

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO CLIMA LRV
X”TRAPOLIS 100 EN EMPRESA ALSTOM CHILE S.A TALLER LIMACHE**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Técnico Universitario en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Camilo Ignacio Vera Zamora

Leandro Cristian Fabián Escudero Jeria

Profesor Guía:

Ing. Alejandro Badilla Bello

2018

DEDICATORIA

En esta etapa tan importante para nuestro desarrollo como personas y como profesionales junto a mi compañero queremos agradecer de corazón a todas las personas que formaron parte de este proyecto, sin ellos no habría sido posible lograr el objetivo.

Cada consejo recibido fue fundamental para poder aprender de mejor manera lo que cada profesor aportó a nuestra carrera profesional, cada reto valió la pena de una u otra forma para despertar nuestra madurez, porque la universidad es un cambio radical para cada estudiante. Queremos agradecer a los profesores que compartieron en convivencias para unir más a nuestro curso y contar sus experiencias con nosotros, momentos que nunca olvidaremos.

Además de agradecer infinitamente a nuestras familias que son el pilar fundamental en todo este proceso, sin nuestros padres sería muy difícil lograr esto solo, ellos nos aconsejan y nos brindan su apoyo incondicional. Todo lo que hacemos y lo que somos se lo debemos a ellos, y este logro va dirigido para nuestras familias, Gracias a todos por cada grano que aportaron en nosotros.

RESUMEN

KEYWORDS: DIAGNÓSTICO - PLAN DE MANTENIMIENTO - CICLO DE REFRIGERACIÓN - FMECA - PAUTA DE TRABAJO -

En la Empresa Alstom S.A, Taller Limache específicamente en el área de mantenimiento mecánico existe la necesidad de un plan de mantenimiento y pautas de limpieza para la climatización de los trenes.

Se estudiará la situación actual del equipo, analizando e interpretando la información recaudada buscando posibles variables que afecten los sistemas, y de esta forma proponer mejoras que logren la incorporación de un plan de mantenimiento. El trabajo de título consta de 3 capítulos:

El inicio del estudio se dirige principalmente al contexto en el cual se realizará el diagnóstico, es decir la empresa, sus orígenes y ubicación geográfica, misión y visión, además de una breve reseña explicativa del funcionamiento de esta.

En el siguiente capítulo se presenta la recopilación de información y datos relevantes que influyan en la creación de análisis, se presentan los componentes que conforman el sistema de climatización y se explicara su funcionamiento. A partir de los datos obtenidos por parte de la empresa se procederá a seleccionar la información recopilada para poder generar tablas, esquemas y análisis que permitan crear procedimientos y un plan de mantenimiento.

Finalmente se concluye en el capítulo 3 con el estudio de los modos de falla para poder obtener los análisis correspondientes para poder generar un plan de mantenimiento adecuado al problema que aqueja a la empresa, mediante pautas de trabajo y procedimientos. Para poder incorporar la planificación de esta tarea de mantenimiento en el sistema anual de la empresa.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVOS 2

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

CAPÍTULO 1: RECOPIRAR INFORMACIÓN HISTÓRICA DE LA EMPRESA 4

1.1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA 5

1.1.1. Alstom Transport 6

1.1.1. Historia de Alstom Chile S.A. 6

1.1.2. Historia de Alstom Chile S.A. Taller Limache 7

Misión corporativa 8

Visión corporativa 8

Valores corporativos 8

1.1.3. Ubicación 9

1.2 PRODUCTOS Y SERVICIOS 10

1.2.1 Fabricación de trenes 10

1.2.2 Servicios de mantenimiento 10

1.3 ÁREAS DE ALSTOM CHILE S.A. TALLER LIMACHE 11

1.3.1 Taller de gran revisión 11

1.3.3 Taller de mantenimiento correctivo 13

1.4 PLANIFICACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO DE ALSTOM
CHILE S.A. TALLER LIMACHE 14

1.5. PROBLEMÁTICA 14

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO CLIMA LRV 16

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL 17

2.1.1 Concepto de climatización 17

2.1.2 Aire húmedo 17

2.1.3 Humedad absoluta y relativa 17

2.1.4 Pureza y contaminación del aire 18

2.1.5 Condiciones de confort 18

2.1.6 Puntos básicos de condiciones de confort 19

2.1.7 Elementos básicos y funciones de un circuito de refrigeración 19

2.1.8 Diagrama de funcionamiento de aire acondicionado. 20

2.1.9 Refrigerante R22 21

2.2 DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA 22

2.2.1. Compresores de Espiral (Scroll) 23

2.2.2. Condensador 24

2.2.3. Ventiladores y motores del Condensador 24

2.2.4. Deshidratador 25

2.2.5.	Eliminadores de vibraciones	25
2.2.6.	Serpentín de Evaporador	26
2.2.7.	Ventilador del Evaporador	27
2.3.	FUNCIONAMIENTO	27
CAPITULO 3: ANALISIS Y PROCEDIMIENTOS CLIMA LRV		32
3.1	ISHIKAWA	33
3.1.1	Utilización de Ishikawa	33
3.2	ANÁLISIS SIPOC	34
3.3	MATRIZ DE CRITICIDAD	34
3.3.1	Criterios de evaluación	34
3.4	ÍNDICE DE JERARQUIZACIÓN	37
3.5	FMECA	37
3.6	TOMA DE DECISIÓN DE MANTENIMIENTO	38
3.7	ANÁLISIS DE CONSECUENCIA DE FALLAS	39
3.8	PROPUESTA PREVIA	43
3.8.1	Elaboración de la propuesta	44
3.8.2	Factores que pueden degradar el aceite	44
3.8.3	Fugas refrigerante	45
3.8.4	Ensayos para fugas	46
3.9	MANTENIMIENTO CLIMATIZACION	47
3.10	ELABORACIÓN DE PAUTAS Y CHECK LIST DE TRABAJO	47
49		
3.11.	PLANIFICACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO DE ALSTOM CHILE S.A. TALLER LIMACHE	51
3.12	ANÁLISIS ECONÓMICO	53
3.12.1	Cálculo de mano de obra en labores de inspección	53
3.12.2	Cálculo de mano de obra en labores de limpieza	54
3.12.3	Cálculo de mano de obra en labores de limpieza	54
3.12.4	Cálculo de Herramientas	54
3.12.5	Cálculo de Repuestos	55
3.12.6	Cálculo Total del Plan de Mantenimiento	55
CONCLUSIÓN		57
BIBLIOGRAFÍA		59
ANEXOS		61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Métodos de venta por región a la fecha 2015	6
Figura 1-1	Imagen corporativa Alstom S.A	8
Figura 1-2	Ubicación Alstom S.A, taller Limache	10
Figura 1 3	Taller Gran Revisión	12

