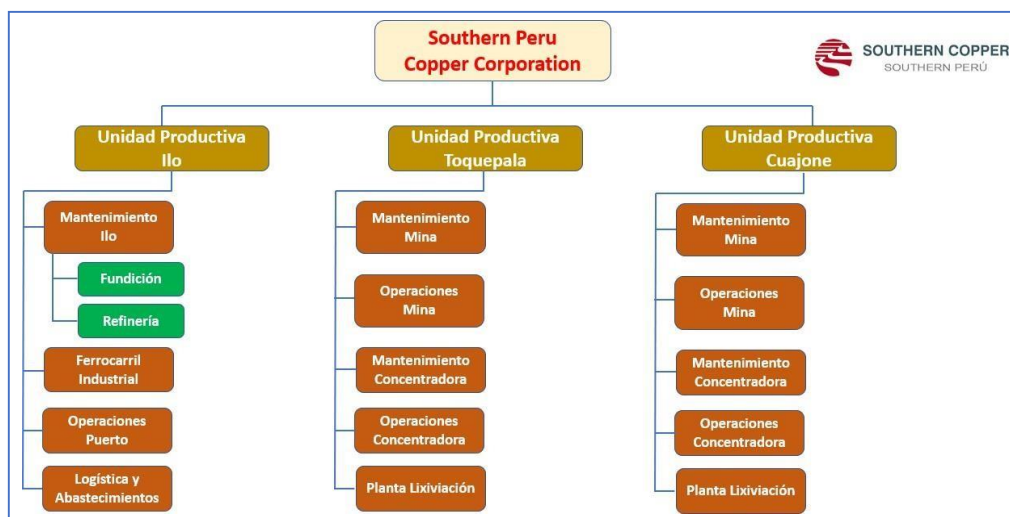
compañía holding y todas sus operaciones se realizan a través de subsidiarias que están agrupadas en tres unidades: (i) la unidad La Caridad, (ii) la unidad Buenavista, y (iii) la unidad IMMSA. Somos propietarios del 99.99% de Minera México.

Figura 1.3: Estructura Organizacional del Grupo México



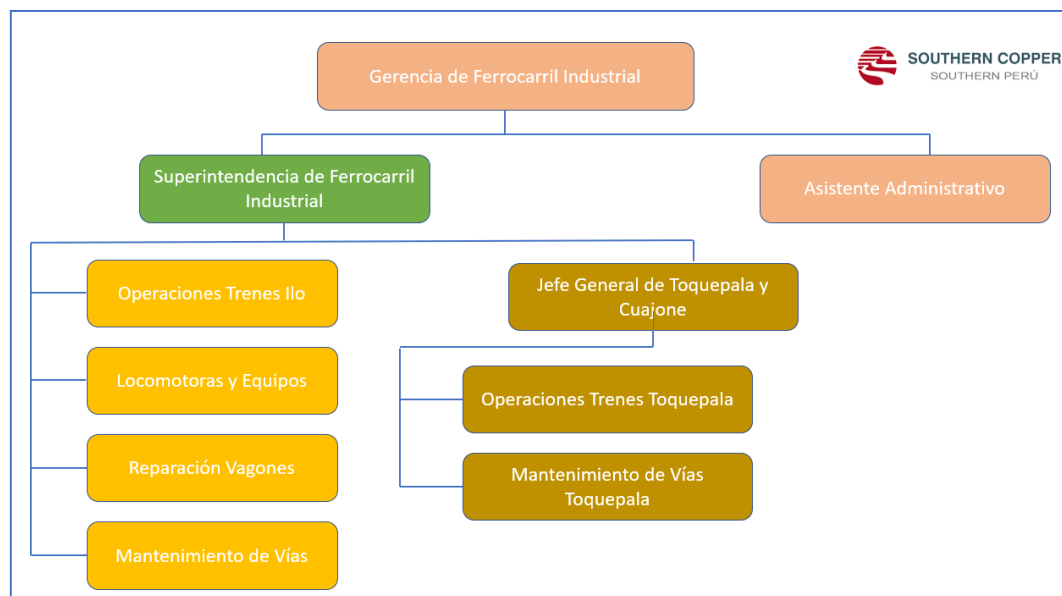
Fuente: <http://www.southernperu.com/ESP/acerca/Pages/PGEstructura.aspx>

Figura 1.4: Organigrama de Southern Peru Copper Corporation



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.5: Organigrama de la División de Ferrocarril Industrial en SPCC



Fuente: Elaboración propia

Actividades desarrolladas por la empresa

El Grupo México, como compañía, continúa integrando sus operaciones en Perú y México (países donde tiene mayor presencia e influencia) para conseguir las mayores sinergias posibles y lograr beneficios económicos adicionales.

Más allá de la operación minera que realiza, parte de estas operaciones contemplan una importante inversión destinada a la exploración de yacimientos en México, Perú y Chile. La exploración de estos permitirá a la Compañía incrementar sus reservas, así como su proyección a futuro.

Los proyectos que viene ejecutando Southern Copper consolidarán aún más la posición entre las principales productoras de metales del mundo, lo que augurará un retorno económico más satisfactorio para los accionistas, una mayor contribución para los países y las localidades donde opera y un beneficio adecuado para sus trabajadores.

Figura 1.6: Presencia de Operaciones de Southern Copper Corporation



Fuente: Dirección de Exploraciones Southern Copper Corporation

Adicionalmente, Southern Peru Copper Corporation cuenta en su cartera de proyectos los siguiente:

➤ **Proyecto Michiquillay:** En el 2018 fue adjudicada a la empresa Southern Peru Copper Corporation. Este proyecto tendrá lugar en el distrito de Encañada, provincia y departamento de Cajamarca y se prevé una inversión de US\$2,500 millones, monto requerido por el proyecto de cobre para ser puesto en producción y generar 225,000 toneladas de cobre al año, con subproductos de oro, plata y molibdeno.

Actualmente, el proyecto se encuentra en etapa de exploración para la posterior perforación diamantina y en proceso de elaboración de su Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIASd).

➤ **Proyecto Los Chancas:** Proyecto ubicado en Apurímac, el cual proyecta una inversión de US\$2,800 millones para ser puesto en marcha, esto

agregará 130,000 toneladas métricas anuales de cobre contenido en concentrados con subproductos de molibdeno y oro.

Actualmente, este proyecto se encuentra en etapa de prefactibilidad y tiene avanzados todos sus estudios, de los cuales el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) está a punto de ser concluido con miras a obtener la licencia de construcción de este proyecto.

➤ **Proyecto Tía María:** Proyecto localizado en el desierto de La Joya, al norte de la ciudad de Cocachacra, en la provincia de Islay, departamento de Arequipa. Proyecta una inversión de US\$1,400 millones para producir 120,000 toneladas métricas de cobre al año; sin embargo, a pesar de tener todos los permisos necesarios, está a la espera de un mejor contexto social para iniciar la construcción de este proyecto, el cual fue lanzado por Southern Copper a inicios de la década. Este significativo retraso es debido a protestas de la población vecina a los límites de la propiedad minera que temen la contaminación de sus tierras.

Figura 1.7: Operaciones Mineras de Southern Peru Copper Corporation



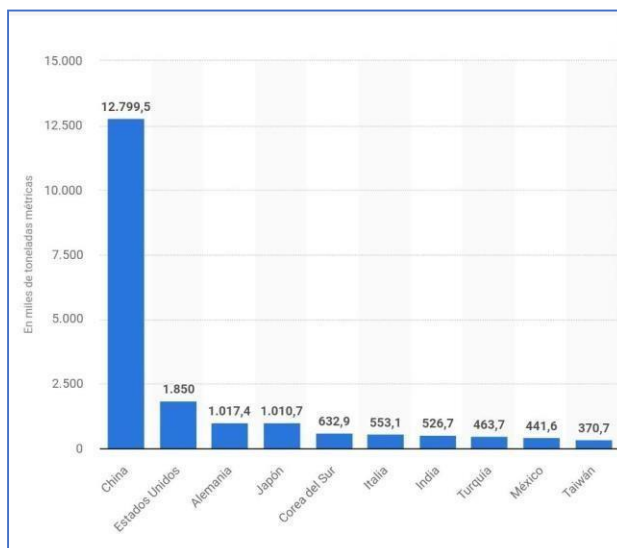
Fuente: Dirección de Exploraciones Southern Copper Corporation

Principales clientes de la empresa

El principal producto que produce Southern Peru Copper Corporation y que es comercializado hacia el extranjero es el cátodo de cobre metálico de grado A, esto significa 99,99% de pureza. Sin embargo, como parte del proceso de obtención del cobre, también se obtienen subproductos de gran valor en el mercado internacional como son: Concentrado de cobre, Molibdeno, Selenio, Láminas de cobre, Ánodos para exportación y Ácido Sulfúrico.

El principal cliente de la compañía es el país asiático de China, quien en gran medida adquiere el producto final que produce SPCC: el cátodo de cobre. En segundo lugar, se encuentra a Estados Unidos, el cual también adquiere de SPCC cobre refinado.

Figura 1.8: Ranking de los países consumidores de cobre metálico - 2019



Fuente: <https://es.statista.com/estadisticas/1140068/paises-con-mayor-consumo-de-cobre-refinado-a-nivel-mundial/>

Por otro lado, existe una relación comercial con la minera estatal del país vecino de Chile (CODELCO), este vínculo consiste en el intercambio de materias primas; es decir, SPCC le brinda ácido sulfúrico y este recibe concentrado de cobre de alta ley que finalmente es fundido en su Fundición de cobre ubicada en Ilo.

En una menor proporción, el producto y subproductos que produce SPCC es comercializado hacia el interior del país, de manera muy puntual hacia siderúrgicas locales y distribuidores menores.

II. FUNDAMENTACION DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Base Teórica

Mantenimiento: Es el conjunto de actividades y procesos estratégicos realizados para conservar y/o restablecer infraestructuras, sistemas, equipos y dispositivos a una condición que le permita cumplir con las funciones requeridas dentro de un marco económico óptimo y de acuerdo a las normas técnicas y procedimientos de seguridad establecidos. El mantenimiento al interior de una compañía representa una inversión que a mediano y largo plazo acarrea ganancias no solo para el empresario quien con esta inversión obtiene mejoras en su producción, sino también el ahorro que representa tener trabajadores empoderados de su trabajo con índices de accidentabilidad bajo. (MORA, 2014)

Gestión Estratégica: Es un concepto actitudinal (pensar) y operativo (hacer) dirigido al cambio y la mejora continua en el trabajo, a través de las funciones que permitan a una organización el logro de sus objetivos. El componente actitudinal de la gestión estratégica implica el establecimiento de un objetivo, una ruta óptima y la dirección de una institución hacia el cambio. Por su parte, la dimensión operativa se materializa en la implementación, seguimiento, evaluación y retroalimentación como parte del trabajo rutinario. (VARGAS, 2015)

Disponibilidad: Es la probabilidad de que el equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación y se usa bajo condiciones estables, el tiempo total considerado para incluir el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo

en mantenimiento preventivo, tiempo administrativo y tiempo logístico. (SACRISTÁN, 2015)

La disponibilidad es una medida importante y útil en casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las características relacionadas, entre ellas la disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen más completa sobre el perfil de funcionalidad. (KNEZEVIC, 1996)

Utilización: Es el porcentaje del tiempo mecánicamente disponible en el que un equipo se encuentra operando y realizando su función principal. Los tiempos de pausas, retrasos por cambio de turno, etc. se deducen del tiempo disponible. En otras palabras, la utilización equivale a (horas mecánicamente disponibles – retrasos operativos) dividido por las horas mecánicamente disponibles. La utilización, también llamada factor de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un periodo determinado. (PARRA, 2019)

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las que fue diseñado durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación dadas. (EBELING, 1997)

La confiabilidad es una medida que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un elemento y ayuda al momento de seleccionar un equipo entre varias alternativas. (KNEZEVIC, 1996)

Mantenibilidad: Es la probabilidad para que un elemento, maquina o dispositivo pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción. (MORA, 2014)

Se mide de forma clara en términos de los tiempos empleados en las diferentes restauraciones, reparaciones o realización de las tareas de mantenimiento requeridas para llevar nuevamente el elemento o equipo a su estado de funcionalidad y normalidad. (MORA, 2014)

Locomotora: Una locomotora diésel-eléctrica, también llamada híbrida eléctrica, es un tipo de locomotora que tiene en su interior un motor de combustión interna acoplado a un generador eléctrico y varios motores de eléctricos (conocidos como motores de tracción) que comunican a las ruedas la fuerza tractora y que mueven la locomotora. Generalmente, hay un motor de tracción por cada eje, siendo 4 o 6 en una locomotora típica. Los motores de tracción alimentan con corriente eléctrica procedente del generador principal y luego por medio de piñones mueven los ejes donde están acopladas las ruedas. (PROGRESS RAIL, 2016)

Figura 2.1: Locomotora 61 SPCC – Modelo SD70 – Electro Motive Diesel (EMD)



Fuente: Elaboración Propia

Motor Diesel: Es la principal fuente de energía de la locomotora. Consiste en un gran bloque de cilindros, dispuestos en línea recta o en V. El motor hace girar el eje de accionamiento hasta 900 revoluciones por minuto, accionando los distintos

componentes necesarios para propulsar la locomotora. Dado que la transmisión es normalmente eléctrica, el motor se utiliza como fuente de energía para el alternador que produce la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de la locomotora. (PROGRESS RAIL, 2016)

Figura 2.2: Motor diésel Serie 710 – Electro Motive Diesel



Fuente: Progress Rail

Motor de tracción: Un motor eléctrico realiza el trabajo inverso al del generador: transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Aunque la corriente generada es corriente alterna, puede ser rectificadas para obtener una corriente continua. Generalmente, hay un motor de tracción por cada eje, siendo generalmente 4 o 6 en una locomotora típica. Los motores de tracción se alimentan con corriente eléctrica procedente del generador principal y luego, por medio de piñones, mueven los ejes en donde están acopladas las ruedas. (PROGRESS RAIL, 2016)

Figura 2.3: Motor de tracción D87B – Electro Motive Diesel (EMD)



Fuente: Progress Rail

Eje ensamblado: Este conjunto está conformado por un eje, dos ruedas (generalmente de 40” o 42”) y un engranaje. Normalmente van 4 o 6 ejes ensamblados en el chasis de la locomotora. Este eje ensamblado, en conjunto con el truque, soporta el peso del motor de tracción el cual engrana su piñón con el engranaje para transmitir la tracción a las ruedas y permitir el desplazamiento de la locomotora. Cada modelo de locomotora por diseño posee una relación de transmisión diferente, por lo que es importante identificar el engranaje correcto el cual será compatible con su respectivo motor de tracción.

Figura 2.4: Eje ensamblado SD70 – Electro Motive Diesel (EMD)



Fuente: Elaboración Propia

2.1.2 Aspectos Normativos

Normativas de Operaciones Ferroviarias

✓ Association of American Railroad (AAR): La Asociación Americana de Ferrocarriles fundada en 1934 es la organización líder a nivel mundial en regulaciones ferroviarias, investigación, normalización, y organización tecnológica, y se centra en la seguridad y la productividad de la industria ferroviaria de transporte de los Estados Unidos.

Figura 2.5: Association of American Railroad (AAR)

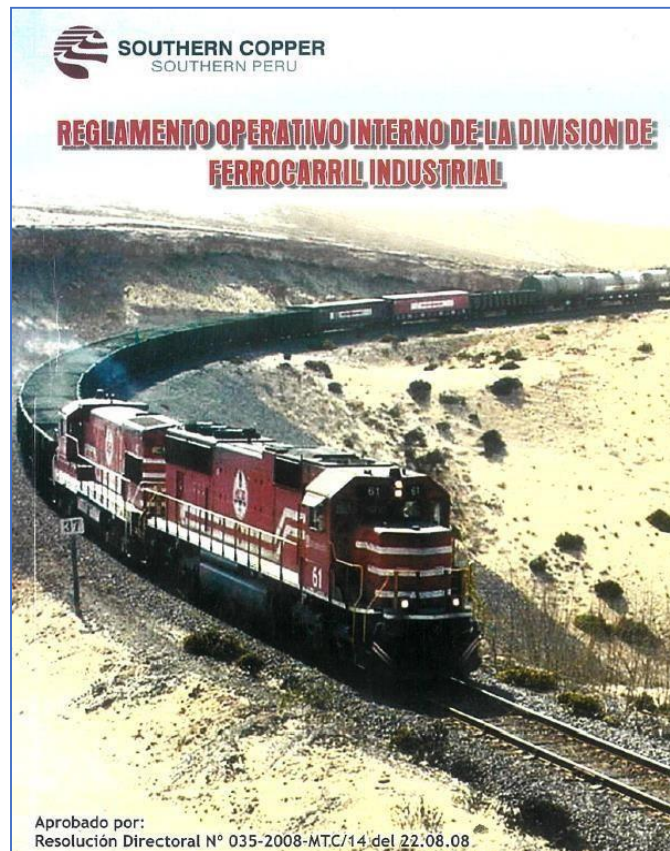


Fuente: <https://www.aar.org/>

✓ Reglamento Operativo Interno de la División de Ferrocarril Industrial: Este documento tiene por objeto establecer las normas generales que regulan las operaciones ferroviarias del Ferrocarril Industrial de Southern Peru conforme a la normatividad vigente. Es aplicable a todo el personal de la División de Ferrocarril Industrial de Southern Peru que desarrolla las actividades de operación de tráfico de trenes, como del tránsito ferroviario, tripulación de los trenes, aquel que efectúa maniobras en los patios, el que dirige y/o supervisa la operación ferroviaria y en general todo aquel que se encuentre vinculado directa o indirectamente con las

actividades descritas precedentemente, quienes realizarán sus labores dentro del marco y en estricto cumplimiento del reglamento.