Figura 1-4 Taller Pequeña Revisión	13
Figura 1-5 Proyección de mantenimiento en base a kilometraje.	14
Figura 2-1 Porcentajes composición de aire seco	17
Figura 2-2 Carta psicométrica rangos de confort	19
Figura 2-3 Ciclo básico de refrigeración	20
Figura 2-4 Comparación R22 y R 407 C	22
Figura 2-5 Dibujo técnico clima LRV	22
Figura 2-6 Compresores espiral Copeland en tándem	23
Figura 2-7 Compresor scroll vista en corte	23
Figura 2-8 Serpentín de cobre con aletas de aluminio	24
Figura 2-9 Motor y ventiladores del condensador	25
Figura 2-10 Filtro deshidratador	25
Figura 2-11 Eliminador de vibraciones flexible de acero	26
Figura 2-12 Válvula solenoide en tubería de líquido	26
Figura 2-13 Ventilador evaporador.	27
Figura 2-14 Esquema funcionamiento refrigeración clima LRV “manual funcionamiento Thermoking”	28
Figura 2-15 Esquema ciclo de climatización	29
Figura 2-16 Esquema de transferencia de gas de alta presión hacia los condensadores	29
Figura 2-17 Esquema ciclo de climatización desde el condensador hacia el evaporador.	31
Figura 3-1. Diagrama de Ishikawa	33
Figura 3-2. Análisis SIPOC	34
Figura 3-3. Análisis FMECA	37
Figura 3-4. Análisis de criticidad	38
Figura 3-5. Hoja de decisión RCM.	39
Figuro 3-6. Como se registran las consecuencias de falla en la hoja de decisión	40
Figura 3-7. Guía de evaluación de consecuencias de falla.	41
Figura 3-8. Criterios de factibilidad técnica.	42
Figura 3-9. Tabla toma de decisiones	43
Figura 3-10. Prueba de fugas con spray	46
Figura 3-11. Prueba de fugas detector infrarrojo	46
Figura 3-12. Pauta limpieza serpentines evaporador	48
Figura 3-13. Pauta reemplazo filtro-desecador	49
Figura 3-14. Pauta carga de refrigerante	50
Figura 3-15. Proyección de mantenimiento en base a kilometraje	51
Figura 3-16. Tareas de mantenimiento climatización	51
Figura 3-17. Tareas de mantenimiento Modulo de ventilación.	52
Figura 3-18. Tareas de mantenimiento bi caja X'trapolis 100.	52
Figura 3-19. Tareas de mantenimiento Motor ventilador.	52
Figura 3-20. Tareas de mantenimiento serpentines y ventiladores.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Valores corporativos	9
Tabla 3-1 Criterio de Frecuencia	35
Tabla 3-2 Criterio Costos.	35
Tabla 3-3. Impacto en Seguridad, ambiente e higiene	36
Tabla 3-4. Criterio Impacto Operacional	36
Tabla 3-5. Criterio Flexibilidad Operacional	36
Tabla 3-6 Valores Inspección.	53
Tabla 3-7 Valores Limpieza.	54
Tabla 3-8 Valores Reemplazo.	54
Tabla 3-9 Valores herramientas.	55
Tabla 3-10 Valores repuestos.	55
Tabla 3-11 Valor Total de mantenimiento.	56

SIGLAS

IC	:	Inspección correctiva
IM	:	Inspección mayor
IS	:	Inspección semanal
K	:	Kilometraje
Km/h	:	Kilómetros por hora
M	:	Metros
M2	:	Metros cuadrados
MC	:	Coche Motriz
Min	:	Minutos
Mm	:	Milímetros
Ms	:	Metros por segundo
SHA	:	Seguridad ocupacional
TCP	:	Coche remolque

INTRODUCCIÓN

La unidad de aire acondicionado LRV proporcionada por Thermo King Corporation es una unidad sellada montada en el techo del tren funciona con un control automático. Cada unidad LRV contiene dos compresores scroll que funcionan en tándem con un circuito refrigerante.

Se logra el enfriado aspirando aire interior del vagón a una cámara donde se mezcla con aire fresco, que llega por un conducto desde el final de la unidad. El aire mezclado pasa entonces a través del serpentín del evaporador donde se enfría y deshumidifica antes de entrar en los ventiladores. Los ventiladores impulsan el aire enfriado y lo descargan al interior del vagón.

En Alstom es de vital importancia el desarrollo de este proyecto debido a que la empresa no presenta estudios anteriores que le permitan diagnosticar si el equipo posee una adecuada limpieza para que el aire entregado sea de buena calidad para el cliente y no perjudique el prestigio de la empresa.

A partir de este trabajo de título, la empresa obtendrá información acerca del funcionamiento real del equipo que le permitirá tomar acciones correctivas si son necesarias. Estas acciones repercutirán considerablemente en la gestión del mantenimiento de la empresa. Con una correcta mantención lograra en el corto plazo distribuir de mejor la disponibilidad del equipo, y evitar fallas prematuras protegiendo de mejor manera sus componentes.

Por consiguiente, la empresa ALSTOM S.A, taller Limache, aprueba la realización del presente trabajo de título, con el objetivo de realizar un diagnóstico más detallado en un plan de mantenimiento para poder agregar a sus tareas la limpieza y mantención.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de un plan de mantenimiento en el sistema de climatización mediante herramientas de mantenimiento, evitando posibles fallas en el sistema. En Alstom Chile S.A, taller Limache.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Recopilar información y características técnicas de la empresa Alstom taller Limache, para el desarrollo del trabajo de título, por medio de manuales técnicos.

Identificar componentes y aplicaciones de la climatización, para la priorización de componentes, a través de una matriz de riesgo.

Generar procedimientos para la climatización mediante pautas de trabajo, que permitan prevenir posibles fallas en el sistema.

CAPÍTULO 1: RECOPIRAR INFORMACIÓN HISTORICA DE LA EMPRESA

1.1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

ALSTOM CHILE S.A es filial de la empresa francesa Alstom S.A., se dedica a la construcción de plantas hidroeléctricas. También ofrece equipos y sistemas de generación eléctrica, y servicios de transporte. La compañía se formó en 1999, cuando Alstom se fusionó con ABB para crear Alstom Chile S.A. En el segmento de transporte, Alstom ha sido el proveedor principal de Metro de Santiago, Metro de Valparaíso y Rancagua Express.

Como promotor de la movilidad sostenible, Alstom desarrolla y comercializa sistemas, equipos y servicios para el transporte ferroviario. Alstom gestiona la gama más completa de soluciones desde alta velocidad, metros y tranvías, incluyendo tanto los trenes, como los servicios de mantenimiento, equipos de infraestructuras y tecnologías de señalización. Alstom es, además, el líder mundial en sistemas ferroviarios integrados.