Figura 2.6: Reglamento Operativo Interno División de Ferrocarril Industrial



Fuente: Southern Peru Copper Corporation

✓ Estándar de prueba de sistema de frenos de aire de un tren: Establece el procedimiento para realizar de forma correcta la verificación del sistema de frenos de aire de un tren, la cual consiste en constatar que la presión de aire tenga 140 psi como máximo y 135 psi como mínimo en el depósito principal.

Posteriormente, mediante comunicación entre el maquinista y brequero, se deberá comunicar que, al hacer una aplicación del freno directo o automático de la locomotora, el aire debe llegar hasta el último vagón del convoy, garantizando así que todos los vagones frenen de forma correcta y que ninguna llave se encuentre cerrada.

- ✓ Estándar de límites de tonelaje de arrastre de locomotoras: Establece las capacidades máximas de arrastre según el modelo de la locomotora. Para esto considerar que SPCC posee 20 locomotoras dentro de su flota, en la cual se pueden identificar 2 marcas reconocidas: General Electric (GE) y Electro Motive Diesel (EMD).

Del modelo EMD, se cuentan con 10 locomotoras de las siguientes características:

Modelo SD70: Locomotora 60 y 61:

Con fuerza de arrastre de subida de 750 TM.

Con fuerza de arrastre de bajada de 2250 TM.

Modelo GP31-ECO: Locomotora 70, 71 y 72:

Con fuerza de arrastre de subida de 650 TM.

Con fuerza de arrastre de bajada de 1750 TM.

Modelo GP40-3: Locomotora 70, 71 y 72:

Con fuerza de arrastre de subida de 550 TM.

Con fuerza de arrastre de bajada de 1450 TM.

Modelo GE: Locomotoras repotenciadas 55,56

Con fuerza de arrastre de subida de 500 TM.

Con fuerza de arrastre de bajada de 1100 TM.

Modelo GE: Locomotora 51, 52, 53, 54, 57, 58 y 59,

Con fuerza de arrastre de subida de 410 TM.

Con fuerza de arrastre de bajada de 950 TM.

- ✓ Estándar de velocidad de operación de un tren de ruta: Establece las velocidades que, según reglamento de Southern Peru, el maquinista debe operar la locomotora por tramos teniendo en consideración si se encuentra en ruta, patios o ciudad, siendo la velocidad en cualquiera de estas no mayor a 25 millas por hora.

- ✓ Reglamento Nacional de Ferrocarriles: Este reglamento se aprobó mediante el Decreto Supremo N 032-2005 MTC, en la cual se establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones es el órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, otorgándole competencia normativa para dictar los Reglamentos Nacionales establecidos en la Ley N 27181, así como aquellos que sean necesarios para el desarrollo del transporte y ordenamiento del tránsito.

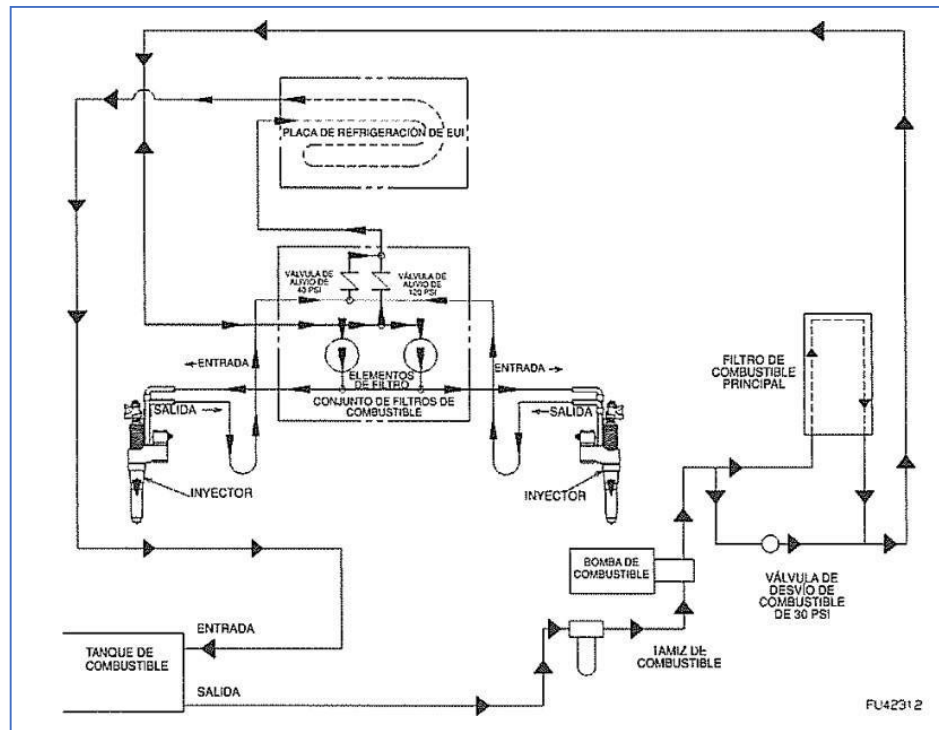
2.1.3 Simbología teórica

Para comprender de forma correcta el funcionamiento de una locomotora es importante identificar los principales sistemas de esta, para lo cual fue necesario familiarizarse con la simbología respectiva, esto nos facilitó el reconocimiento de los componentes de cada sistema durante la ejecución del trabajo en campo.

Sistema de Combustible

El sistema de combustible es responsable del suministro de combustible al motor diésel en la calidad indicada y en el momento correcto según los requisitos del motor. La temperatura del combustible también es importante para reducir las emisiones. Asimismo, para que el sistema de combustible funcione de la forma correcta, el combustible se debe suministrar, filtrar, calentar, presurizar, medir e inyectar.

Figura 2.7: Diagrama sistema de combustible en locomotora EMD



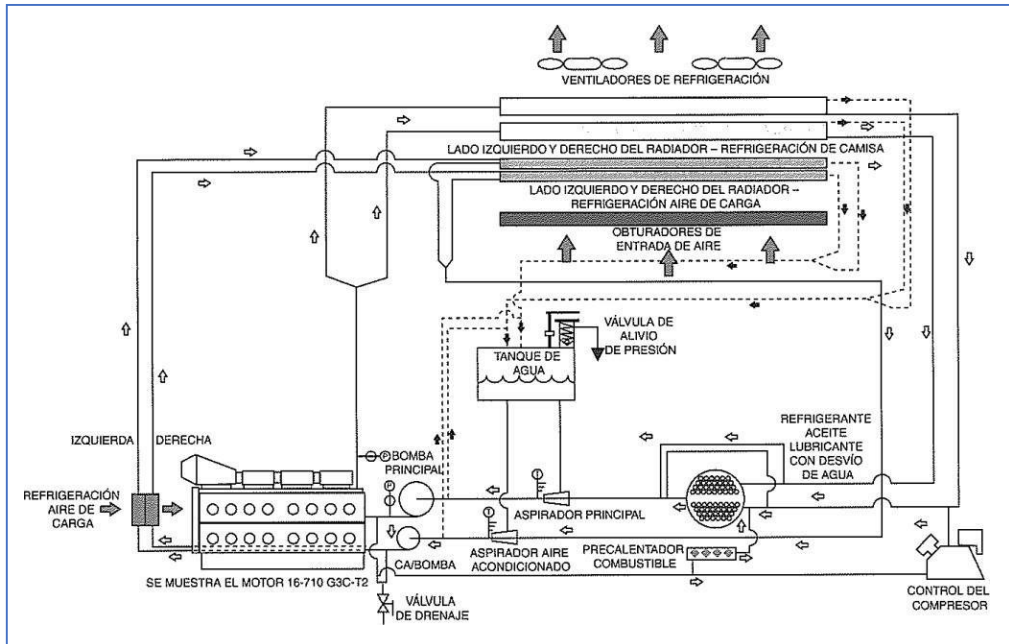
Fuente: Progress Rail

Sistema de Refrigeración

Los motores EMD están equipados con dos bombas de agua. La bomba de mayores dimensiones se utiliza para hacer circular el agua refrigerante entre los conjuntos del radiador, el refrigerador del aceite lubricante del motor y a través de las camisas de agua de cada conjunto de potencia. La bomba más pequeña hace circular el agua solamente entre los radiadores y los poseenfriadores del turbocargador. Ambas bombas centrífugas de agua están montadas en la carcasa de accionamiento de accesorios y son accionadas por el engranaje de accionamiento del regulador.

El sistema se divide en dos partes sin enlace entre ellas. Estas son el circuito principal de refrigeración y el circuito posenfriador del turbocargador, aunque los sistemas están separados, ambos circuitos extraen el fluido de compensación del mismo tanque de expansión, por lo tanto, una sola ubicación de llenado.

Figura 2.8: Diagrama sistema de refrigeración en locomotora EMD

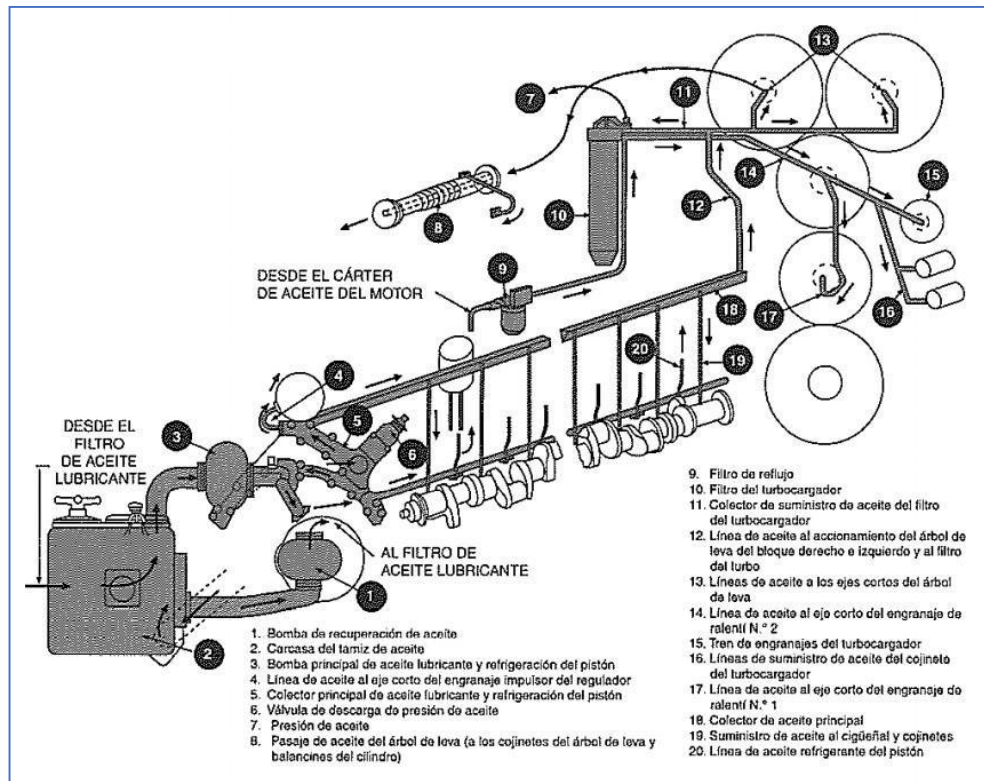


Fuente: Progress Rail

Sistema de Lubricación

El sistema de aceite lubricante del motor que utilizan los motores Electro Motive Diesel es una combinación de cuatro sistemas separados. El motor impulsa mecánicamente tres de estos sistemas: el sistema de lubricación principal, el sistema de refrigeración del pistón y el sistema de recuperación de aceite. Cada sistema tiene su propia bomba de aceite. A pesar de tratarse de bombas individuales, la bomba de aceite lubricante principal y la bomba de aceite refrigerante de pistón están contenidas en una sola carcasa y se impulsan mediante un eje de transmisión en común. Todas las bombas se impulsan desde el tren de engranajes de accesorios en el frente del motor. Una bomba impulsada eléctricamente bajo el control de EM2000 suministra el cuarto sistema, el sistema de “reflujo” o el sistema de lubricación del turbocargador.

Figura 2.9: Diagrama sistema de aceite en locomotora EMD



Fuente: Progress Rail

Sección Transversal del Motor Diesel

El motor diésel 710 de EMD tiene un diseño en “V” y se fabrica de 8, 12, 16 y 20 cilindros.

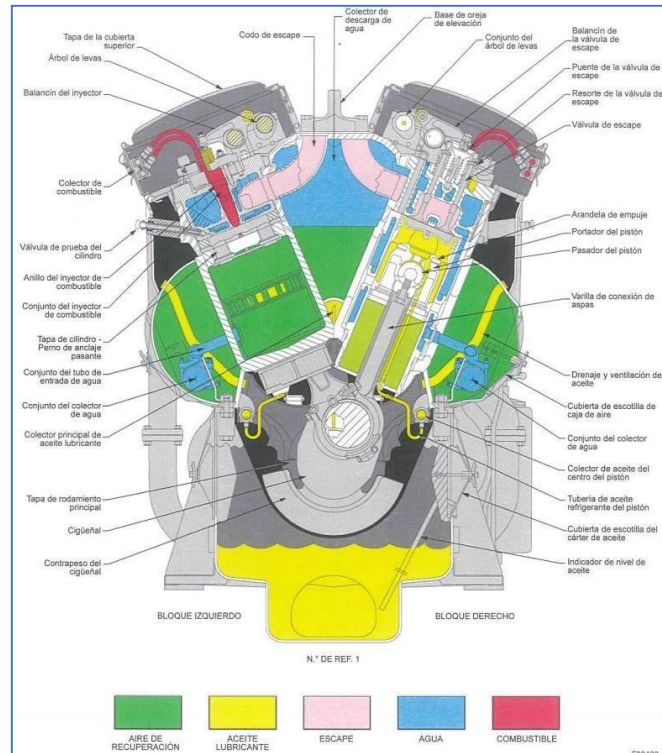
El tren de engranajes del árbol de levas y el turbocargador están ubicados en la parte trasera del motor.

Las bombas de aceite, las bombas de agua y la carcasa del tamiz están ubicadas en el extremo delantero o accesorio del motor.

Un punto importante es que el motor se monta al revés en la locomotora, la parte posterior del motor mira hacia el frente de la locomotora.

El motor está dispuesto en pares de cilindros, y cada par usa un codo común en el cigüeñal. Los cilindros se dividen en dos bloques: el izquierdo y el derecho.

Figura 2.10: Diagrama de corte transversal del motor Electro Motive Diesel



Fuente: Progress Rail

2.2 Descripción de las actividades desarrolladas

2.2.1 Etapas de las actividades

Para el desarrollo del presente informe se identificaron las siguientes etapas:

Etapa I: Estudio de Campo

Se realizó un diagnóstico general de cómo se encontraba en ese entonces el Taller de Locomotoras y Equipos, específicamente en Patio Simón, principal lugar de llegada de los trenes supply que suben y bajan de las minas Toquepala y Cuajone.

Se realizó un Diagrama de Pareto para identificar aquellos componentes críticos de la locomotora a los que había que asignar un orden de prioridad para su atención. Asimismo, al personal mecánico se le hizo un análisis para identificar sus competencias técnicas, las cuales debían estar orientadas para la ejecución de calidad del mantenimiento.

Se identificaron falencias y oportunidades de mejora en cuanto a la infraestructura del taller se refiere para la evaluación en conjunto de la División del Ferrocarril Industrial.

Etapas II: Propuesta para la mejora de la gestión del mantenimiento

A partir del análisis realizado en la etapa anterior, se planeó una propuesta para mejorar de manera integral la gestión del mantenimiento en la flota de locomotoras, gran parte de lo expuesto consistía en lograr una adecuada coordinación entre las Secciones del Ferrocarril Industrial y en recabar un gran volumen de información de parte del fabricante para a partir de ese momento ejecutar las tareas de mantenimiento de acuerdo a estándares. Se identificaron los componentes más críticos de la locomotora y que justamente eran lo que ocasionaban la mayoría de los eventos no deseados y una de las principales causas de indisponibilidad de las locomotoras: motores de tracción y ruedas.

Se logró obtener un registro histórico para saber cuáles eran los valores de utilización de las locomotoras que el área de Operaciones durante mucho tiempo no media ni controlaba. Asimismo, se mejoró los parámetros para una mejor planeación y en general una mejor administración del mantenimiento.

Etapas III: Aplicación

En esta etapa, se crearon formatos basados en los Instructivos de Mantenimiento, a fin de que se cumplan durante el mantenimiento, dando mayor énfasis en aquellos componentes críticos (identificados en la Etapa II) que ocasionaban numerosos eventos no deseados en la división del Ferrocarril Industrial: Descarrilamientos.

Esto nos logró brindar mayor seguridad en el montaje de los componentes y así mitigar la probabilidad de ocurrencia de fallos.

Etapa VI: Estabilización de la gestión del mantenimiento

En esta etapa se controló que todo lo implementado se mantenga a lo largo del tiempo, la jefatura contribuyó a que se capitalizara el conocimiento adquirido, asimismo, se buscó gestionar la inversión para mejorar la infraestructura del taller.

Mejores prácticas realizadas en las etapas

Las mejores prácticas realizadas por la organización y el grupo humano se identificaron de acuerdo a cada etapa:

Etapa I:

- ✓ Análisis FODA de la Sección de Locomotoras y Equipos
- ✓ Análisis de criticidad

Etapa II:

- ✓ Elaboración de Indicadores de Mantenimiento
- ✓ Evaluación de parámetros para la programación de mantenimiento en SAP
- ✓ Estándar de límites de tonelaje de arrastre de locomotoras
- ✓ Estándar de velocidad de operación de un tren de ruta
- ✓ Elaboración de Hojas de Ruta para las actividades a realizar en las PMs
- ✓ Comunicación efectiva con el representante técnico de EMD

Etapa III:

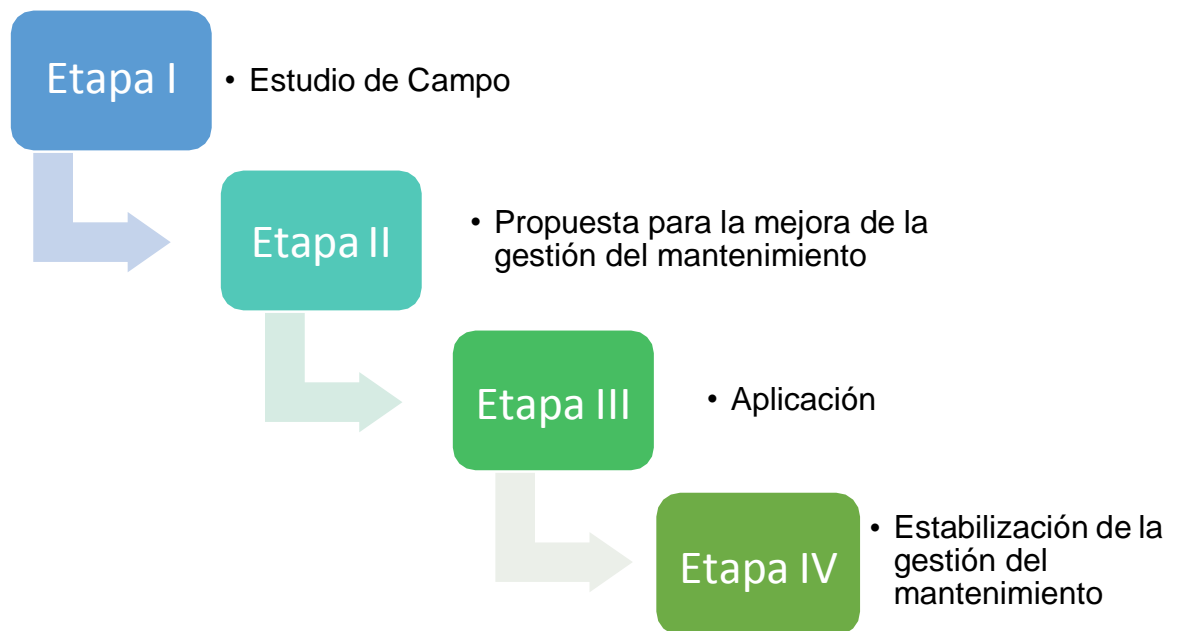
- ✓ Cumplimiento de los Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS)
- ✓ Correcto llenado de los documentos de seguridad (IPERC, ATS, etc.)
- ✓ Cumplimiento de Protocolo ante contagio del Covid-19
- ✓ Formato para el mantenimiento de motores de tracción EMD

- ✓ Formato para controlar el desgaste de ruedas de locomotoras

Etapa IV:

- ✓ Capitalización del conocimiento
- ✓ Gestión del conocimiento

Figura 2.11: Etapas para el desarrollo del trabajo

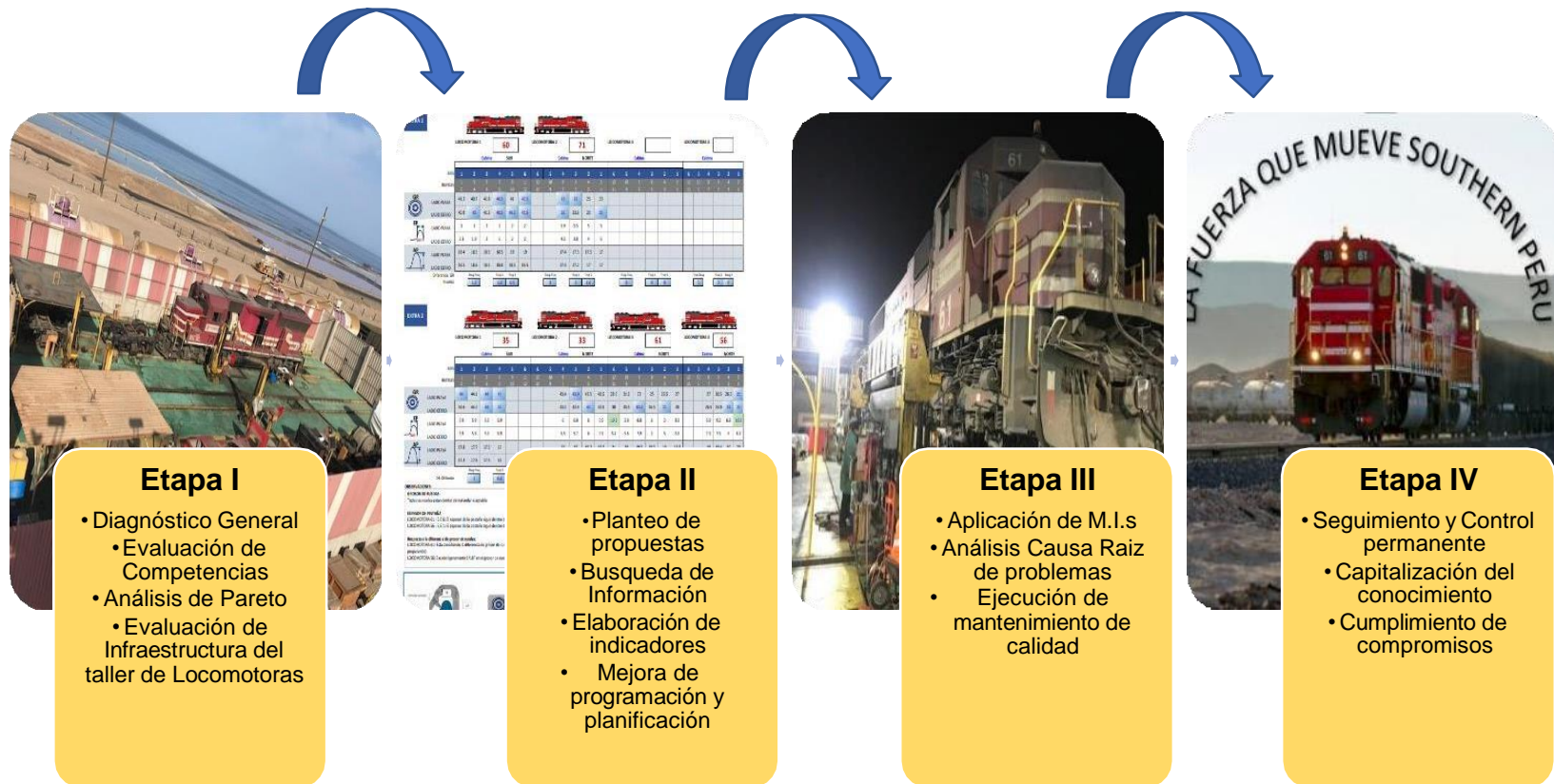


Fuente: Elaboración Propia

2.2.2 Diagrama de flujo o mapa conceptual

El siguiente esquema muestra las principales actividades de cada etapa:

Figura 2.12: Diagrama de flujo del trabajo



Fuente: Elaboración Propia

2.2.3 Cronograma de actividades

A continuación, se muestra el cronograma que se elaboró para el seguimiento y ejecución del plan de trabajo, el mismo que fue separado en las 4 etapas y sus respectivas actividades que las conforman. Asimismo, se realizó una estimación de la duración de cada actividad, los recursos empleados y los principales logros producto de la realización de las actividades:

Tabla 1: *Principales actividades de la Etapa I*

Ítem	Actividad	Duración	Recursos	Logros
Etapa I: Estudio de campo				
1	Diagnóstico general del Taller de Locomotoras y Equipos	4 días	Supervisor de Planeamiento	Diagnóstico general
2	Evaluación de competencias del personal	3 días	Gerencia del Ferrocarril Industrial	Evaluación a personal técnico
3	Análisis de las condiciones de trabajo de las locomotoras Supply	10 días	Jefatura de Locomotoras Jefatura de Operaciones Trenes Supervisor de Planeamiento	Evaluación operativa y geográfica
4	Análisis Pareto para identificar componentes críticos	14 días	Supervisor de Planeamiento	Identificación de componentes críticos
5	Evaluación de la infraestructura del taller	5 días	Jefatura de Locomotoras Supervisor de Planeamiento Especialista Taller Locomotoras	Propuesta de CAPEX

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Principales actividades de la Etapa II

Ítem	Actividad	Duración	Recursos	Logros
Etapa II: Propuesta para la mejora de la gestión del mantenimiento				
6	Coordinación con las Secciones del Ferrocarril Industrial	3 día	Jefatura de Locomotoras Jefatura de Operaciones Trenes Jefatura de Mantenimiento de Vías	Acuerdos operativos
7	Restricción de las capacidades de arrastre de las locomotoras Electro Motive Drive (EMD) y General Electric (GE)	2 días	Jefatura de Locomotoras Jefatura de Operaciones Trenes Supervisor de Planeamiento	Estándar de límites de tonelaje de arrastre de locomotoras
8	Búsqueda y solicitud de información al fabricante	120 días	Supervisor de Planeamiento Especialista Taller Locomotoras Programador de Mantenimiento	Solicitud formal de información
9	Interpretación de la información	45 días	Supervisor de Planeamiento Especialista Taller Locomotoras	Capitalización del conocimiento
10	Elaboración de registros para la generación de indicadores	21 días	Supervisor de Planeamiento	Indicadores de Disponibilidad y Utilización
11	Establecimiento de las Hojas de Ruta con las actividades a realizarse en las PMs	30 días	Supervisor de Planeamiento Especialista Taller Locomotoras	Hojas de Ruta con actividades por cada PM
12	Evaluación y seteo de nuevos parámetros para la planificación del mantenimiento	15 días	Supervisor de Planeamiento Especialista Taller Locomotoras	Nuevos parámetros para la programación de mantenimiento
13	Elaboración del Plan de Mantenimiento a mediano plazo	7 días	Supervisor de Planeamiento Programador de Mantenimiento	Plan de PMs a locomotoras
14	Elaboración del Plan y Seguimiento de adquisiciones de la Sección	15 días	Supervisor de Planeamiento Programador de Mantenimiento	Plan de adquisiciones

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Principales actividades de la Etapa III

Ítem	Actividad	Duración	Recursos	Logros
Etapa III: Aplicación				
15	Implementación de los Instructivos de Mantenimiento Estandarizados para el Mantenimiento y/o Cambio de Motores de Tracción	30 días	Supervisor de Planeamiento Especialista Taller Locomotoras	Formato de mantenimiento para motores de tracción
16	Implementación de los Instructivos de Mantenimiento Estandarizados para la planificación de cambio de ruedas	45 días	Supervisor de Planeamiento Especialista Taller Predictivo	Formato para evaluar el desgaste de ruedas

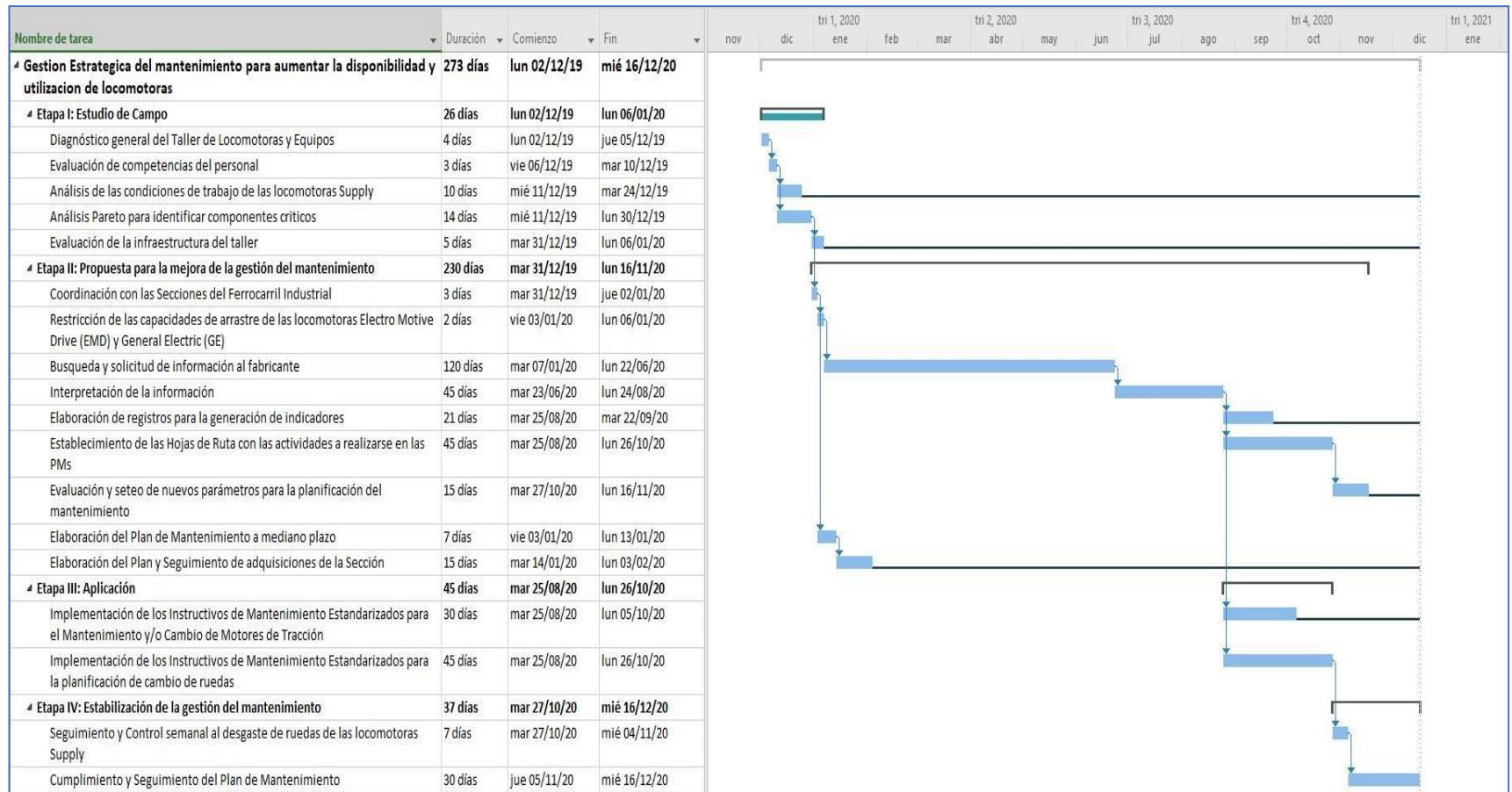
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4: Principales actividades de la Etapa IV

Ítem	Actividad	Duración	Recursos	Logros
Etapa IV: Estabilización de la gestión del mantenimiento				
17	Seguimiento y Control semanal al desgaste de ruedas de las locomotoras Supply	7 días	Supervisor de Planeamiento Especialista Taller Predictivo Mecánicos de Vagones	Mitigación de riesgos
18	Cumplimiento y Seguimiento del Plan de Mantenimiento	30 días	Jefatura de Locomotoras Jefatura de Operaciones Trenes Supervisor de Planeamiento	Alta disponibilidad de equipos

Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.13: Cronograma de trabajo



Fuente: Elaboración Propia

III. APORTES REALIZADOS

3.1 Planificación, Ejecución y Control de Etapas

3.1.1 Planificación

De acuerdo a las buenas prácticas para la gestión de proyectos, se recomienda estructurar el proyecto en 5 fases: Inicio, Planificación, Ejecución, Seguimiento y Control y Cierre. Esto permitió que en cada fase se identificara de manera oportuna y clara los objetivos por cumplir, requisitos técnicos, involucramiento de las partes interesadas y demás temas pertinentes relacionados al proyecto que estamos describiendo en el presente informe.

En este capítulo, se aborda lo realizado en las 2 primeras fases, las cuales comprenden la identificación de la necesidad del proyecto y como se planificó este para su posterior ejecución.

Inicio:

Es la fase crucial de un proyecto, puesto que en esta fase se define el alcance del trabajo y el equipo de trabajo. Para esto, es importante definir de forma clara y objetiva las funciones de cada uno de los componentes y el ámbito de aplicación.

En esta etapa es crucial poder entender y compartir la visión con los interesados y así gestionar y lograr su compromiso y apoyo.

Como bien se mencionó en el párrafo anterior, en esta fase se establece el alcance del trabajo, el cual parte de una necesidad: Mejorar la disponibilidad y utilización de las locomotoras modelo Electro Motive Diesel (EMD) de la flota que posee la División de Ferrocarril Industrial. Para entrar en contexto, actualmente esta División cuenta con 20 locomotoras en su flota, las cuales están distribuidas en las 3 unidades operativas de la organización: Ilo, Toquepala y Cuajone.

En esta flota de locomotoras, se identifican 2 marcas: General Electric (GE) y Electro Motive Diesel (EMD), de esta última se tienen 10 ejemplares, las cuales se encuentran divididas en 3 modelos de la siguiente manera:

Modelo SD70: Locomotora 60 y 61

Modelo GP31-ECO: Locomotora 70, 71 y 72

Modelo GP40-3: Locomotora 31,32,33,34 y 35

Todas estas fueron parte del estudio de este trabajo, puesto que representan las locomotoras de mayor capacidad de arrastre dentro de toda la flota y por lo tanto, según su prioridad, son las que se desearon mantener en óptimas condiciones para así cumplir con los compromisos operativos de la organización.

Otro de los puntos importantes que se identificaron en esta fase es al equipo de trabajo, el cual debió tener bien definidas sus funciones y responsabilidades para el desarrollo del proyecto. El equipo de trabajo estuvo conformado de la siguiente manera:

- Gerente de Ferrocarril Industrial
- Superintendente de Ferrocarril Industrial
- Jefe de Locomotoras y Equipos
- Supervisor de Planeamiento del taller de locomotoras
- Programador de Mantenimiento
- Especialistas de Mantenimiento
- Mecánicos del taller de locomotoras
- Jefe de Operaciones Trenes
- Supervisor Instructor de Operaciones Trenes

Si bien es cierto que dentro del equipo de trabajo existe un ‘director del trabajo/proyecto’, cuya función principal es liderar y motivar a cada uno de los miembros del equipo hacia la realización exitosa de sus objetivos, mucho dependió

de la organización para que brinde todas las herramientas necesarias, condiciones de trabajo óptimas para el logro el objetivo sea el deseado.