Alstom (conocida en sus orígenes como Alsthom) nació en 1928, fruto de la fusión de la Compagnie Française de Thomson-Houston y la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques

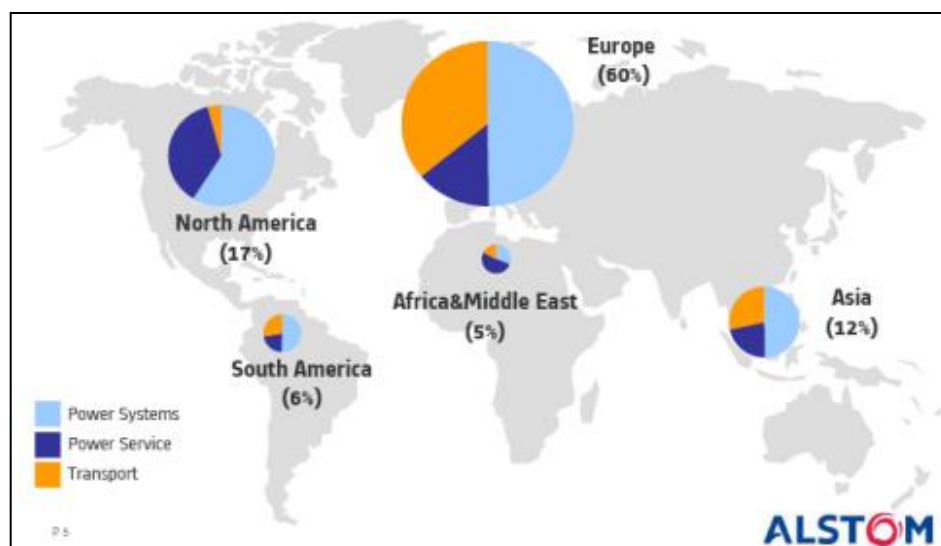
La compañía se convirtió en Alstom en 1998, manteniendo este nombre en la actualidad. Ya en 2015, Alstom contaba con 4 sectores de negocio diferentes: Power, Grid, Renovables y Transporte. En 2015, Alstom vendió su negocio energético a General Electric y ahora está totalmente centrado en el transporte ferroviario. Además, en esa misma transacción, Alstom adquirió el negocio de señalización de General Electric (GE).

Alstom ha definido un objetivo claro: ser el socio de referencia de ciudades, países y operadores, proporcionando una respuesta a sus necesidades de movilidad. Esto significa ser un actor clave en todas las regiones del mundo y en todos los segmentos del mercado.

Alstom se divide en 3 áreas: (véase figura 1-1)

- Alstom Power Systems
- Alstom Power Service
- Alstom Transport

Con la siguiente repartición geográfica:



Fuente: Alstom Chile S.A.

Figura 1-1. Métodos de venta por región a la fecha 2015

Alstom Power realiza la venta, puesta en marcha, mantenimiento, y la modernización de centrales eléctricas. Provee turbinas hidráulicas, a gas y vapor, así como también provee calderas, alternadores, sistemas de control y sistemas de reducción de emisiones.

Alstom Transport diseña, fabrica, provee y realiza la mantención de productos ferroviarios. Provee también servicios y sistemas para empresas ferroviarias.

1.1.1. Alstom Transport

El negocio de ALSTOM Transport consta en la venta de material rodante, el mantenimiento, la modernización de los equipos, la gestión de la cadena logística de piezas, la gestión de documentación, la dirección de proyectos, la capacitación del cliente y la asesoría técnica respectivamente.

Cuenta con 32 sitios de producción en Bélgica, Brasil, Canadá, China, Alemania, Italia, Francia, Polonia, Países bajos, Reino Unido, España, Estados Unidos.

1.1.1. Historia de Alstom Chile S.A.

Alstom se ha consolidado en Chile a través de los años; Fue en 1952 cuando el sector Power de esta multinacional logro adjudicar el primer proyecto en territorio nacional, con turbinas para la generación eléctrica. Actualmente este sector presenta diversos proyectos energéticos tales como la central hidroeléctrica de Endesa en Ralco, la central a Gas de Ciclo Combinado de Colbún en Nehuenco, y la de Electroandina en Tocopilla.

El sector Transport se posicionó en Chile con su llegada al Metro de Santiago en 1975, siendo el principal proveedor de trenes, electrificación, sistemas de señalización y sistemas de mantenimiento a este mismo.

El desarrollo económico de Chile en las últimas dos décadas ha aumentado la necesidad de infraestructura de transporte ferroviario urbano, interurbano y de carga. Alstom tiene la experticia en estas tres áreas, adjudicándose diversos proyectos, y contando actualmente con 6 talleres operacionales y alrededor de 400 empleados entre los cuales se encuentra:

- Mantenimiento de trenes AS02 para la Línea 4 del Metro de Santiago, (Puente Alto)
- Mantenimiento de trenes NS04, Instalación de IGBT en NS93 de la flota de la Línea 1, accesorios de carros nuevos NS16 245 y T&C, (Neptuno)
- Mantenimiento completo de trenes X'Trapolis Modular para Rancagua Xpress, (San Eugenio)
- Mantenimiento de trenes NS04, (Lo Ovalle)
- Mantenimiento de señalización y de trenes X'Trapolis y X'Trapolis Modular para Merval, (Limache)

1.1.2. Historia de Alstom Chile S.A. Taller Limache

Se sitúa en Limache con el comienzo del Proyecto IV Etapa de Merval (2005), con 27 Equipos X'Trapolis, fabricados y diseñados en Francia.

Este servicio hoy ofrece menores tiempos de viaje, altos estándares de seguridad y eficiencia uniendo las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana y Limache, convirtiéndose en el principal eje de transporte público de la región.

Actualmente Alstom Chile, Taller Limache es responsable del mantenimiento de 27 carros X'Trapolis 100 y 8 modelos de carro X'Trapolis Modular, esto hasta el año 2035, cuando se vuelva a licitar el proyecto de mantenimiento por parte la empresa propietaria del material rodante, Metro de Valparaíso.

A continuación, en la figura 1-1 se presenta el logo característico de la empresa:



Fuente: www.alstom.com

Figura 1-2 Imagen corporativa Alstom S.A

Misión corporativa

Entregar a los usuarios un servicio público de transporte integrado de pasajeros, mediante un sistema eficiente y confiable, que contribuya a mejorar la movilidad en la conurbación del Gran Valparaíso y la calidad de vida de sus habitantes.

Visión corporativa





ALSTOM, Ser el articulador del sistema integrado de transporte público de la conurbación del Gran Valparaíso.

Ser reconocido a nivel nacional por su servicio de excelencia.

Valores corporativos

ALSTOM S.A considera que el trabajo enfrenta todo tipo de desafíos. Donde se debe garantizar un alto nivel de seguridad y preservando al mismo tiempo el medio ambiente, proporcionamos una escucha y una comprensión completa de las necesidades de nuestros clientes. Un enfoque constante en sus expectativas, combinado con soluciones que realmente sirven. Es por ello que los siguientes 4 valores corporativos conforman el plan de acción de su modo de trabajo:

Tabla 1-1 Valores corporativos

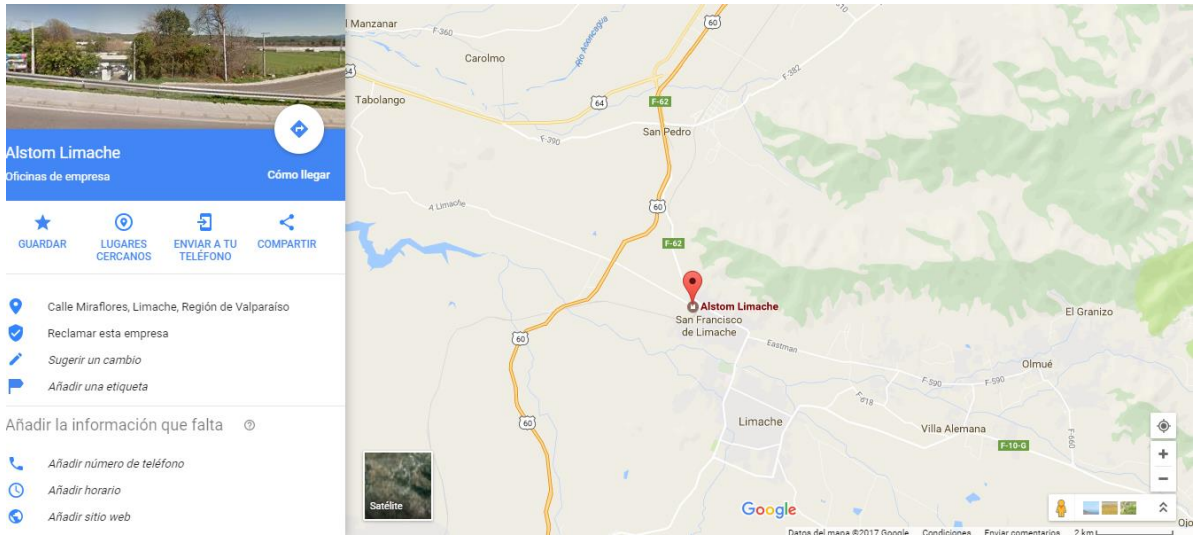
 <p>SEGURIDAD</p>	<p>Para Alstom S.A, el bienestar de sus clientes y contratistas es prioridad. Por eso, el cuidado, la protección y la formación vinculada al control de riesgos está presente en todas las acciones de la compañía.</p>
 <p>EXCELENCIA</p>	<p>Alstom busca hacer las cosas siempre mejor, perfeccionar continuamente, estimular las conductas ejemplares, y desarrollar mejores estándares de calidad, innovación y eficiencia.</p>
 <p>HONESTIDAD</p>	<p>Alstom es una empresa honesta, solidaria y transparente, que respeta a las personas, instituciones y a la comunidad. Además, cree y valora la comunicación abierta y directa con sus clientes.</p>
 <p>COMPROMISO</p>	<p>Los clientes de Alstom toman los desafíos como propios, haciendo suyas las metas de la empresa, manteniendo altos estándares, valorando el cuidado del medio ambiente y de las comunidades, el propio cuidado de las maquinarias y estaciones.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en la memoria anual Alstom S.A 2016

1.1.3. Ubicación

Alstom presenta operaciones en más de 60 países diferentes, en los 5 continentes, siendo una de las empresas líderes en desarrollo ya sea en transporte o generación eléctrica, por lo tanto, Alstom S.A. y su área de negocio relacionada al transporte, es clasificada como una empresa multinacional, posicionada como una compañía de clase mundial. En Chile esta compañía se hace presente en diferentes ciudades como: Valparaíso y Santiago, en esta última es donde se encuentran la mayor cantidad de talleres, además de su casa matriz, ubicada en la comuna de Las Condes.

El taller se encuentra ubicado en la comuna de Limache, perteneciente a la Provincia de Quillota, de la Región de Valparaíso, Chile. El taller está ubicado a 74 kilómetros de Santiago y a 33 kilómetros de Valparaíso. (véase figura 1-2)



Fuente: Elaboración propia, S.A, taller Limache

Figura 1-3 Ubicación Alstom S.A, taller Limache

1.2 PRODUCTOS Y SERVICIOS

Alstom Transport es un proveedor global de soluciones, equipos y servicios para el transporte ferroviario de pasajeros.

Sus principales productos y servicios son:

1.2.1 Fabricación de trenes

- Muy alta velocidad: TGV, TGV Dúplex y AGV
- Alta velocidad: Pendolino
- Locomotoras: Prima
- Trenes regionales: Coradia
- Trenes de cercanías: X'Trúpolis
- Trenes-tranvía: Citadis Dualis
- Metros: Alstom Metrópolis.

1.2.2 Servicios de mantenimiento

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Preventivo
- Overhauls (mantenimiento mayor)

1.3 ÁREAS DE ALSTOM CHILE S.A. TALLER LIMACHE

Alstom Chile Taller Limache está compuesto principalmente de tres áreas donde se desarrollan diversas tareas de mantenimiento a diferentes partes de los trenes pertenecientes a la flota de Merval.

Las áreas se dividen en:

- Taller gran revisión
- Taller pequeña revisión
- Taller de mantenimiento correctivo

1.3.1 Taller de gran revisión

En esta área se desarrollan todas aquellas tareas de mantenimiento de mayor envergadura (Overhauls), las cuales se ejecutan una vez que se cumpla el kilometraje estipulado previamente en la programación de los trabajos de mantenimiento. En este taller se aparcan todos los trenes que necesitan la mantención adecuada según los kilometrajes recorridos, ya que de esta manera se puede controlar cuanto tiempo de desgaste tienen los componentes del tren.

Además, es el taller con la mayor cantidad de espacio, consta de 4 vías donde se pueden aparcar los trenes que van a hacer intervenidos (véase figura 1.3), dentro del taller hay gatas hidráulicas las cuales permiten el levantamiento del tren para poder trabajar debajo de este con total seguridad, ya que varios componentes se encuentran en los boguies. Se hacen varios tipos de trabajos como el cambio de motores eléctricos, cambio de boguies, decalado y calado de ruedas, reparación de vidrios, etc.

El sistema de climatización se encuentra en el techo del tren por lo cual en este taller se realiza el cambio de motores de evaporador y condensador, también se examinan visualmente los componentes para localizar alguna avería o síntoma que pueda arrojar una futura falla. Si es necesario se puede desmontar el cuerpo completo ya que existe un elevador a través de todo el taller, esto se realiza cuando se necesita hacer un mantenimiento completo a la climatización ya que afuera existe un stock completo ya mantenido para cualquier emergencia.