Según las buenas prácticas para la gestión de proyectos, un proceso vital es el gestionar la integración del proyecto, la cual tiene que ver con:

- Proporcionar un plan para la dirección del trabajo a fin de alcanzar los objetivos del proyecto.
- Asegurar la creación y el uso del conocimiento adecuado hacia y desde el proyecto.
- Gestionar el desempeño y los cambios de las actividades en el plan para la dirección del trabajo.
- Tomar decisiones integradas relativas a los cambios clave que impactan al proyecto.
- Medir y monitorear el avance del trabajo y realizar las acciones adecuadas para cumplir con los objetivos del mismo.
- Recopilar datos sobre los resultados alcanzados, analizar los datos para obtener información y comunicar esta información a los interesados relevantes.

Planificación:

Análisis Pareto para identificar componentes críticos

Como parte de la fase de Planificación, se recabó buena cantidad de información de los reportes del taller de mantenimiento e información del software de gestión integral que se maneja en la empresa: SAP ERP. Es aquí donde encontramos datos con las fechas de intervención de los equipos, materiales consumibles, repuestos utilizados, horas hombre invertidas, etc. Cabe mencionar que toda esta información se necesitó recabar de diversas fuentes, para posteriormente consolidarla y a partir de esto tener un panorama más claro de cómo se había estado gestionando el mantenimiento de las locomotoras para así identificar oportunidades de mejora y ser más acertados en la toma de decisiones.

El registro histórico se obtuvo de entre los años 2015 y 2020, posteriormente se armó una matriz donde se identificó el componente y se contabilizó las veces que falló dicho componente en el periodo señalado, con todo esto se realizó un Diagrama de Pareto, el cual representa una curva de tipo creciente donde se listan, según el grado de importancia o pesos, los diferentes componentes y/o factores que afectan o son más susceptibles a fallos durante la operación de la locomotora.

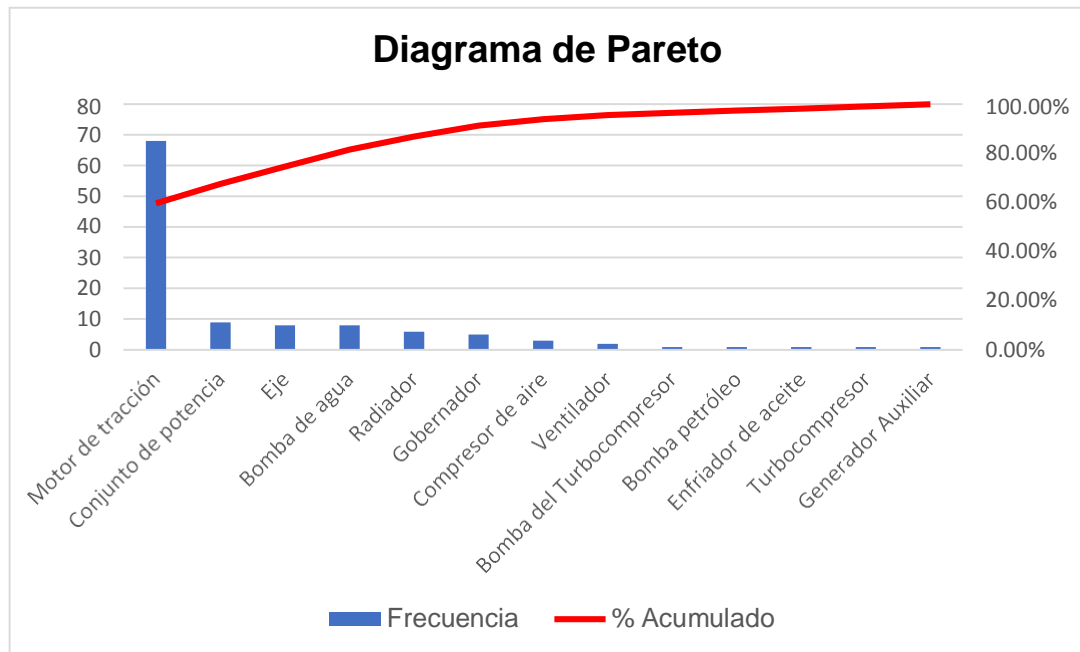
Tabla 5: Componentes más susceptibles a fallos entre 2015 - 2020

Ítem	Componente	Frecuencia	%	% Acum
1	Motor de tracción	68	59.65%	59.65%
2	Conjunto de potencia	9	7.89%	67.54%
3	Eje	8	7.02%	74.56%
4	Bomba de agua	8	7.02%	81.58%
5	Radiador	6	5.26%	86.84%
6	Gobernador	5	4.39%	91.23%
7	Compresor de aire	3	2.63%	93.86%
8	Ventilador	2	1.75%	95.61%
9	Bomba del Turbocompresor	1	0.88%	96.49%
10	Bomba petróleo	1	0.88%	97.37%
11	Enfriador de aceite	1	0.88%	98.25%
12	Turbocompresor	1	0.88%	99.12%
13	Generador Auxiliar	1	0.88%	100.00%
Total		114		

Fuente: Elaboración Propia

Basándonos en el cuadro anterior, pudimos inferir que el 20% de las causas podrían resolver el 80% de los problemas, para esto fue clave apuntar e investigar por qué los motores de tracción tenían una alta frecuencia de falla. Asimismo, se asoció el ítem 1 y 3 debido a que estos forman parte de un mismo sistema: Truques.

Tabla 6: *Diagrama de Pareto*



Fuente: Elaboración Propia

Luego de haber realizado el análisis para el desarrollo del Diagrama de Pareto se podría presumir que había una errónea designación de las capacidades de arrastre de las locomotoras. Muestra de ello eran los frecuentes cambios y/o fallos de los motores de tracción.

No se tuvo acceso a la información de primera mano (fabricante) de las condiciones de operación para las cuales, estas locomotoras estaban diseñadas; sin embargo, debido a la experiencia ya analizada, era necesario aplicar restricciones y límites de tonelaje para no exigir al máximo los motores de tracción y así extender la vida útil de estos.

Uno de los factores que pudieron identificarse del por qué la frecuencia de fallo fuera elevada son los siguientes:

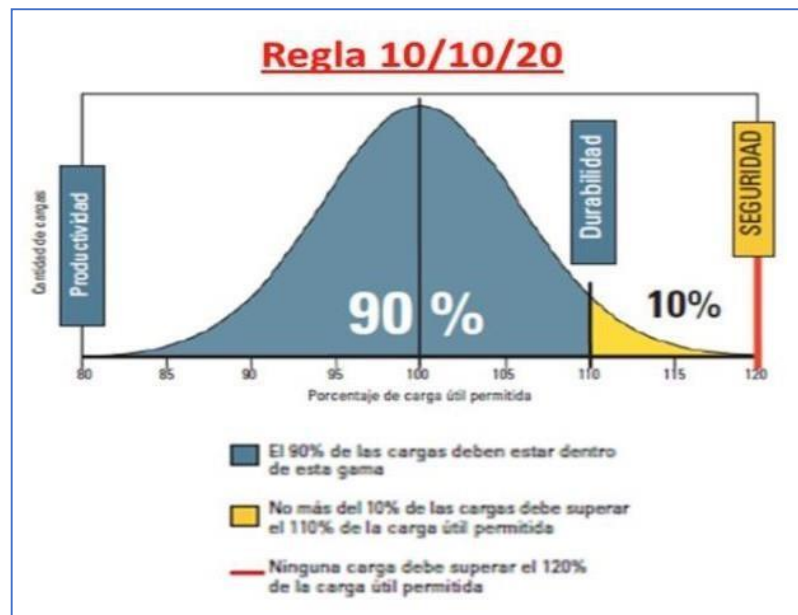
- Errónea capacidad de arrastre
- No consideración de la geografía de la ruta

- Condiciones climáticas que afectan el performance

Se indagó acerca de uno de los principios más utilizados en los equipos y sistemas de acarreo, arrastre y transporte de material: La regla 10/10/20.

Esta regla fue el sustento para poder restringir y limitar las capacidades de arrastre de las locomotoras. En esta se establece que el 90% de las cargas deben estar dentro de la gama mostrada para asegurar la durabilidad de los componentes a través del tiempo. Por el contrario, si sobrecargamos más allá de los límites recomendados, se podrían comprometer temas relacionados a la seguridad.

Figura 3.1: Regla 10/10/20



Fuente: Diplomado de Confiabilidad y Mantenimiento – Profesor Edgar Gutiérrez

Evaluación y Seteo de parámetros para la planificación del mantenimiento

La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo.

La estrategia de mantenimiento aplicada fue la de llevar una contabilización de los kilowatt-hora (KW-H) de las locomotoras EMD para cada vez que llegue a un valor en específico, se le asigne su Mantenimiento Programado (PM) respectivo. Para esto, se estableció que de forma diaria se realice el “Reporte de Locomotoras Extra” (Ver Anexo 3), del cual se extraen los datos de Millas recorridas, Horómetros y Kilowatts-hora que serán los contadores para que a través del tiempo se pueda dar una proyección de qué mantenimientos se deben programar.

Asimismo, se cargaron al SAP las hojas de ruta, las cuales contienen a detalle todas las actividades que conforman un mantenimiento en particular.

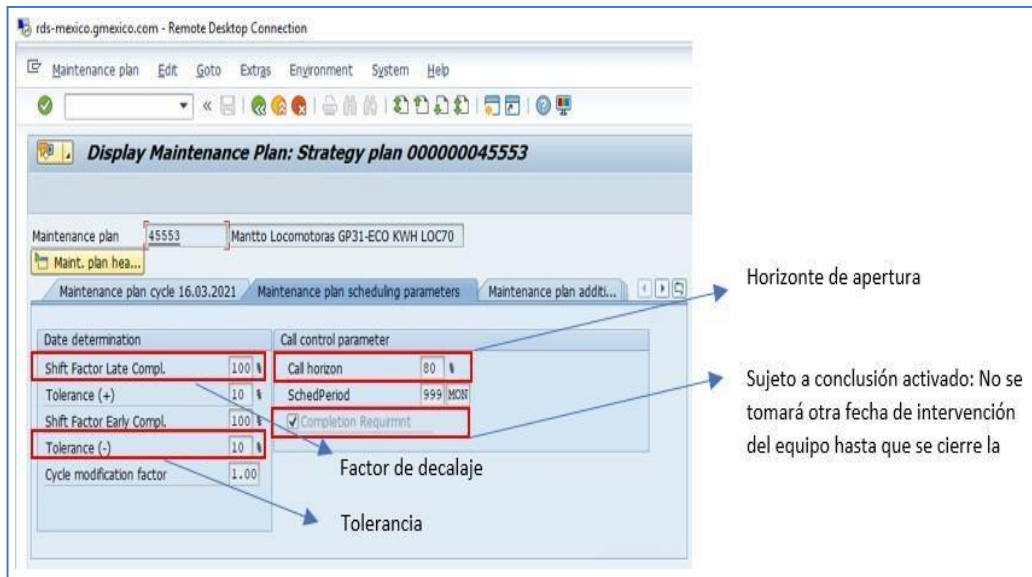
Los mantenimientos se pueden observar en la imagen a continuación:

Figura 3.2: Planes de Mantenimiento en SAP ERP – Transacción IP18

Op...	SOp	Work ctr	Plnt	Ctrl	Operation Description	LT Work	Un.	No.	Duration	Un.	C Pct	Int. distr	Fac	ActTyp
0010		IILO	IL01	PM01	MANTTO. PROG. 450000 KWH (45 DIA)	6.5	MH	5	3.3	H	1 100		1	TMECA
0020		IILO	IL01	PM01	MANTTO. PROG. 900000 KWH (3 MESES)	26	MH	5	5.2	H	1 100		1	TMECA
0030		IILO	IL01	PM01	MANTTO. PROG. 1800000 KWH (6 MESES)	43	MH	5	8.6	H	1 100		1	TMECA
0040		IILO	IL01	PM01	MANTTO. PROG. 3600000 KWH (1 AÑO)	96.5	MH	5	19.3	H	1 100		1	TMECA
0060		IILO	IL01	PM01	MANTTO. PROG. 10800000 KWH (3 AÑOS)	264	MH	5	52.8	H	1 100		1	TMECA
0070		IILO	IL01	PM01	MANTTO. PROG. 21600000 KWH (6 AÑOS)	689	MH	5	137.8	H	1 100		1	TMECA
0090		IILO	IL01	PM01	MANTTO. PROG. 43200000 KWH (12 AÑOS)	638	MH	5	127.6	H	1 100		1	TMECA
0100		IIFR	IL01	PM01	CAMB. EQUIPO VALV. 3, 600,000 KWH (1 A)	48	MH	5	9.6	H	1 100		1	TMECA
0110		IIRP	IL01	PM01	LIMP. LAVADO, OTROS 900,000 KWH (3 M)	1	MH	1	1.0	H	1 100		1	XMECA
0120		IIFA	IL01	PM01	PM. APAREJO FRENOS 3, 600,000 KWH (1 A)	1	MH	1	1.0	H	1 100		1	TMECA
0130		IIPD	IL01	PM01	INSP. ULTRASONIDO 1800,000 KWH (6 M)	1	MH	1	1.0	H	1 100		1	TMECA
0140		IIFR	IL01	PM01	INSP. LIMPIA PARABRISAS 450,000 KWH (45)	3	MH	5	0.6	H	1 100		1	TMECA
0150		IIFR	IL01	PM01	INSP. FRENO DE MANO 900,000 KWH (3 M)	3	MH	2	1.5	H	1 100		1	TMECA

Fuente: Sistema SAP SPCC

Figura 3.3: Parámetros para la programación del mantenimiento



Fuente: Sistema SAP SPCC

Algunos conceptos utilizados fueron los siguientes:

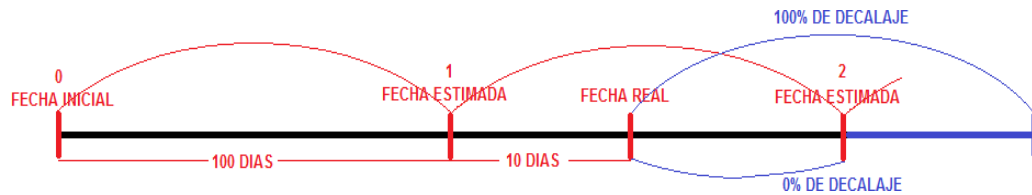
Factor de Decalaje en Conclusión Atrasada: El factor de decalaje en el caso de la conclusión atrasada de una medida de mantenimiento, define qué porcentaje del decalaje debe incluirse en el cálculo de la fecha siguiente. Este factor se aplica solamente cuando la desviación entre la fecha teórica y la fecha real queda fuera de la tolerancia.

Horizonte de Apertura: El horizonte de apertura determina cuándo se debe crear un objeto de toma de mantenimiento, por ejemplo, una orden PM, para una toma de mantenimiento en espera.

Intervalo de Toma: Si un plan de mantenimiento preventivo contiene paquetes de mantenimiento mensuales y se deben crear tomas de mantenimiento en la programación para todo el año, entonces el intervalo de toma se tendrá que fijar, por ejemplo, en 365 (días) o 1 (año), dependiendo de la unidad que se haya indicado para el intervalo de toma.

Sujeto a Conclusión: Si se fija este indicador, la orden siguiente se creará cuando se haya efectuado el cierre técnico de la orden anterior.

Figura 3.4: Ejemplo para la programación



Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Ejecución

3.1.2.1 Datos Técnicos del Trabajo

Las locomotoras diésel eléctricas de Electro Motive Diesel (EMD) son unidades complejas integradas por muchos componentes y subsistemas. Para colaborar en el mantenimiento adecuado de este equipo, se han solicitado y recopilado publicaciones técnicas. Estas publicaciones contienen procedimientos y datos de servicio que pueden ser de utilidad.

Para fines de este trabajo, se pudieron identificar cuatro publicaciones técnicas elaboradas por Electro Motive Diesel:

- Manual de mantenimiento en funcionamiento (RMM)
- Manual de mantenimiento del motor (EMM)
- Instrucciones de mantenimiento (MI)
- Asesoramiento sobre servicio

Manual de Mantenimiento en Funcionamiento (RMM)

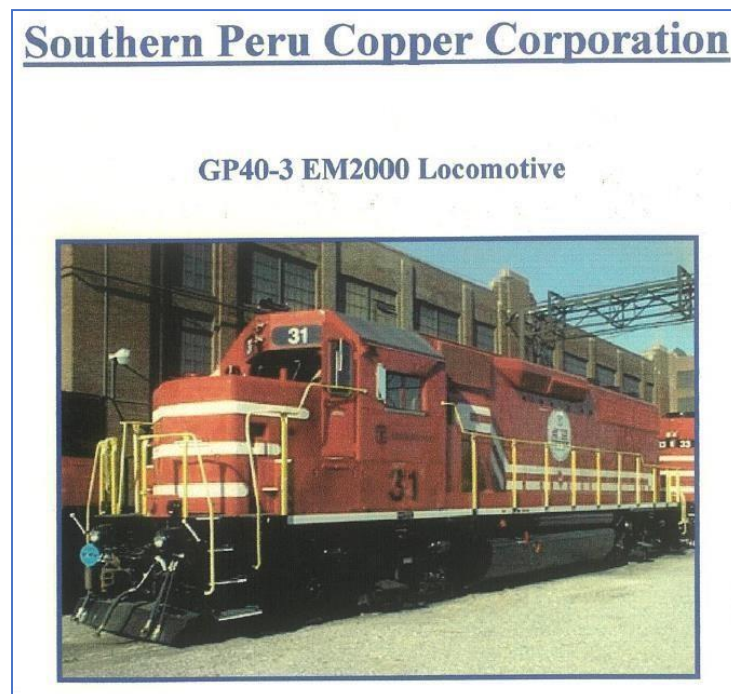
Electro Motive Diesel elabora estos manuales en función de los pedidos específicos de locomotoras por parte de sus diversos clientes.

El manual contiene la mayor parte de la información de servicio para la locomotora, incluido el motor diésel, que se cubre con mayor detalle en su propio manual.