Esta infraestructura se denomina la etapa más importante dentro del taller de Limache ya que se realizan las tareas más complejas y de vital importancia para que el tren pueda salir a recorrido sin fallas y de esta manera asegurar un viaje seguro a los clientes de Merval, por eso consta de una infraestructura amplia, que cada vez se va mejorando día a día en su modernización.



Fuente: Elaboración propia fotografía tomada al momento de cursar práctica profesional

Figura 1-4 Taller Gran Revisión

1.3.2 Taller de pequeña revisión

En esta área se ejecutan todos los mantenimientos de menor envergadura, que van principalmente ligados a la estructura interna de este y tareas rutinarias como limpieza, lubricación y cambios de ciertas piezas mecánicas del tren (filtros, accesorios de salón de pasajeros, pastillas de freno, etc.). También se realizan pruebas eléctricas en la vía principal de este taller para verificar el correcto funcionamiento del tren.

Este taller es el primero en donde se hacen pruebas antes y después de cualquier mantención que se realicen en las instalaciones de Alstom, ya que posee líneas energizadas las cuales pueden simular algunas pruebas donde pasaría lo mismo si estuviera el tren en servicio. Se verifican las cargas de voltajes que se obtienen al energizar el tren, para que no ocurran sobrecargas en el sistema, que pudieran dañar los componentes sensibles y principales.

Consta de 2 líneas la primera es donde se puede energizar el tren y la segunda la cual es una vía secundaria para revisiones periódicas y rutinarias (véase figura 1-4). Estas vías constan de pozos en su interior para permitir un mejor acceso por debajo del tren en donde se encuentran los boguies y conexiones de frenos. Además, por los costados se encuentran todas las cajas de seguridad, donde se conecta la computadora para obtener los datos obtenidos después de cada trayecto.

Además, se realizan pruebas neumáticas en las vías de este taller para verificar una correcta presión en el sistema, ya que la mayoría de los componentes como válvulas, acoples, frenos, amortiguadores etc., son accionados por aire comprimido.



Fuente: Elaboración propia fotografía tomada al momento de cursar práctica profesional

Figura 1-5 Taller Pequeña Revisión

1.3.3 Taller de mantenimiento correctivo

Esta área es la encargada de solucionar todo tipo de inconvenientes que se presenten durante el funcionamiento del tren, ya que se necesita siempre tener el tren operativo. Aquí se encuentran los técnicos con mayor conocimiento del tren ya que conocen las averías comunes que se producen, además de tener la experiencia necesaria para ayudar a los demás talleres en apoyo cuando ocurren fallas potenciales que puedan inhabilitar el funcionamiento o una parada prolongada del activo.

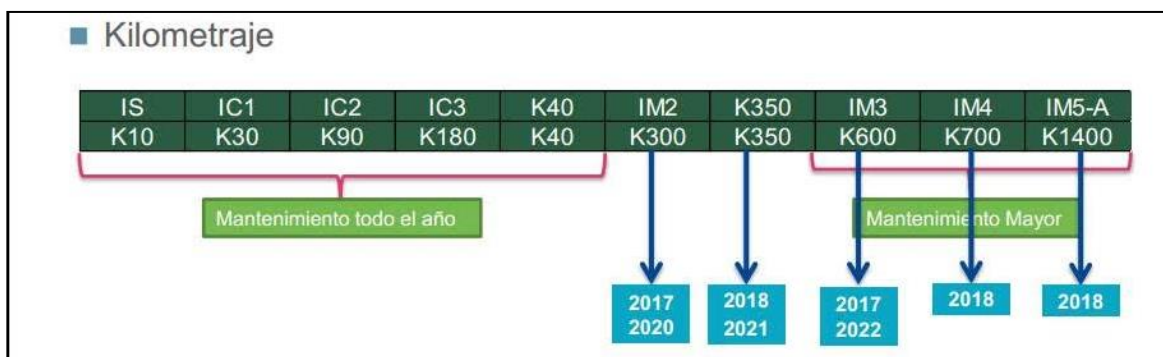
No posee un taller como la GR o PR, los trabajos planificados se realizan dentro de las oficinas donde se encuentra un pequeño panel la cual está adaptada para poder intervenir equipos electrónicos u eléctricos, tales como puertas, botoneras, motores eléctricos, etc.

Sus trabajos de mayor intervención se realizan en las vías 5 y 6 de las instalaciones, donde con los elementos de seguridad adecuados tales como casco, gafas, silbato, bototos de seguridad, etc. Los técnicos de esta área son los únicos capacitados y responsables de movilizar los trenes hacia los talleres, ya que conocen la conducción de estos.

Cuando ocurre una emergencia este taller tiene la obligación de ser el primero en actuar, ya que poseen las habilidades y herramientas necesarias para solucionar la gran mayoría de averías que se presentan día a día en los trenes. Aquí se hacen la mayor parte de revisiones periódicas para evitar una avería en servicio.

1.4 PLANIFICACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO DE ALSTOM CHILE S.A. TALLER LIMACHE

Alstom Chile Taller Limache planifica todas sus tareas de mantenimiento en base a un estricto seguimiento vía kilometraje individual de cada uno de los trenes que compone su flota. Las tareas de mantenimiento (sean mayores o menores) están definidas por rangos según el kilometraje que vaya cumpliendo el tren y a su vez, se estiman y proyectan las fechas en que los próximos mantenimientos se llevaran a cabo. Estos datos son recopilados mediante una computadora que se conecta a la memoria de cada tren.



Fuente: Departamento de ingeniería Alstom Taller Limache

Figura 1-6 Proyección de mantenimiento en base a kilometraje.

1.5. PROBLEMÁTICA

Alstom Chile S.A en el marco del transporte es el único proveedor del Metro de Valparaíso, por lo que la empresa trabaja los 365 días del año, por consiguiente, las mantenciones deben ser realizadas de la mejor manera para poder entregar un correcto servicio.

La empresa posee la infraestructura y las herramientas necesarias para poder realizar en gran cantidad sus mantenciones previamente calculadas según el kilometraje recorrido por cada tren.

Pese a esto en el ámbito de la climatización no hay un estudio o análisis más avanzado, ya que la empresa presenta pocas fallas en este componente del tren, pero es de vital importancia para poder entregar un servicio de confort y seguridad. Hoy en día los principales mantenimientos que se ejecutan son revisiones visuales y algunas pruebas de aislación sobre los componentes que componen el circuito de refrigerante y eléctrico, por lo que realizar un estudio más avanzado acerca de la mantención de este, puede traer un mejor rendimiento y así prestar un mejor servicio hacia la comunidad de metro Valparaíso.