Todas las secciones del Manual de mantenimiento en funcionamiento se organizan de la siguiente manera:

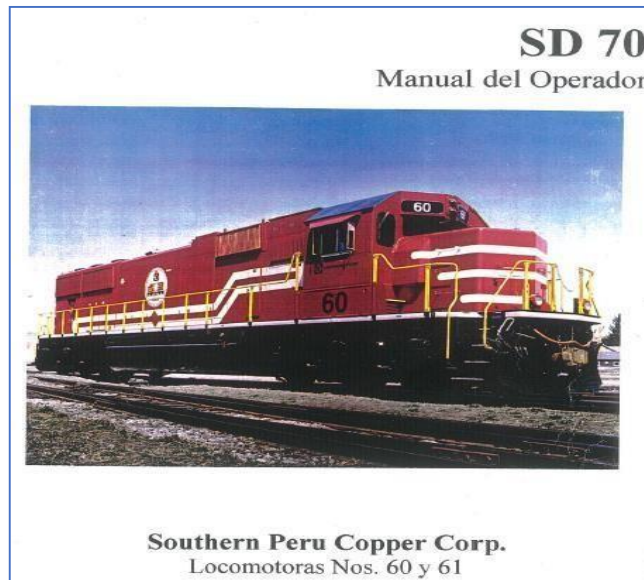
- Descripción general del sistema
- Diagrama del sistema
- Requisitos y procedimientos específicos del servicio
- Referencias
- Herramientas especiales y números de pieza

Figura 3.5: Manual de Mantenimiento en Funcionamiento del modelo GP40-3



Fuente: Progress Rail

Figura 3.6: Manual de Mantenimiento en Funcionamiento del modelo SD70



Fuente: Progress Rail

Manual de Mantenimiento del Motor (EMM)

Este manual se ha elaborado para el motor específico en cada pedido de locomotora. Aunque la mayor parte de la información se aplica a todos los motores diésel de EMD, puede haber ciertos componentes que son específicos de cada pedido. Siempre asegurarse de estar usando el manual indicado para los motores que se posee.

Al igual que en el RMM, partes de las diversas secciones que este manual posee comienza con una descripción general y luego se ocupa de los componentes específicos individualmente. Para cada componente se incluye una descripción detallada junto con los procedimientos específicos de inspección y reparación.

Asimismo, este manual indica si son necesarias herramientas especiales para desempeñar las tareas indicadas.

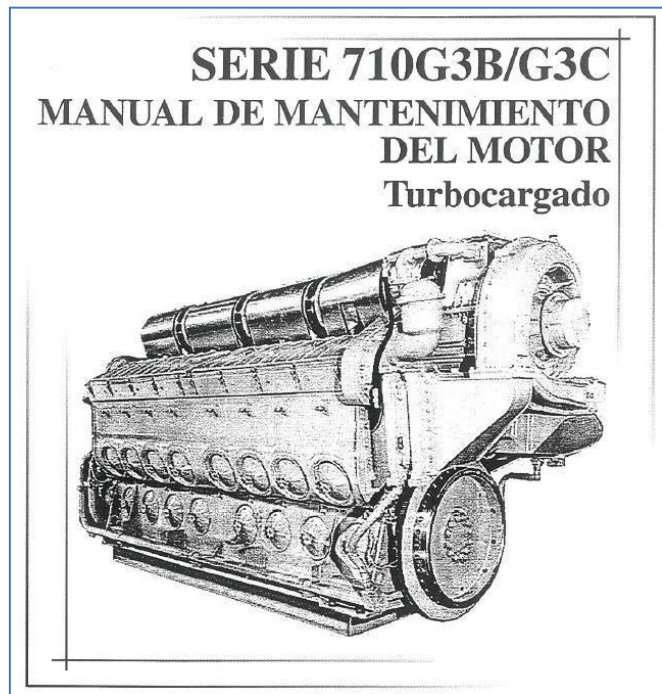
Considerar que el manual de mantenimiento en funcionamiento se ocupa de los sistemas y componentes de la locomotora, incluido el motor diésel.

El motor diésel se trata con mayor detalle en el manual de mantenimiento de motor.

Ambos manuales se organizan de la misma manera, con secciones que se ocupan de un tema en específico. Adicionalmente, se podrá encontrar:

- Referencias de servicio
- Especificaciones
- Herramientas especiales
- Números de piezas

Figura 3.7: Manual de Mantenimiento del Motor (EMM)



Fuente: Progress Rail

Asesoramiento sobre Servicio

El asesoramiento sobre servicio de EMD se elabora para actualizar los procedimientos o especificaciones de los sistemas o componentes del motor o la locomotora. Se proporciona a los clientes según se requiera y está diseñado para distribuir la información lo más rápidamente posible.

El asesoramiento sobre servicio de EMD también se usa para notificar a los clientes respecto de cambios en el EMM, RMM o MI.

Instrucciones de mantenimiento (MI)

Las Instrucciones de Mantenimiento, o MI (por sus siglas en inglés), constituyen otra forma de publicación técnica elaborada por Electro Motive Diesel. Las M.I. se ocupan del servicio y la reparación de sistemas y componentes específicos. Estos documentos se elaboran según se requiera en los siguientes casos:

- Las locomotoras están equipadas con componentes o sistemas que no cubren en el Manual de Mantenimiento en Funcionamiento (RMM) o en el Manual de Mantenimiento del Motor (EMM).
- Se ha actualizado la información en los Manuales de Servicio.
- cuando se requiere información más detallada para la inspección o reparación de sistemas o componentes.

A menudo el EMM o el RMM enumeran una o más MI como referencia al final de una sección.

Figura 3.8: Instrucciones Mantenimiento (M.I.) de Electro Motive Diesel (EMD)



Fuente: Progress Rail

3.1.2.2 Criterio de Diseño

Para lo que respecta al montaje de las ruedas y engranaje en el eje de la locomotora fue de vital importancia cumplir las tolerancias dimensionales recomendadas por el fabricante, así como también verificar el acabado de la superficie del eje.

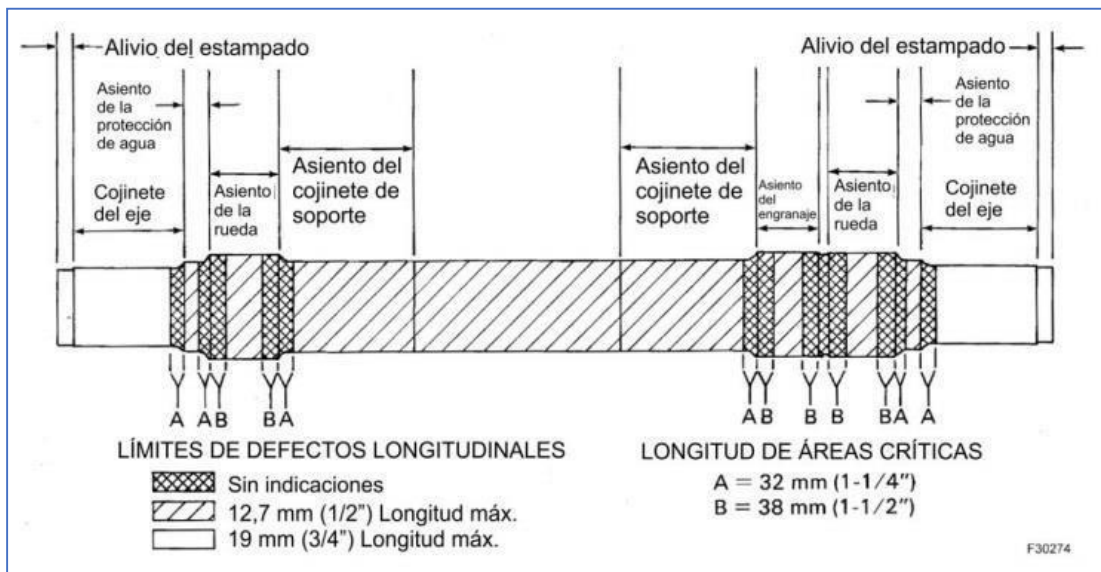
El acabado de la superficie del eje fue muy importante, especialmente en el área de soporte del cojinete.

Debido a posibles daños resultantes de las grietas del eje, se recomendó que se realizara una inspección de partículas magnéticas o partículas magnéticas fluorescentes siempre que las ruedas sean removidas, independientemente del tiempo de servicio.

La inspección visual fue importante para identificar si los ejes inspeccionados poseían defectos longitudinales que estuviesen dentro de los límites permitidos.

En caso se haya detectado defectos circunferenciales en el eje inspeccionado, este debió ser descartado.

Figura 3.9: Límites de defectos del eje longitudinal



Fuente: Instructivo de Mantenimiento 1518 Rev. G

Figura 3.10: Inspección de ejes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.11: Inspección visual y detección de defectos en el eje



Fuente: Elaboración Propia

Los ejes y engranajes pueden ser utilizados hasta el desgaste en el límite máximo si una inspección de partículas magnéticas no revela defectos.

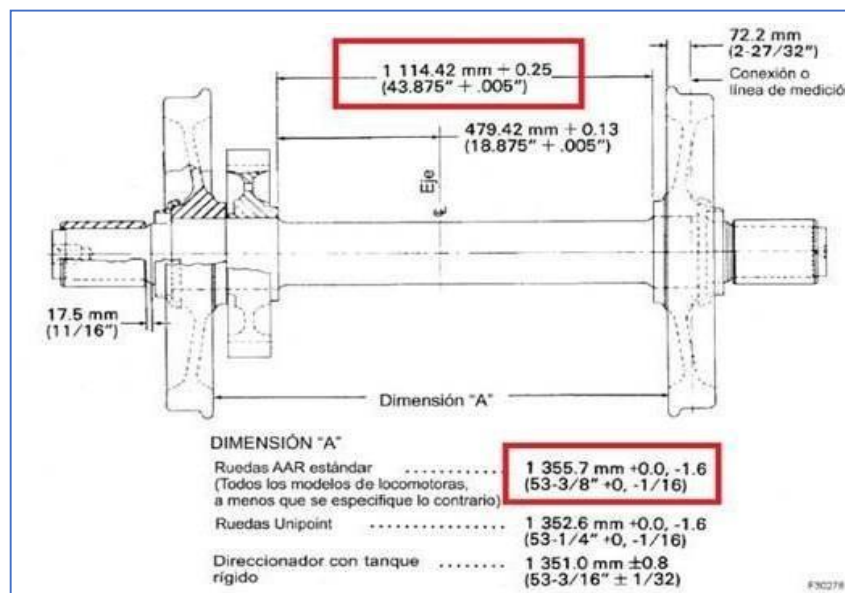
Una regla práctica avalada por el fabricante fue el siguiente: Si los ejes no son inspeccionados por el método de partículas magnéticas en cada remoción de las ruedas, se recomienda que el eje sea descartado después de que dos (02) pares de ruedas hayan sido desgastadas a sus límites máximos.

Otro punto importante a verificar fueron las dimensiones para el ensamble de los componentes en el eje.

Las dos medidas principales verificadas durante el ensamblado fueron las remarcadas de rojo, esta información la encontramos en el *Maintenance Instructions 1518 Rev. A – Wheels, Axle, Axle Gears and Pinions*:

- Medida entre las caras internas de las ruedas: 53 3/8”
- Medida entre el cubo del engranaje y el cubo de la rueda opuesta: 43 7/8”

Figura 3.12: Parámetros dimensionales para el ensamble de engranaje y ruedas



Fuente: Instructivo de Mantenimiento 1518 Rev. G

La inspección y calificación del piñón del motor de tracción y dientes del engranaje del eje para comprobar desgaste y perfil de desgaste del diente en el momento de un cambio de motor de tracción o ruedas fue esencial, ya que la operación con engranajes desgastados más allá de los límites recomendables es peligrosa a los motores de tracción y equipamientos relacionados.

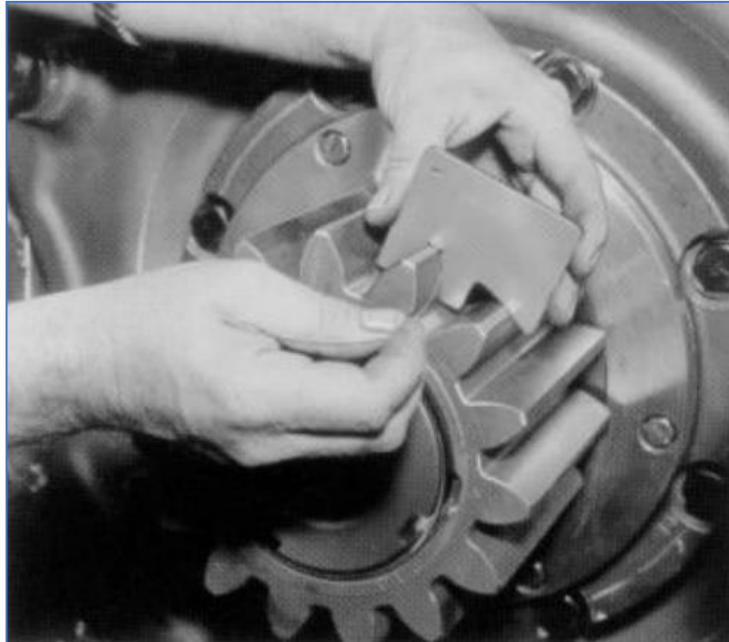
La inspección recomendada para los piñones y engranajes fue de la siguiente manera:

- Después de que el engranaje del eje fue removido, se examinó la cara interna del cubo del engranaje y se pulió cualquier marca que pudo haber sido hecha al remover el engranaje.
- Se inspeccionó visualmente para comprobar dientes rotos, marcados, escamados, torcidos o ásperos. El piñón del motor de tracción y engranajes del eje deben ser rechazados cuando más del 20% de la superficie total de trabajo del diente tiene astillas o asperezas, o existen evidencias de descamación. Asperezas o marcas muy leves se permiten en toda la superficie de trabajo.
- Se inspeccionó el orificio en el engranaje del eje para comprobar marcas. La superficie del orificio debe estar 90% intacta y tener un determinado acabado superficial para permitir el tonelaje de presión adecuado.
- Se inspeccionó para comprobar grietas utilizando inspección de partículas magnéticas o partículas fluorescentes. Asimismo, se buscó grietas de fatiga en los engranajes del eje y piñones de motor de tracción, los cuales generalmente comenzaron en el filete en la base del diente en el lado del motor, a aproximadamente 13 mm (1/2") de la punta y progresan hacia el lateral. Cualquier grieta de fatiga en el engranaje del eje o en el piñón en la base del diente es peligrosa, en caso se detecte, el engranaje del eje o piñón deberán ser sustituidos por uno nuevo.

Verificación de desgaste del piñón del motor de tracción

El perfil de desgaste del diente del piñón del motor de tracción se verificó con un calibre de contorno de diente. Asimismo, se pudo adicionar un indicador de alambre de 0.25 mm (0.010”) o calibre de holgura.

Figura 3.13: Verificación del perfil del diente del piñón del motor de tracción



Fuente: Instructivo de Mantenimiento 1518 Rev. G

Se colocó el medidor de contorno de diente contra un flanco del diente del piñón del motor de tracción como en la figura anterior.

El medidor entró normalmente en contacto con el flanco del diente próximo al diámetro del campo, donde es el área de menor desgaste. En dicho flanco se midió la cantidad máxima de desvío del perfil del diente. Si este desvío superaba los 0.25 mm (0.010”) del contorno original, se debería sustituir el piñón por uno nuevo.

Si el desvío del perfil del diente se encontrase dentro del valor 0.25 mm (0.010”) del contorno original:

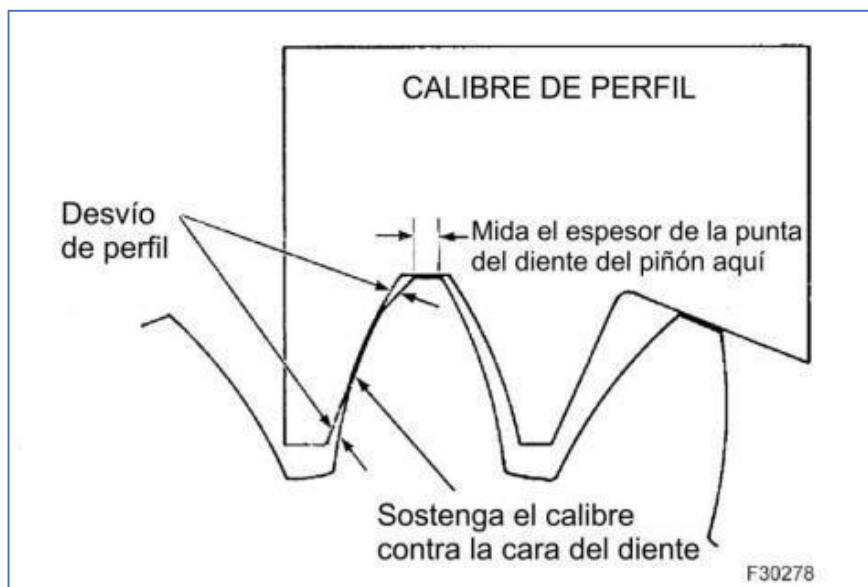
- Reutilizar el piñón si el espesor de la punta del diente es mayor que los siguientes valores mínimos:

<u>N° de dientes</u>	<u>Espesor mínimo de la punta</u>
12 – 13 – 14	0.8 mm (1/32")
15 – 16 – 17	3.2 mm (1/8")
19	4.0 mm (5/32")
20 – 21 – 22	4.0 mm (5/32")
25	4.8 mm (3/16")

- Sustituir el piñón por uno nuevo si el espesor de la punta del diente es menor que el valor mínimo.

Considerar que los piñones de motores de tracción no pueden ser retrabajados económicamente; aquellos que no satisfagan los requerimientos deben ser descartados.