Un problema que puede afectar la comodidad de las personas es que la climatización no funcione cuando se requiera, por esto Alstom necesita un estudio de cómo realizar un mantenimiento rápido y adecuado al sistema de refrigeración. Los objetivos planteados se enfocarán en la limpieza, para que no ocurran problemas en los componentes del ciclo de refrigeración y de esta manera se pueden producir fugas en el sistema, ya que, si ocurren, la climatización no funcionará correctamente.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO CLIMA LRV

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1.1 Concepto de climatización

La climatización es un proceso de tratamiento del aire que se efectúa a lo largo de todo el año, controlando en los espacios interiores la temperatura, la humedad, la pureza del aire, para crear condiciones adecuadas para la comodidad del usuario y lograr el intercambio de aire a los espacios que no pueden ser ventilados de manera natural o que requieran condiciones especiales de temperatura controlada.

Los sistemas de aire acondicionado extraen el calor de la estancia utilizando gases refrigerantes en un ciclo de refrigeración. Es un sistema utilizado para controlar la temperatura en un espacio, las ventajas son varias, control de temperatura, control de salida de aire, eliminación de la humedad del ambiente, la circulación y limpieza de aire.

2.1.2 Aire húmedo

La superficie de la tierra está rodeada por una capa de aire llamada la atmósfera, o aire atmosférico. Desde el punto de vista de la psicrometría, la atmósfera inferior, o homosfera, es una mezcla de Aire seco (incluyendo varios contaminantes) y vapor de agua, (véase en la figura 2-1) a menudo conocido como aire húmedo. La composición del aire seco es comparativamente estable. Varía ligeramente según la ubicación geográfica ubicación y de vez en cuando.

Gas	%
Nitrógeno	78,78
Oxígeno	20,95
Argón	0,93
Dióxido de carbono	0,03
Otros gases como neón, dióxido de azufre, etc.	0,01

Fuente: Psicometría, Mantenimiento refrigeración, Ing. Alejandro Badilla

Figura 2-1 Porcentajes composición de aire seco

2.1.3 Humedad absoluta y relativa

Se llama humedad absoluta a la cantidad de vapor de agua (generalmente medida en gramos) por unidad de volumen de aire ambiente (medido en metros cúbicos).

La humedad relativa es la unidad que contiene una masa de aire en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y de presión atmosférica.

2.1.4 Pureza y contaminación del aire

La pureza o calidad del aire es controlada mediante la eliminación de partículas contaminantes, de polvo, gérmenes y olores indeseables por medio de filtros u otros dispositivos purificadores.

El aire del ambiente contiene millones de partículas de polvo, polen, humo, vapores y químicos; sus partículas son demasiado pequeñas por lo tanto los sistemas de aire acondicionado cuentan con los filtros necesarios para retener dichas partículas generando la importancia de la limpieza del aire para la salud y para mantener el confort del servicio brindado.

La calidad de aire interior es importante en los espacios cerrados dedicados a transporte puesto que en muchos casos es el origen de problemas de salud y falta de bienestar para los clientes, ocupantes de los mismos. Ello es debido a la existencia de posibles factores de riesgo, como un inadecuado ambiente térmico y una deficiente ventilación.

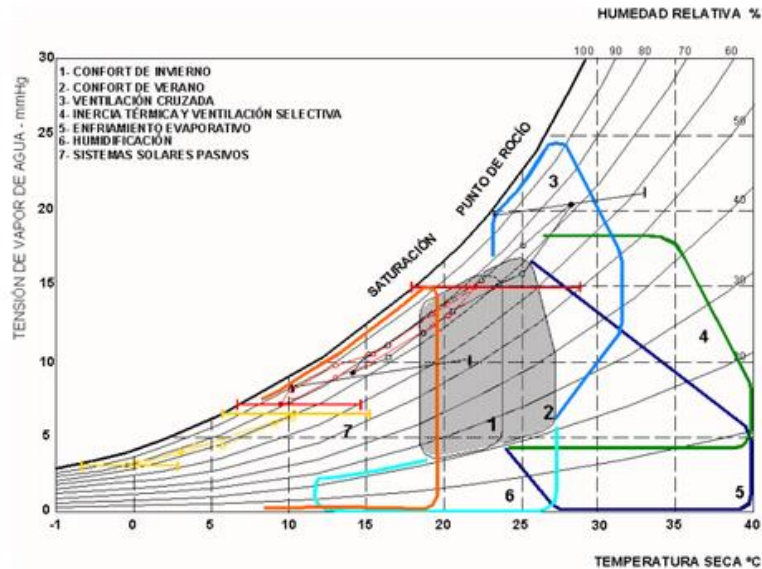
Unas buenas condiciones climáticas resultan importantes para prevenir daños en la salud de los clientes y constituyen un factor que influye directamente en el bienestar y en la preferencia del servicio brindado.

2.1.5 Condiciones de confort

La causa del problema de confort no radica en el termostato, sino en la posición con respecto a los difusores de aire y en la velocidad de salida del mismo. El termostato en verano se debe situar entre 23 y 26 °C. La solución al problema es regular el termostato entre los 23 y 26 °C, disminuir la velocidad de salida del aire, con lo que se evita el chorro de aire frío. Un aspecto muy importante es mantener la humedad relativa entre el 45% - 65% para que no se acentúe el agobio de calor por una excesiva humedad.

En invierno, los principales problemas que pueden tener los pasajeros es el disconfort por la sensación de frío dentro del vagón, dolores de cabeza, orejas y nariz helada, picazón. La solución al problema no es aumentar el termostato ya que eso agudiza los problemas de dolores de cabeza al reseca el ambiente, aire caliente.

Para una situación de confort se debe colocar el termostato entre 20 y 24 °C. Aumentar la velocidad del flujo de salida del aire para que este llegue al suelo y no se quede en el techo, y mantener una humedad relativa entre 45- 65% para que no exista sequedad en el ambiente. (ver figura 2-2)



Fuente: Manual Thermoking, Capítulo Psicometría

Figura 2-2 Carta psicométrica rangos de confort

2.1.6 Puntos básicos de condiciones de confort

Verano

- La temperatura operativa debe mantenerse entre los 23 °C y los 26 °C
- El límite de velocidad de las corrientes de aire acondicionado será de 0.25 m/s.
- La humedad relativa debe permanecer entre el 30% y el 70% (más favorable entre 45% y 65%).
- Correcto mantenimiento y limpieza de los sistemas de ventilación y climatización.