Figura 3.14: Medición del desvío del perfil y desgaste del piñón del motor

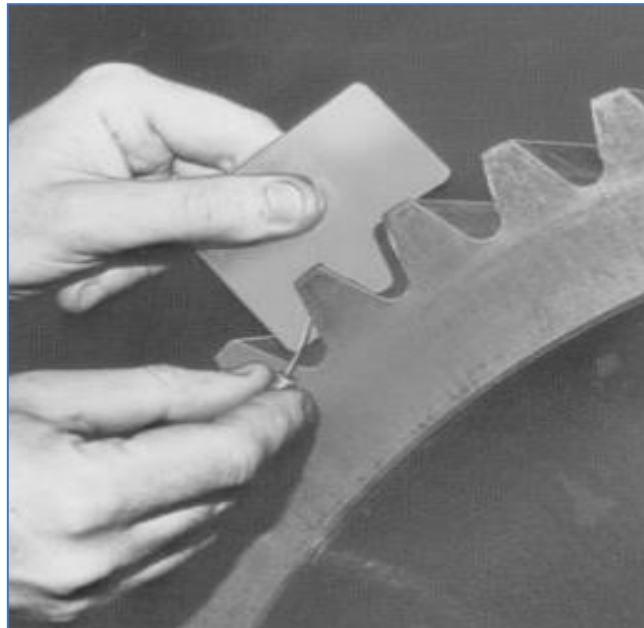


Fuente: Instructivo de Mantenimiento 1518 Rev. G

Verificación de desgaste del perfil del diente de engranaje del eje

El perfil de desgaste del diente del engranaje del eje se verificó con un medidor de contorno del diente y un indicador de alambre de 0.25 mm (0.010”) o lámina calibradora.

Figura 3.15: Verificación del perfil del diente del engranaje del eje



Fuente: Instructivo de Mantenimiento 1518 Rev. G

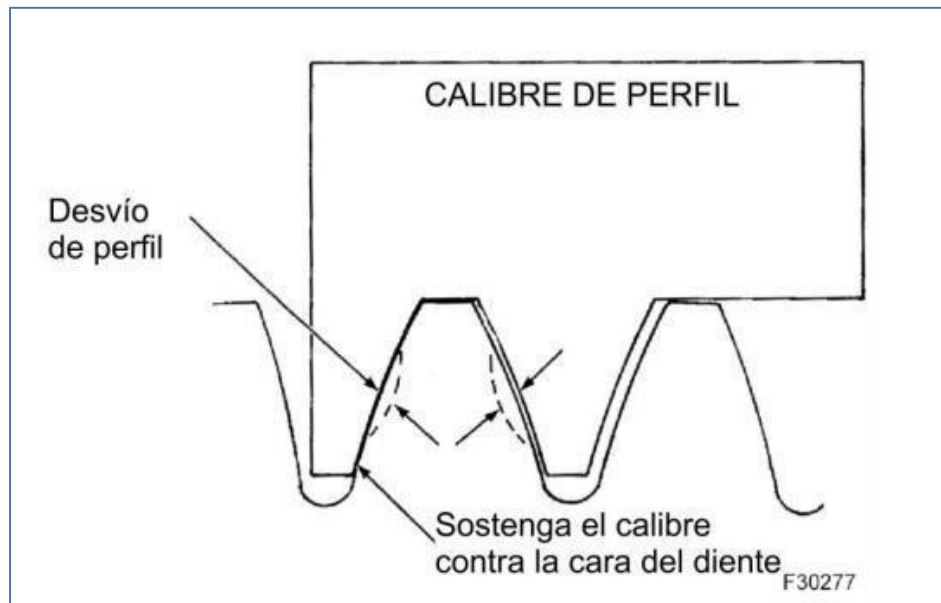
Se colocó el medidor de contorno del diente contra un flanco del diente del engranaje del eje como se muestra en la figura anterior. El medidor entra normalmente en contacto con el flanco del diente próximo al diámetro del campo, donde es el área de menor desgaste. En dicho flanco, se mide y registra el valor de desvío del perfil del diente.

Se prosiguió de manera parecida para calificar el piñón del motor de tracción:

Se verificó si el desvío del perfil original del diente es 0.25 mm (0.010”) o menor, si esto ocurría, el engranaje podría ser reutilizado. Si el error de perfil

superaba 0.25 mm (0.010”), el engranaje debería ser rectificadado en caso de existir material de rectificadado.

Figura 3.16: Medición del desvío del perfil del engranaje del eje



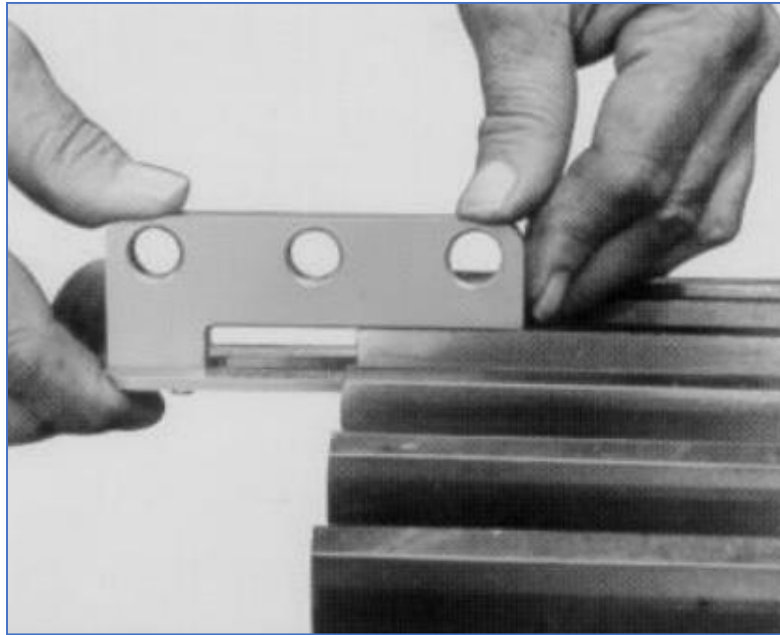
Fuente: Instructivo de Mantenimiento 1518 Rev. G

Se hizo uso de un medidor de desgaste para determinar si el engranaje podía ser rectificadado. Para esto, se apretó firmemente y se deslizó el medidor a lo largo del diente del engranaje hasta que las mandíbulas cónicas contacten los lados del diente.

Si el medidor se detenía en el área del indicador marcada “Stock Re grind” (material de rectificadado), entonces existía material suficiente para perfilar nuevamente el diente del engranaje.

Si el medidor se detenía más allá de la línea descrita hacia adentro del área marcada del medidor “Tooth Scrap” (descartar diente), entonces no habría material suficiente para perfilar nuevamente el diente del engranaje y este debería ser descartado.

Figura 3.17: Medición de desgaste del engranaje del eje



Fuente: Instructivo de Mantenimiento 1518 Rev. G

Otro parámetro a controlar fue el desgaste de ruedas de locomotoras, esta actividad estuvo a cargo del Taller Predictivo de la Sección de Reparación Vagones; sin embargo, todo el personal mecánico del Taller de Locomotoras tiene conocimiento y saber hacer uso del calibrador para realizar las mediciones de todas las ruedas de las locomotoras de ruta.

La frecuencia de medición de las ruedas era semanal. Para esto se coordinaba con los mecánicos del taller predictivo, quienes al término de esta actividad emitían el documento “Reporte de Medición de Ruedas de Locomotoras” (Ver Anexo 4).

Los parámetros que se medían eran los siguientes:

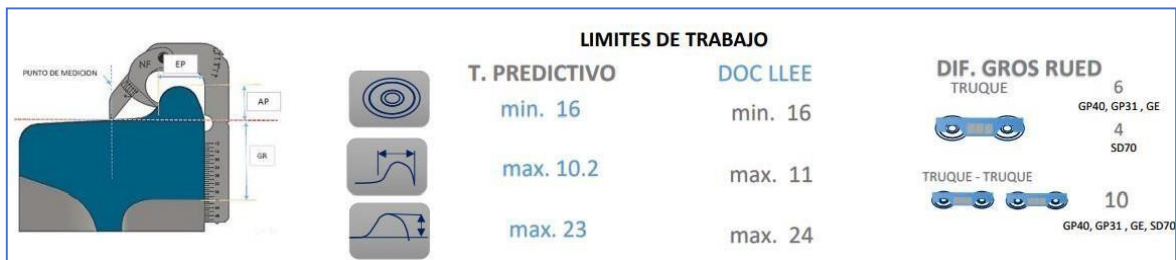
- Grosor de ruedas
- Espesor de pestaña
- Altura de pestaña
- Diferencia de grosor de ruedas

Cada uno de estos parámetros, dentro de los límites recomendados, daban garantía y confiabilidad de que durante el transporte en ruta no ocurriría algún evento no deseado relacionado con las ruedas.

Para esto fue importante cumplir con los límites de trabajo, con todo esto en conjunto, se evitaba que alguna locomotora se pueda descarrilar y por consiguiente traer inconvenientes como:

- Rotura de rieles
- Indisponibilidad de la vía férrea
- Daños en componentes del motor de tracción (caja de engranajes, piñón, etc.)
- Alto costo logístico (movimiento de personal, grúas, etc)

Figura 3.18: Límites de trabajo para ruedas de locomotoras



Fuente: Taller Predictivo – Sección Reparación Vagones SPCC

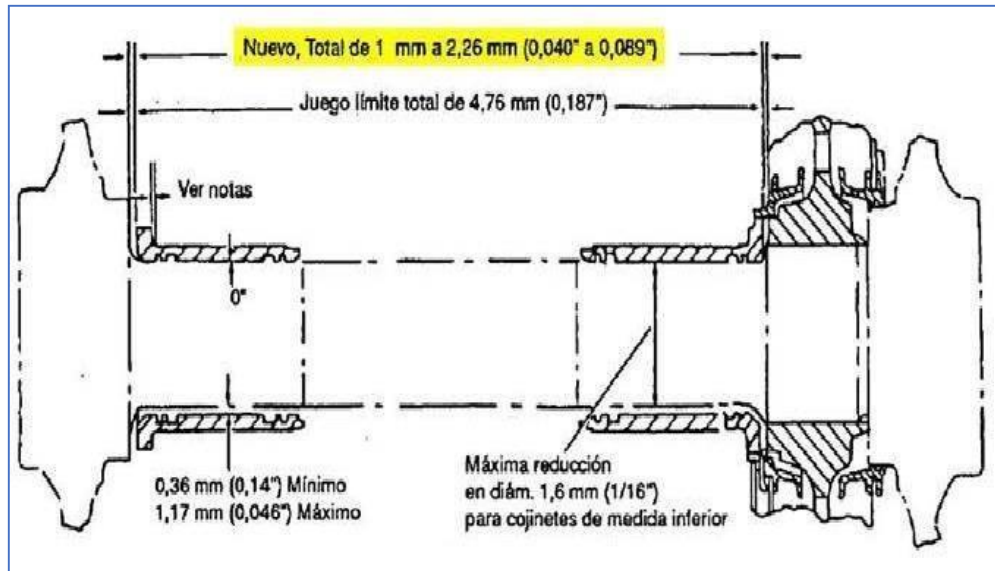
Posicionamiento de los cojinetes de apoyo para el montaje del motor de tracción

Siguiendo todo lo descrito en el presente capítulo, bajo los lineamientos e instructivos del fabricante, se aseguraba de que los componentes que conforman el eje ensamblado estén aptos para el servicio, ya sea por una inspección o calificación de estos o por el cambio de los componentes por unos nuevos.

Los cojinetes de apoyo o comúnmente llamados bronce se colocaban en pares, siendo la forma más fácil de reconocerlos por su número de serie y lote de fabricación, bajo ninguna circunstancia se debían combinar los cojinetes, debido a

que, si esto se omitía y eran ensamblados y puestos en operación, se corría el riesgo de que el cojinete raye el eje, dejando este inservible.

Figura 3.19: Tolerancias del juego axial y radial para montaje del motor



Fuente: Instructivo de Mantenimiento 3900 Rev. G

Un dato que se tuvo en consideración fue que se podían utilizar bronce nuevos o reutilizar aquellos que habían estado trabajando sin alguna observación en particular. Lo que normalmente se inspeccionaba era la parte interna del bronce; es decir, la superficie del babit, que no presentara rayaduras principalmente. Asimismo, se tomaba en consideración la condición de las pestañas de los bronce, ya que estas son susceptibles a desgaste debido al contacto con el cubo de la rueda y engranaje durante el movimiento. Si el desgaste era muy pronunciado, lo recomendable era cambiar por un nuevo par de bronce porque el juego axial era mayor. Esta condición no era la adecuada porque en curvas o cambios bruscos de dirección el motor de tracción podría desplazarse más de lo que indicaba la tolerancia e impactar bruscamente contra el cubo del engranaje y podía rajarlo.

Una vez posicionados los bronce en el eje, se verificó que existiese una holgura de entre 0.014" y 0.046", tal como se indica en la figura anterior. Por fines

prácticos y por recomendación del fabricante, si asegurábamos que exista una holgura de 0.018" era garantía de un correcto montaje. Para esto utilizamos unas galgas o calibradores de diferentes espesores, el cual era introducida en la abertura que se aprecia en la figura a continuación. Por esta abertura se medía la luz que existía entre la cara interna del bronce y el eje, que durante la operación era un indicador de la cantidad de aceite que fluía por esa sección, este aceite lubricante sería el encargado de lubricar y refrigerar el eje ya puesto en operación.

Este calibrador debía desplazarse libremente en toda su longitud sin problemas.

Si no se cumplía esto último y se proseguía con el montaje de las cajas de chumaceras, motor de tracción y se ponía en operación, se evidenciarían problemas de rayaduras en el eje, barrido del babbit y recalentamiento del eje.

Figura 3.20: Verificación del juego radial en las chumaceras



Fuente: Elaboración Propia

En total se colocaron dos pares de bronce en el eje: un par en el lado del engranaje y el otro par en el lado libre.

Posicionamiento del motor de tracción

Teníamos que tener en cuenta si se utilizaban bronce nuevos o reacondicionados, debido a que esto influiría en el valor de la tolerancia para el juego axial del motor de tracción, este valor podía variar entre 0.040" y 0.187".

Una vez colocado el motor de tracción encima del eje, con la ayuda de una barreta, se desplazaba el motor totalmente hacia el extremo libre (opuesto al lado del engranaje) y se procedía a medir la holgura axial total entre las pestañas de los bronce y el cubo del engranaje. El valor debía estar comprendido en el rango que se describe en el párrafo anterior.

Posteriormente se podía colocar las cajas de chumaceras, llenar de aceite sus compartimientos y colocar la felpa. Asimismo, se podía colocar la caja de engranaje y su respectivo aceite o grasa.

Figura 3.21: Verificación del juego axial con el motor de tracción ensamblado



Fuente: Elaboración Propia

Inspección y Mantenimiento al Motor de Tracción

Normalmente cuando sucedían fallas con los motores de tracción, en operación se manifestaban los problemas principalmente en el rotor o en el estator.

Adicionalmente, podía darse el caso de chisporroteos entre los carbones y el conmutador del rotor debido al excesivo consumo de corriente en los motores de tracción.

Independientemente de cuál era el problema reportado, el primer paso que se realizaba era inspeccionar si en alguna parte del motor de tracción, especialmente los cables, se estaba haciendo contacto con algún metal extraño o con parte de la estructura del truque de la locomotora. Asimismo, se debía inspeccionar los porta carbones que se encontraban en el interior del motor de tracción. En este punto se visualizaba si es que existía algún problema con el conmutador (chisporroteado, flash over, rayaduras, etc.). Además, se debía identificar rebabas ajenas, daños en general en el conmutador, carbones quemados, porta carbones caídos, enganchadores estallados y cables quemados o fuera de abrazaderas.

Una vez que se había descartado lo descrito en el párrafo anterior, se procedía a realizar la desconexión de los cables del motor de tracción para poder determinar si existía continuidad en los circuitos y descartar que alguno de estos estuviese en corto circuito o abierto.

Posteriormente, se procedía a megar cada circuito del motor eléctrico. Para esto se utilizó el megóhmetro, tanto en los circuitos del estator (campo) y rotor (armadura), a una escala de hasta 2500 volt. Se utilizó el “Formato para trabajo de Megado de motores de tracción”. (Ver Anexo 5)

Cualquier circuito por debajo de la lectura mínima (2.0 meg-ohm) debía considerarse sospechoso.

Con todo lo descrito anteriormente, ya se debía saber cuál es la falla del motor de tracción.

Figura 3.22: Motor de tracción con campo a tierra



Elaboración Propia

Una vez ya conocido el diagnóstico del motor de tracción, se procedía a evaluar si podía realizarse mantenimiento u optar por el reemplazo de los componentes de este. Las actividades más comunes a realizar en el mantenimiento de los motores de tracción eran las siguientes:

- Cambio del rotor (armadura)
- Cambio del estator (campo)
- Inspección / Cambio de los cojinetes
- Medición del espesor de la punta de los dientes del piñón

- Cambio del piñón del motor de tracción
- Sopleteo y aplicación de solvente dieléctrico
- Aplicación del sellador aislante eléctrico (mejorar el aislamiento del componente)
- Pulido del conmutador del rotor
- Separación de las delgas del conmutador
- Cambio de porta carbones
- Cambio de carbones
- Cambio de terminales y fundas de aislamiento

Figura 3.23: Intercambio de componentes del motor de tracción



Elaboración Propia

Una vez realizadas las actividades de mantenimiento al motor de tracción, se procedía a ensamblar los componentes de este y se volvía a megar los circuitos.

Esta práctica se realizaba para comparar los valores antes y después del trabajo para evaluar cuánto había mejorado el aislamiento eléctrico.

Lo recomendable era que el valor fuese superior a los 2 M Ω ; sin embargo, la práctica evidenciaba que cuanto más alto era la lectura en el megger, el motor de tracción tenía un mejor desempeño en operación. Asimismo, se debía tener un buen control de los parámetros de operación de la locomotora, principalmente del consumo de corriente eléctrica, ya que era uno de los factores principales que afecta a la vida útil de los motores de tracción.

Figura 3.24: Puesta del motor de tracción en el eje de la locomotora



Elaboración Propia

3.1.2.3 Bases de la Programación

Como cualquier proyecto, una parte fundamental es el poder identificar las actividades más importantes y así poder controlar que el cumplimiento de estas se de en el periodo de tiempo planificado y evitar retrasos que puedan comprometer el fin propuesto del proyecto.

Las actividades más importantes por etapas para el presente proyecto fueron:

Etapas I

- ✓ Diagnóstico general del Taller de Locomotoras y Equipos
- ✓ Evaluación de competencias del personal
- ✓ Análisis Pareto para identificar componentes críticos

Etapas II

- ✓ Coordinación con las Secciones del Ferrocarril Industrial
- ✓ Restricción de las capacidades de arrastre de las locomotoras Electro Motive Drive (EMD) y General Electric (GE)
- ✓ Búsqueda y solicitud de información al fabricante
- ✓ Interpretación de la información

Etapas III

- ✓ Implementación de los Instructivos de Mantenimiento Estandarizados para la planificación de cambio de ruedas

Etapas IV

- ✓ Seguimiento y Control semanal al desgaste de ruedas de las locomotoras Supply
- ✓ Cumplimiento y Seguimiento del Plan de Mantenimiento

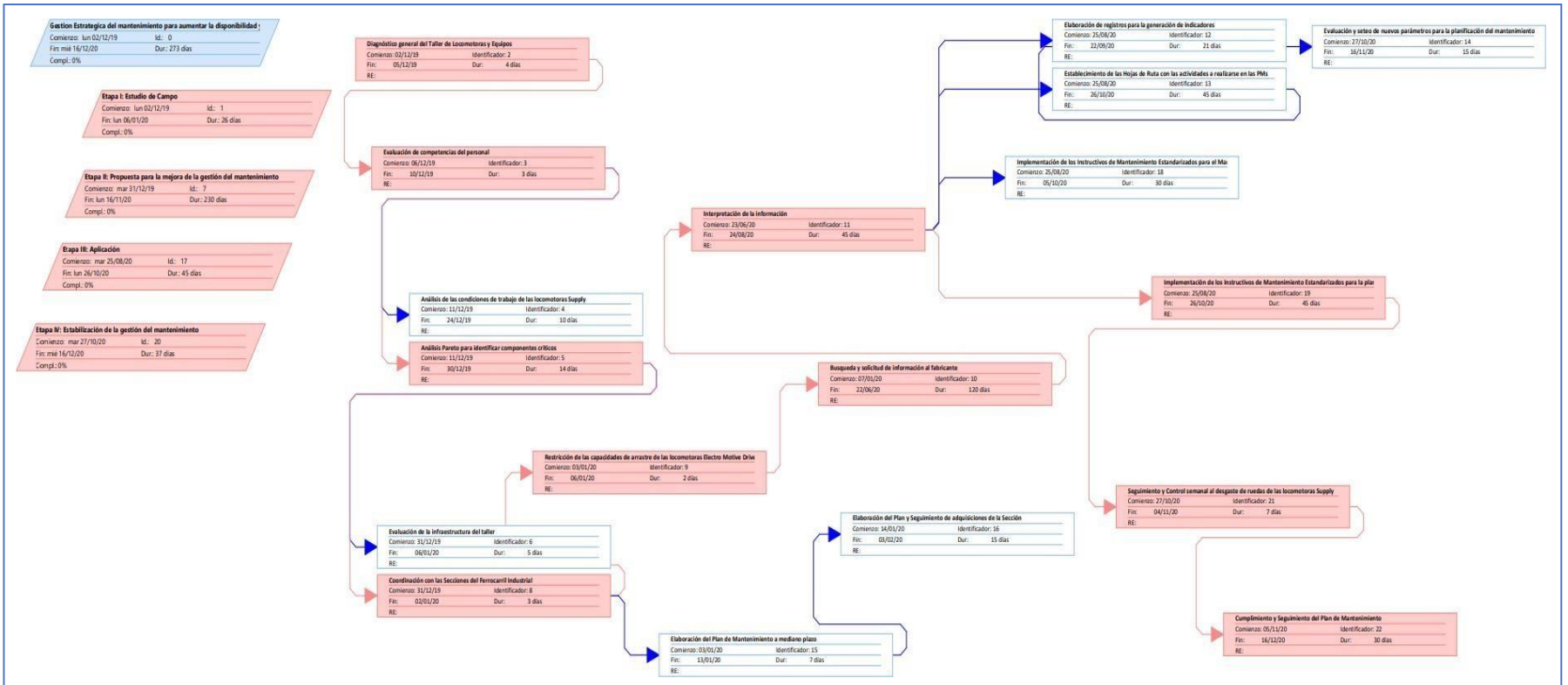
Una herramienta importante utilizada en este proyecto fue la elaboración del diagrama de red, el cual es una forma gráfica de ver las tareas y/o actividades, dependencias entre estas y también la ruta crítica del proyecto.

El diagrama de red, además de ser parte fundamental durante la gestión de proyectos, nos ayuda a tener una mejor monitorización y planificación del mismo. También ofrece más facilidades de cara a la toma de decisiones durante la fase de planificación, programación y desarrollo del proyecto.

Para el proyecto, utilizamos el programa Ms Project, en este se listó todas las actividades que conforman el presente trabajo, se realizó la vinculación y dependencias entre tareas, siendo la dependencia “Fin-Comienzo” (FC) la más predominante entre estas.

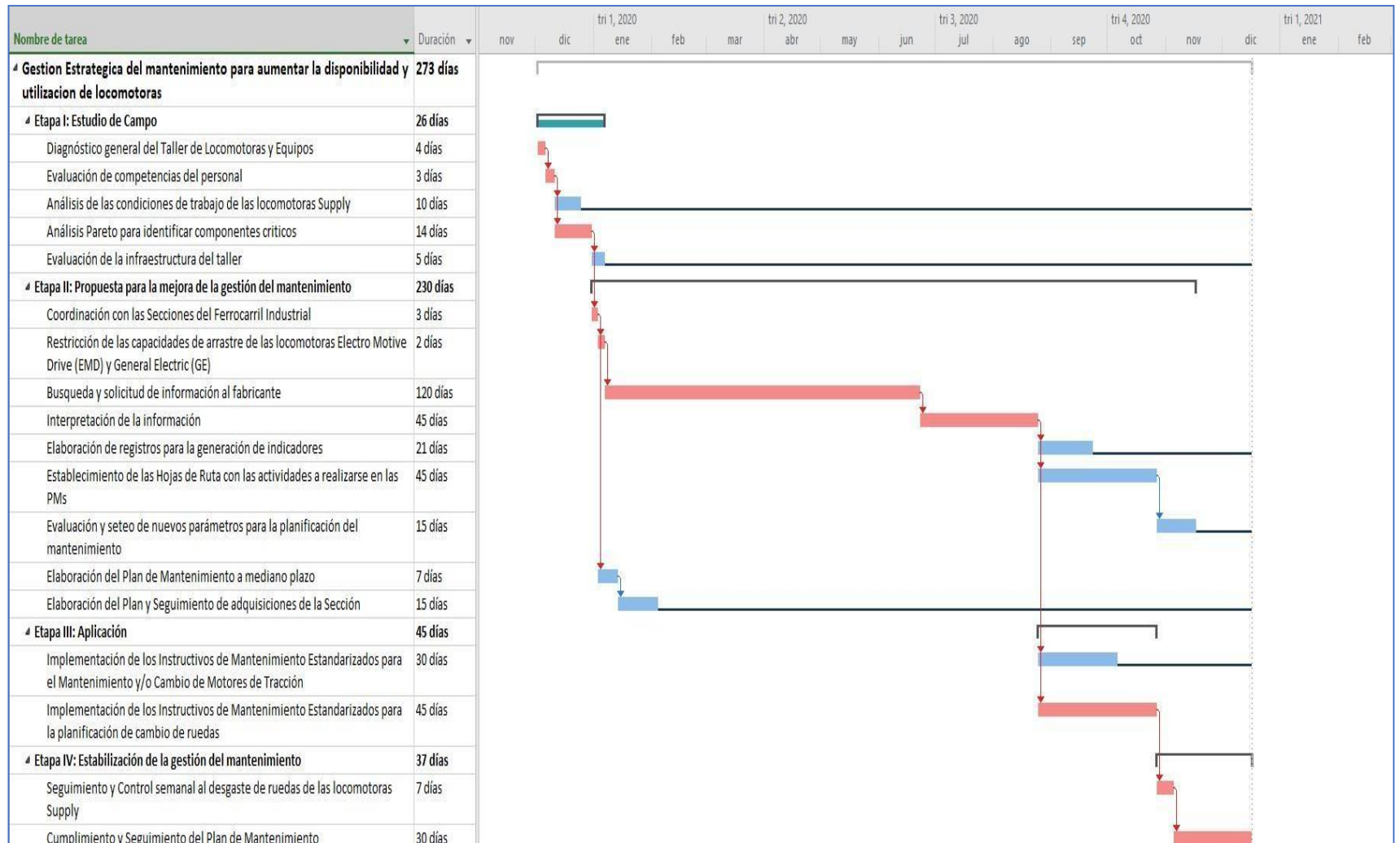
La imagen a continuación muestra el diagrama de red propuesto para el proyecto, se aprecia mediante flechas las dependencias entre las tareas y se resalta de color rojo aquellas tareas que formaban parte de la ruta crítica.

Figura 3.25: Diagrama de Red del trabajo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.26: Ruta Crítica del trabajo



Fuente: Elaboración Propia

3.2 Evaluación Técnica – Económica

3.2.1. Evaluación Técnica

Se tiene el siguiente cuadro que agrupa los diversos aspectos técnicos del presente trabajo con sus respectivo análisis, discusión, conclusión y recomendación. Estos mismos serán ampliados posteriormente.

Tabla 7: *Matriz de Evaluación Técnica*

Objetivos Específicos	Análisis de resultados	Discusión	Conclusión	Recomendación
Implementar los Instructivos de Mantenimiento estandarizados para aumentar la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.	La implementación e interpretación de los Instructivos de Mantenimiento (M.I.) fue un paso clave para garantizar un trabajo de calidad y que este sirva para mejorar los indicadores de mantenimiento.	¿Se pudo haber mejorado la calidad del mantenimiento sin la aplicación de las buenas prácticas recomendadas por el fabricante?	La aplicación de buenas prácticas del fabricante es garantía de un buen trabajo y de obtener el óptimo beneficio de nuestros activos.	Cumplir con los Instructivos de Mantenimiento y/o Estándares desde el inicio del ciclo de vida de cualquier activo.
Aplicar el planeamiento estratégico en los componentes críticos para el aumento de la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras de modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.	El realizar una identificación y planeamiento de los componentes críticos sirvió para trabajar con mayor incidencia en aquellos componentes que son de mayor relevancia dentro de los múltiples sistemas que conforman la locomotora.	¿Se pudo haber obtenido un aumento en la disponibilidad/utilización de la flota de locomotoras sin haber realizado una planificación adecuada?	La planificación estratégica es de mucha importancia dentro de la gestión de mantenimiento, ya que involucra coordinar con demás áreas operativas que dansoporte al departamento de mantenimiento.	Invertir en los recursos necesarios para realizar una planificación adecuada y oportuna desde las primeras etapas de un trabajo o proyecto.
Afianzar la mitigación de ocurrencia de eventos no deseados para el aumento de la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras de modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.	El verificar y cumplir con las buenas prácticas brindan la seguridad de que el trabajo se realizó de manera correcta y por este motivo mitigamos en gran medida la ocurrencia de eventos no deseados.	¿Se pudo haber reducido el porcentaje de ocurrencia de eventos no deseados sin la aplicación de estándares propios del rubro ferroviario?	El cumplimiento de estándares y buenas prácticas por parte del área de mantenimiento brinda confiabilidad en el transporte.	Cumplir con los estándares dentro del rubro ferroviario nos garantizan un buen performance en la operación.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 Evaluación Económica

De lo descrito a inicios del presente capítulo, damos cuenta de que una buena base para la correcta ejecución del mantenimiento es el haber realizado una planificación oportuna y sensata. Esto no solo requiere de tener los conocimientos y ejecutar acciones propias del mantenimiento, sino también haber gestionado con el área de logística y abastecimientos para tener aquellos repuestos y consumibles necesarios para realizar algún mantenimiento en específico. Aquí es importante considerar los tiempos de entrega (lead time) que brinda el fabricante para realizar una adecuada programación y así evitar altos tiempos de máquina parada.

De los componentes identificados como críticos:

Tabla 8: Cuadro de los costos unitarios de los componentes críticos

Ítem	Componente	Costo	Lead Time (días)
1	Eje	\$ 4,800.00	500
2	Housing	\$ 5,500.00	90
3	Rueda 42"	\$ 1,400.00	180
4	Rueda 40"	\$ 1,050.00	180
5	Motor de Tracción D90	\$ 39,500.00	180
6	Motor de Tracción D87B	\$ 35,000.00	180
7	Motor de Tracción D78	\$ 33,000.00	180
8	Engranaje 83 dientes	\$ 5,250.00	120
9	Engranaje 71 dientes	\$ 4,100.00	120
10	Engranaje 62 dientes	\$ 3,300.00	120
11	Piñón de motor de tracción	\$ 510.00	90

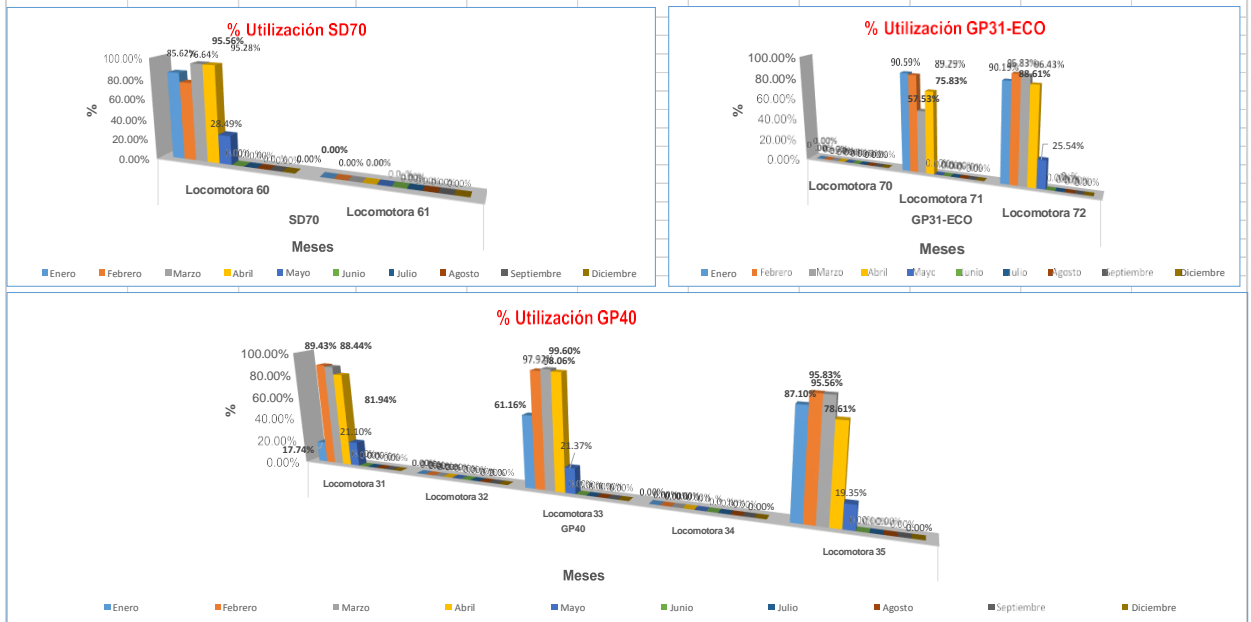
Fuente: Elaboración Propia

El cuadro siguiente tiene fecha de seguimiento 11/05/2021, el cual muestra un aumento significativo de la disponibilidad y utilización (>8%) de la flota de locomotoras modelo Electro Motive Diesel de la División del Ferrocarril Industrial, principalmente en el primer trimestre del año 2021, producto de las acciones implementadas descritas en el informe:

Figura 3.27: Consolidado de Utilización de flota de locomotoras EMD

Mes	Utilización de Locomotoras en Ruta (%)									
	SD70		GP31-ECO			GP40				
	Locomotoras 60	Locomotoras 61	Locomotoras 70	Locomotoras 71	Locomotoras 72	Locomotoras 31	Locomotoras 32	Locomotoras 33	Locomotoras 34	Locomotoras 35
Enero	85.62%	0.00%	0.00%	90.59%	90.19%	17.74%	0.00%	61.16%	0.00%	87.10%
Febrero	76.64%	0.00%	0.00%	89.29%	96.43%	89.43%	0.00%	97.92%	0.00%	95.83%
Marzo	95.56%	0.00%	0.00%	57.53%	95.83%	88.44%	0.00%	99.60%	0.00%	95.56%
Abril	95.28%	0.00%	0.00%	75.83%	88.61%	81.94%	0.00%	98.06%	0.00%	78.61%
Mayo	28.49%	0.00%	0.00%	0.00%	25.54%	21.10%	0.00%	21.37%	0.00%	19.35%
Junio	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Julio	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Agosto	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Septiembre	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Octubre	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Noviembre	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

(*) Hasta la fecha actual



Fuente: Elaboración Propia

Tomando como referencia el mes de abril del presente año, observamos los siguientes valores de utilización y arrastre (Ton-Km) para el modelo GP40-3:

Tabla 9: Utilización y Arrastre de locomotoras modelo GP40-3 en abril 2021

Locomotoras	Abril 2021	
	Utilización	Arrastre
Locomotoras 31	81.9%	8,292,703 Ton.Km
Locomotoras 33	98.1%	9,033,820 Ton.Km
Locomotoras 35	78.6%	7,076,813 Ton.Km

Fuente: Elaboración Propia

Un indicador que se maneja dentro de la División de Ferrocarril Industrial fue el costo unitario mensual, el cual se deseó esté por debajo de los 3 centavos de dólar por ton-km. Esta tarifa nos representó lo que los usuarios dentro de la organización SPCC nos retribuyen como parte del servicio de transporte.