Invierno

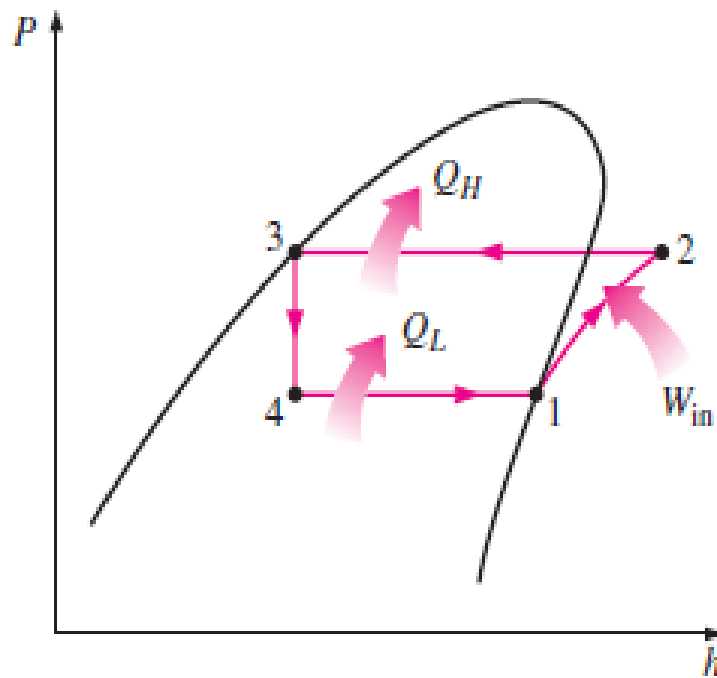
- La temperatura operativa debe mantenerse entre los 20 °C y los 24 °C
- El límite de velocidad de las corrientes de aire acondicionado será de 0.25 m/s
- La humedad relativa debe permanecer entre el 30% y el 70% (más favorable entre 45% y 65%).
- Correcto mantenimiento y limpieza de los sistemas de ventilación y climatización.

2.1.7 Elementos básicos y funciones de un circuito de refrigeración

Los sistemas de aire acondicionado requieren de componentes fundamentales, comunes en los diferentes equipos, y que son los encargados de la producción de frío e impulsión de aire. A pesar de tener en común estos componentes cada tipo tiene sus características específicas.

Los sistemas de aire acondicionado constan de cuatro elementos básicos principales (véase figura 2-3):

- Compresor (1-2)
- Condensador (2-3)
- Válvula de expansión (3-4)
- Evaporador (4-1)



Fuente: Mantenimiento sistemas de aire acondicionado. Universidad Técnica Federico Santa María, Viña del Mar

Figura 2-3 Ciclo básico de refrigeración

2.1.8 Diagrama de funcionamiento de aire acondicionado.

El refrigerante se encuentra en estado líquido a baja presión y temperatura, evaporándose por acción del calor extraído del lugar a acondicionar, en un serpentín denominado evaporador mediante la extracción de aire del interior más caliente.

Luego, en estado de vapor se succiona y comprime mediante un compresor aumentando su presión y su temperatura, condensándose en un serpentín denominado condensador mediante la cesión de calor al aire exterior más frío.

De esa manera, el refrigerante en estado líquido a alta presión y temperatura vuelve al evaporador mediante una válvula de expansión, que origina una brusca reducción de presión, provocando vaporización del líquido que reduce su temperatura y suministrando aire a menor temperatura al espacio a ser acondicionado.

2.1.9 Refrigerante R22

En el ciclo de refrigeración de un equipo de aire acondicionado, circulan gases refrigerantes que sirven para reducir o mantener la temperatura de un ambiente por debajo de la temperatura del entorno (para ello se debe extraer calor del espacio y transferirlo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior a la del espacio refrigerado, todo esto lo hace el refrigerante) que pasa por diversos estados o condiciones.

Los problemas provocados por CFC están unidos al hecho de que contienen componentes de cloro (Cl), que son responsable de la destrucción del ozono (O₃). El Protocolo de Montreal, acuerdo internacional para la protección de la capa de ozono, especificó en sus directivas, primero la eliminación de los clorofluorocarbonos (CFC) de mayor contenido en cloro y ahora, la retirada gradual de los HCFC (hidroclorofluorocarbonos).

El refrigerante R22, que es un HCFC, era hasta hace poco el gas refrigerante más utilizado en el sector del aire acondicionado, tanto para instalaciones de tipo industrial como domésticas. Actualmente se prohíbe su uso en equipos e instalaciones de nueva fabricación. El R-22 ha sido sustituido por el R407C y por el R410A, los sustitutos cumplen ciertas características:

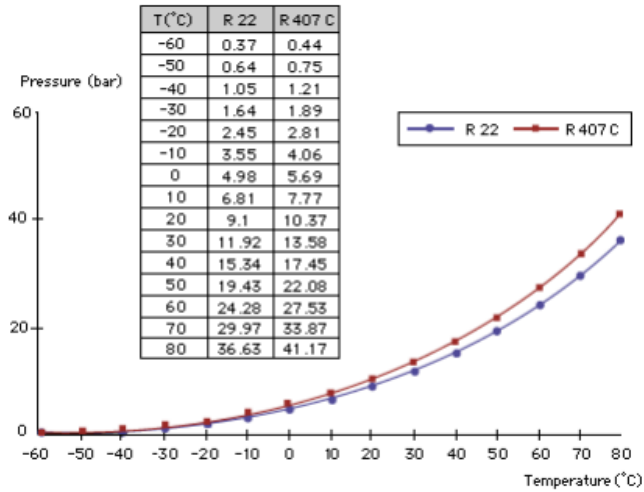
- No dañan la capa de ozono
- Tienen bajo efecto invernadero
- No son tóxicos ni inflamables
- Son estables en condiciones normales de presión y temperatura
- Son eficientes energéticamente

R407C

Es un refrigerante libre de cloro (sin CFC's ni HCFC's) y por lo tanto no produce ningún daño a la capa de ozono y su uso no está sujeto a ningún proceso de retirada. Posee propiedades termodinámicas muy similares al R-22.

A diferencia del R-410A, es una mezcla de tres gases R-32, R-125 y R-134A. Si se necesita reemplazar un componente frigorífico o se produce una rotura de uno de ellos, el sistema se debe purgar completamente. Una vez reparado el circuito y probada su estanqueidad, se rellenará de nuevo, cargando refrigerante con la composición original.

Este refrigerante es compatible con sistemas de aire acondicionado que funcionan con R-22 para hacer la transición a este nuevo refrigerante debe ser cambiada la válvula de expansión para ser utilizado.



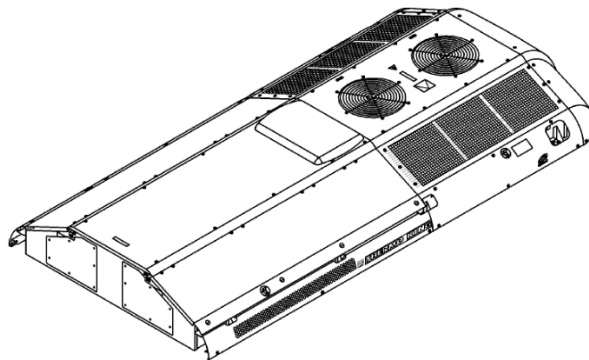
Fuente: www.gymelectric.com

Figura 2-4 Comparación R22 y R 407 C

2.2 DESCRIPCION ESPECÍFICA

La unidad de aire acondicionado LRV proporcionada por Thermo King Corporation para el Vehículo Ferroviario Liviano es una unidad sellada (véase figura 2-5), que se monta en el techo, que tiene un control automático y está herméticamente sellada. Cada unidad contiene dos compresores de espiral (scroll) que funcionan en tándem en el mismo circuito refrigerante.