Realizando una estimación de lo que nos representaría una locomotora de modelo GP40-3 inoperativa considerando un arrastre promedio como las que se muestra en el cuadro anterior:

Tabla 10: *Costo de no disponibilidad de locomotoras modelo GP40-3*

Locomotora	Abril 2021		
	Utilización	Arrastre	Costo
Locomotora 31	81.9%	8,292,703 Ton.Km	\$248,781.09
Locomotora 33	98.1%	9,033,820 Ton.Km	\$271,014.60
Locomotora 35	78.6%	7,076,813 Ton.Km	\$212,304.39

Fuente: Elaboración Propia

Por esto es importante realizar un mantenimiento de calidad, de manera que se pueda garantizar confiabilidad en el transporte, esto se pueda reflejar en los ingresos para la División y finalmente sirva para cumplir con el plan de producción y/o arrastre de la empresa.

3.3 Análisis de Resultados

- Con la aplicación de las diversas estrategias mencionadas en el presente informe se pudo incrementar significativamente la disponibilidad y utilización de las principales locomotoras de la flota de la División del Ferrocarril Industrial.
- La implementación e interpretación de los Instructivos de Mantenimiento (M.I.), como base para la ejecución del mantenimiento en el taller de locomotoras, fue de mucha importancia para realizar los trabajos con calidad y con los estándares que la normativa del rubro ferroviario establece,

ayudando así no solo a aumentar la disponibilidad y utilización de las locomotoras, sino a toda la operación de la División del Ferrocarril Industrial.

- El realizar una identificación y planeamiento estratégico de los componentes críticos de la locomotora permitió establecer un orden de prioridad para la atención y gestión oportuna de los componentes involucrados para garantizar la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras de la División del Ferrocarril Industrial.
- La correcta aplicación de los estándares para el montaje / mantenimiento de los diversos componentes de la locomotora fue de vital importancia para afianzar la mitigación de ocurrencia de eventos no deseados y así asegurar una óptima disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras de la División del Ferrocarril Industrial.

IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

- ✓ Sin la aplicación estratégica a toda la gestión de mantenimiento de la División del Ferrocarril Industrial no habría sido posible mejorar y mantener a través del tiempo los indicadores de disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras de modelo Electro Motive Diesel.
- ✓ Se logró mejorar la calidad de la ejecución de los trabajos de mantenimiento debido a que se empezó a hacer uso de los Instructivos de Mantenimiento (M.I) del fabricante. Posteriormente se capitalizó el conocimiento adquirido y como resultado se tuvo un personal técnico con mayor conocimiento para realizar un mejor trabajo para así garantizar la disponibilidad óptima para el área de Operaciones.
- ✓ Mediante la correcta identificación de los componentes críticos de la locomotora se pudo establecer un orden de jerarquía para su atención y en complemento con una planificación estratégica se lograron mejores resultados durante los periodos de intervención de la maquinaria, ya que, habiendo gestionado oportunamente repuestos, consumibles, mano de obra, etc. se realizaron los trabajos según lo programado.
- ✓ Se afianzó la mitigación de la ocurrencia de eventos no deseados mediante la aplicación del mantenimiento bajo instructivos y estándares, así como cumpliendo con los parámetros de montaje señalados por el fabricante, lo cual garantiza un buen performance operativo de la locomotora.

4.2 Conclusión

4.2.1 Conclusión General

Mediante la aplicación de una adecuada gestión estratégica de mantenimiento se aumentó en 8% la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras de modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.

4.2.2 Conclusiones Específicas

- ✓ La implementación de los Instructivos de Mantenimiento estandarizados, principalmente para la ejecución del montaje y mantenimiento de componentes críticos, nos permitieron aumentar la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.
- ✓ La aplicación del planeamiento estratégico orientado hacia los componentes críticos sirvió para aumentar la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.
- ✓ El afianzar la mitigación de ocurrencia de eventos no deseados permitió aumentar la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras modelo Electro Motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation.

V. RECOMENDACIONES

- ✓ La aplicación de una gestión estratégica de mantenimiento que involucre a todas las partes interesadas dentro de la organización permite alcanzar óptimos indicadores de desempeño de los activos, los cuales se verán reflejados en la producción de estos.
- ✓ Cumplir con los Instructivos de Mantenimiento y/o Estándares desde el inicio del ciclo de vida de cualquier activo es fundamental para alcanzar la vida útil esperada del equipo. Esto permitirá obtener el mayor beneficio para la organización.
- ✓ La planificación es una etapa dentro del proyecto que tiene un importante impacto en la ejecución del mismo, por este motivo se le debe dar la relevancia debida e invertir los recursos necesarios.
- ✓ Cumplir con los lineamientos, parámetros y tolerancias suministrados por el fabricante para la ejecución del montaje y/o mantenimiento es un factor importante para no tener imprevistos durante la operación, lo cual podría comprometer la operación y los objetivos de la organización.

VI. BIBLIOGRAFÍA

EBELING, Charles. 1997. *Reliability and Maintainability Engineering.* 1997.

KNEZEVIC, Jezdimir. 1996. *Reliability, Maintainability and Supportability – A probabilistic approach.* 1996.

MORA, Luis. 2014. *Mantenimiento – Planeación, Ejecución y Control.* 2014.

PARRA, Carlos. 2019. *Modelo de Gestión del Mantenimiento (MGM) integrado a un entorno de Gestión de Activos.* 2019.

PROGRESS RAIL. 2016. *Antecedentes y Publicaciones Técnicas de Electro Motive Diesel.* 2016.

SACRISTÁN, Francisco. 2015. *Mantenimiento Total de la Producción – Proceso de Implantación y Desarrollo.* 2015.

VARGAS, Victor. 2015. *Gestión Estratégica en el Sector Publico Peruano.* 2015.

ANEXOS

- ❖ Anexo 1: Instructivo de Mantenimiento: Ruedas, Ejes, Engranajes del eje y Piñones
- ❖ Anexo 2: Instructivo de Mantenimiento: Mantenimiento General de los Motores de Tracción D37-D47-D57-D67-D75-D77-D78 y D87B
- ❖ Anexo 3: Reporte de locomotoras Extras
- ❖ Anexo 4: Reporte de condición de ruedas de locomotoras
- ❖ Anexo 5: Formato para trabajo de Megado de motores de tracción
- ❖ Anexo 6: Plan de Producción

Anexo 1: Instructivo de Mantenimiento: Ruedas, Ejes, Engranajes del eje y
Piñones



RUEDAS, EJES, ENGRANAJES DEL EJE Y PIÑONES

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Favor consultar la sección Precauciones de Seguridad de EMD en el Manual de Mantenimiento de Funcionamiento de la Locomotora vigente, siempre que que necesite hacer trabajos de mantenimiento o servicio de rutina.

Esas instrucciones no pretenden cubrir todos los detalles del mantenimiento, procedimientos, o variaciones en los equipamientos. Debido a variaciones en el equipamiento de fabricación, instalación, operación o mantenimiento de usuarios, situaciones no previstas pueden ocurrir que no fueron cubiertas aquí. Si se desea información adicional, o situaciones encontradas que no son cubiertas aquí, por favor entre en contacto con su representante de servicio EMD.

* Esa instrucción fue revisada y editada nuevamente y sustituye ediciones anteriores de ese número.

Fotos de defectos comunes en ruedas, cortesía de la Asociación de Ferrovías Americanas.

Anexo 2: Instructivo de Mantenimiento: Mantenimiento General de los Motores de Tracción D37-D47-D57-D67-D75-D77-D78 y D87B



ELECTRO-MOTIVE


MI.1. 3900
*Rev. G

**INSTRUCCION
TECNICA
DE
MANTENIMIENTO**


**MANTENIMIENTO GENERAL
DE LOS MOTORES DE TRACCION
D37, D47, D57, D67, D75, D77, Y D78**

Edición en español
Febrero 1994

Anexo 3: Reporte de locomotoras Extras



REPORT DE LOCOMOTORAS EXTRAS



Martes
27
10
2020

LOCOMOTORA

56	Horóm.	2,838			
	Millas				
	KW-H				

Fallas:

Cod.	Sistema	Componente	EM2000	Hora	Descripción / Trabajos realizados

Observaciones: Trabajo Diario: Inspección de Cajas de Engranajes

Se cambio llave de paso del deposito principal. (Taller de frenos de aire).

LOCOMOTORA

61	Horóm.	38,066			
	Millas	435,373			
	KW-H	25,261,568			

Fallas:

Cod.	Sistema	Componente	EM2000	Hora	Descripción / Trabajos realizados

Observaciones: Trabajo Diario: Inspección de Cajas de Engranajes

LOCOMOTORA

71	Horóm.	40,652			
	Millas	434,868			
	KW-H	17,855,572			

Fallas:

Cod.	Sistema	Componente	EM2000	Hora	Descripción / Trabajos realizados

Observaciones: Trabajo Diario: Inspección de Cajas de Engranajes

LOCOMOTORA

72	Horóm.	24,831			
	Millas	274,698			
	KW-H	10,493,676			

Fallas:

Cod.	Sistema	Componente	EM2000	Hora	Descripción / Trabajos realizados

Observaciones: Trabajo Diario: Inspección de Cajas de Engranajes

LOCOMOTORA

35	Horóm.	9,387			
	Millas	90,332			
	KW-H	3,327,704			

Fallas:

Cod.	Sistema	Componente	EM2000	Hora	Descripción / Trabajos realizados

Observaciones: Trabajo Diario: Inspección de Cajas de Engranajes

LOCOMOTORA

33	Horóm.	11,107			
	Millas	109,373			
	KW-H	3,961,776			

Fallas:

Cod.	Sistema	Componente	EM2000	Hora	Descripción / Trabajos realizados

Observaciones: Trabajo Diario: Inspección de Cajas de Engranajes

LOCOMOTORA

	Horóm.				
	Millas				
	KW-H				

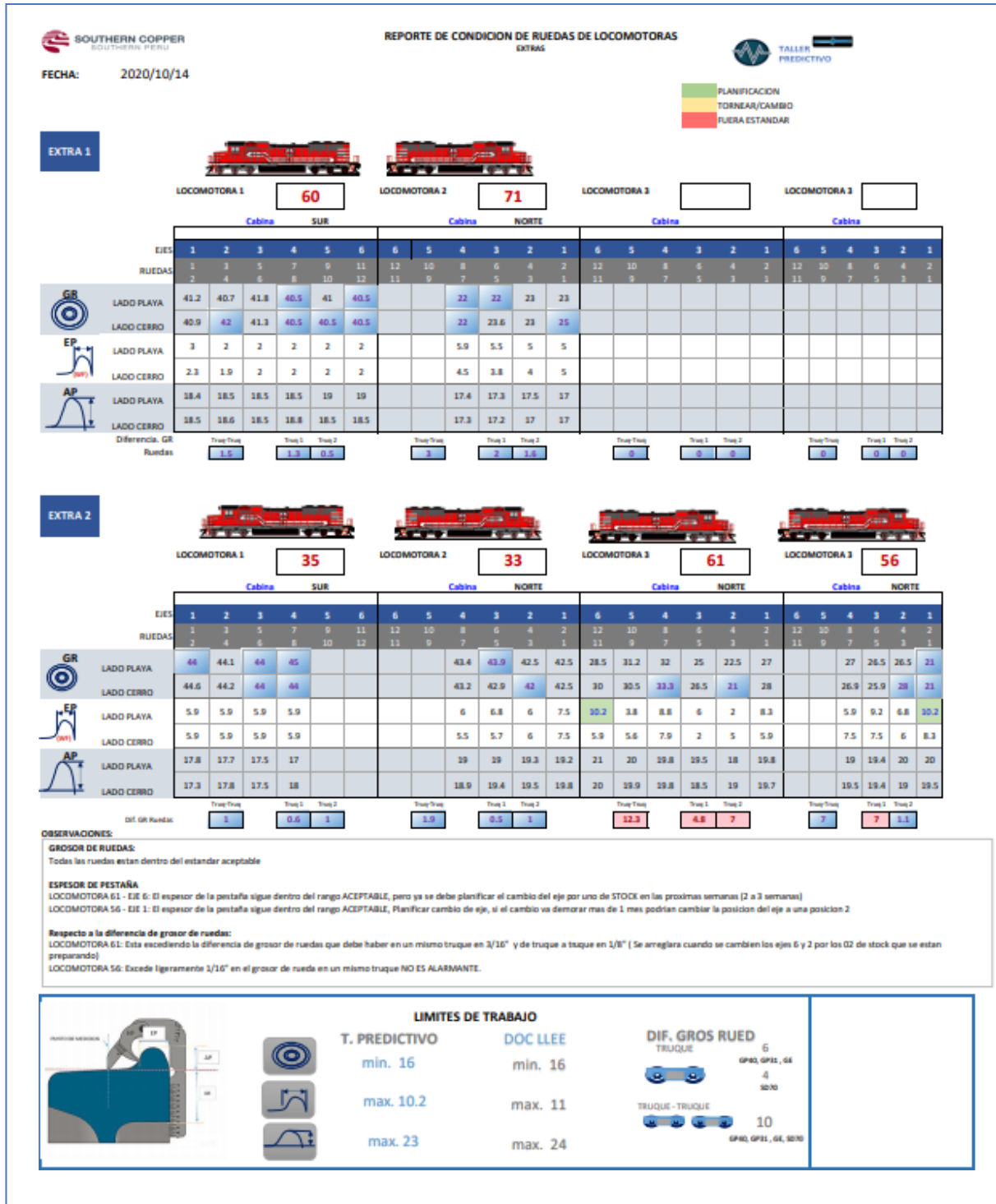
Fallas:

Cod.	Sistema	Componente	EM2000	Hora	Descripción / Trabajos realizados



Observaciones: Trabajo Diario:

Observaciones Generales:

Anexo 4: Reporte de condición de ruedas de locomotoras



Anexo 5: Formato para trabajo de Megado de motores de tracción

	MEGADO DE MOTORES DE TRACCIÓN TALLER LOCOMOTORAS Y EQUIPOS - FF.S. - E.O.		
Fecha: / /			
Nombre del trabajador:	_____	Registro: _____	Firma: _____
Nombre del trabajador:	_____	Registro: _____	Firma: _____
Nombre del trabajador:	_____	Registro: _____	Firma: _____
LOCOMOTORA	TRABAJO A REALIZAR	LUGAR	
	Mantenimiento de Motor de Tracción () Reparación de Motor de Tracción () Inspección de Motor de Tracción por falla y fuera de Servicio ()		
ESTANDARES DE MEDICIÓN UNIDAD: MEGAOMIOS			
ARMADURA	Mínimo	2 MD	NOTA: Si las lecturas son menores a 2 mega-ohms, el cable de carrocería, la funda de motor de tracción o el motor de tracción podrían estar haciendo tierra.
CAMPO	Mínimo	2 MD	
MOTOR 1			
N° EJE:	MODELO:	SERIE:	
	1000 V	2500 V	5000 V
Armadura	A		CONTINUIDAD
	A-A		SI
			NO
Campo	F		CONTINUIDAD
	F-F		SI
			NO
		Solo medir si es que en 2500V no se detecta falla	CONDICIÓN
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
MOTOR 2			
N° EJE:	MODELO:	SERIE:	
	1000 V	2500 V	5000 V
Armadura	A		CONTINUIDAD
	A-A		SI
			NO
Campo	F		CONTINUIDAD
	F-F		SI
			NO
		Solo medir si es que en 2500V no se detecta falla	CONDICIÓN
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
MOTOR 3			
N° EJE:	MODELO:	SERIE:	
	1000 V	2500 V	5000 V
Armadura	A		CONTINUIDAD
	A-A		SI
			NO
Campo	F		CONTINUIDAD
	F-F		SI
			NO
		Solo medir si es que en 2500V no se detecta falla	CONDICIÓN
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
MOTOR 4			
N° EJE:	MODELO:	SERIE:	
	1000 V	2500 V	5000 V
Armadura	A		CONTINUIDAD
	A-A		SI
			NO
Campo	F		CONTINUIDAD
	F-F		SI
			NO
		Solo medir si es que en 2500V no se detecta falla	CONDICIÓN
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
MOTOR 5			
N° EJE:	MODELO:	SERIE:	
	1000 V	2500 V	5000 V
Armadura	A		CONTINUIDAD
	A-A		SI
			NO
Campo	F		CONTINUIDAD
	F-F		SI
			NO
		Solo medir si es que en 2500V no se detecta falla	CONDICIÓN
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
MOTOR 6			
N° EJE:	MODELO:	SERIE:	
	1000 V	2500 V	5000 V
Armadura	A		CONTINUIDAD
	A-A		SI
			NO
Campo	F		CONTINUIDAD
	F-F		SI
			NO
		Solo medir si es que en 2500V no se detecta falla	CONDICIÓN
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
			Operativo
			No Operativo
OBSERVACIONES ADICIONALES			

Anexo 6: Plan de Producción

PLAN DE PRODUCCIÓN MAYO 2021

Unid.	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Ton-Met	462,653	416,520	447,911	430,183	365,931								2,123,197
Ton-Met-Km	61,841,943	59,711,997	64,789,303	58,326,911	60,848,402								305,518,557

REAL DE PRODUCCIÓN MAYO 2021

Unid.	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Ton-Met	494,146	442,286	490,719	484,862	482,330								2,394,343
Ton-Met-Km	64,031,987	60,326,951	66,784,644	63,450,213	67,105,925								321,699,720

VARIACIÓN PLAN VS REAL

Valores

Unid.	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Ton-Met	31,493	25,766	42,808	54,680	116,399								271,146
Ton-Met-Km	2,190,044	614,954	1,995,341	5,123,302	6,257,523								16,181,163

Porcentaje

Unid.	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Ton-Met	6.81%	6.19%	9.56%	12.71%	31.81%								12.77%
Ton-Met-Km	3.54%	1.03%	3.08%	8.78%	10.28%								5.30%