Se logra el enfriado aspirando aire de retorno del interior del vagón a una cámara donde se mezcla con aire fresco que llega por un conducto desde el final de la unidad. El aire mezclado pasa entonces a través del serpentín del evaporador donde se enfría y deshumidifica antes de entrar en los ventiladores. Los ventiladores presurizan el aire enfriado y lo descargan afuera de la parte inferior de la unidad adentro de los conductos de distribución del vehículo.



Fuente: Manual de funcionamiento Thermoking

Figura 2-5 Dibujo técnico clima LRV

2.2.1. Compresores de Espiral (Scroll)

La unidad LRV está equipada con dos compresores Copeland de espiral totalmente herméticos (véase figura 2-6 y 2-7). Los compresores están montados en tándem en el extremo del condensador de la unidad, junto al serpentín del condensador. Al utilizar montajes elásticos y una base de montaje de una sola pieza, se puede extraer fácilmente de la unidad el montaje de ambos compresores.



Fuente: Imagen propia tomada en taller Alstom Limache

Figura 2-6 Compresores espiral Copeland en tándem



Fuente: www.emersonclimate.com

Figura 2-7 Compresor scroll vista en corte

2.2.2. Condensador

Cada LRV contiene dos montajes condensador de tubo de cobre con aletas onduladas de aluminio (véase figura 2-8) que se montan juntos a los ventiladores y motores del condensador.

Los compresores descargan el gas refrigerante presurizado adentro de los serpentines del condensador para la fase de condensación del ciclo de refrigeración. Se aspira el aire a través de los serpentines mediante dos ventiladores de tipo de hélice. El gas refrigerante se condensa en el serpentín del condensador devolviendo el refrigerante al estado líquido. Un serpentín de condensador también incluye un circuito de subenfriado que baja la temperatura del refrigerante líquido antes de que ingrese en la válvula de expansión del serpentín del evaporador.



Fuente: Imagen propia tomada en taller Alstom Limache

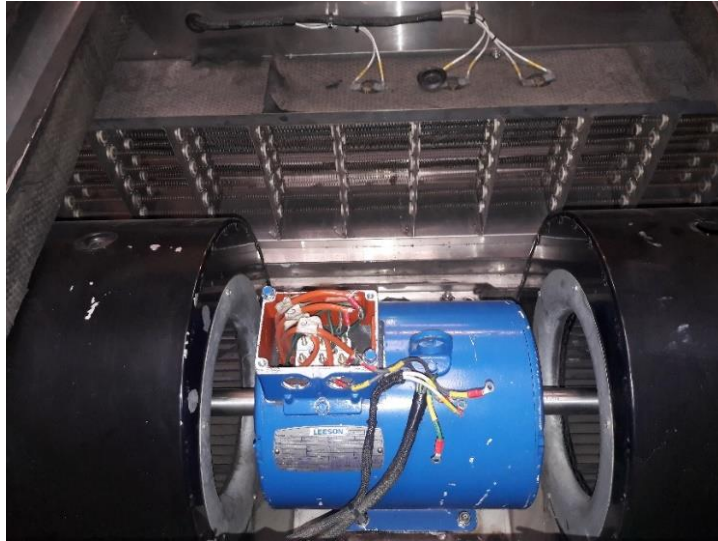
Figura 2-8 Serpentín de cobre con aletas de aluminio

2.2.3. Ventiladores y motores del Condensador

Cada LRV contiene dos montajes de ventilador de condensador y de motor. Instalados entre los serpentines del condensador, los ventiladores están diseñados para aspirar aire fresco a través de los serpentines del condensador. Las dos rejillas montadas en el lado del condensador disminuyen la contaminación alojada en los serpentines.

Todas las paletas del ventilador están centradas en un anillo de entrada (véase figura 2-9). Dos rejillas de salida del condensador, montadas en el centro del condensador, evitan el contacto de objetos con las paletas del ventilador.

Los motores de ventilador condensador tienen rodamientos permanentemente sellados, protección contra sobre-temperatura, protección contra condiciones tropicales (hongos y humedad) y una caja de empalmes independiente.



Fuente: Imagen propia tomada en taller Alstom Limache

Figura 2-9 Motor y ventiladores del condensador

2.2.4. Deshidratador

El deshidratador (filtro-desecador) es una unidad de tipo de cartucho situada al lado del serpentín del evaporador. El deshidratador extrae todas las partículas o suciedad existentes en el refrigerante y retiene la humedad existente en el sistema de refrigeración (véase figura 2-10).



Fuente: Manual técnico Emerson Climate

Figura 2-10 Filtro deshidratador

2.2.5. Eliminadores de vibraciones

La tubería de aspiración y la de descarga contienen eliminadores de vibraciones en línea. Los eliminadores de vibraciones, contruidos de manguera flexible de acero inoxidable (véase figura 2-11) eliminan la vibración y el ruido que normalmente producen

la mayoría de los dispositivos mecánicos importantes y que se transmite a través de las tuberías de refrigerante a componentes más sensibles.



Fuente: Imagen propia tomada en taller Alstom Limache

Figura 2-11 Eliminador de vibraciones flexible de acero

2.2.6. Serpentín de Evaporador

La unidad contiene un serpentín de evaporador que es un tubo de cobre, con aletas onduladas de aluminio, que se monta arriba de la abertura del aire de retorno en la sección del evaporador. Se cierra la válvula de solenoide de la tubería de líquido para aislar la carga de refrigerante en el tanque receptor y el serpentín del condensador (véase figura 2-12) durante el cierre del sistema y se vuelve a abrir antes de la puesta en marcha del sistema.



Fuente: Imagen propia tomada en taller Alstom Limache

Figura 2-12 Válvula solenoide en tubería de líquido

2.2.7. Ventilador del Evaporador

El montaje de evaporador del ventilador consiste en dos alojamientos en el compresor de espiral, dos poleas y un motor de ventilador que descarga el aire adentro de los conductos de suministro de aire del vehículo. El motor ventilador del condensador tiene cojinetes de bolas permanentemente sellados, protección contra sobre-temperatura, protección contra condiciones tropicales (hongos y humedad) y una caja de empalmes.

Las poleas del ventilador están montadas en un cubo sobre un eje de motor con chavetero del ventilador. Las flechas de giro situadas en los alojamientos de ventilador indican el sentido de giro del ventilador. (véase en la figura 2-13)

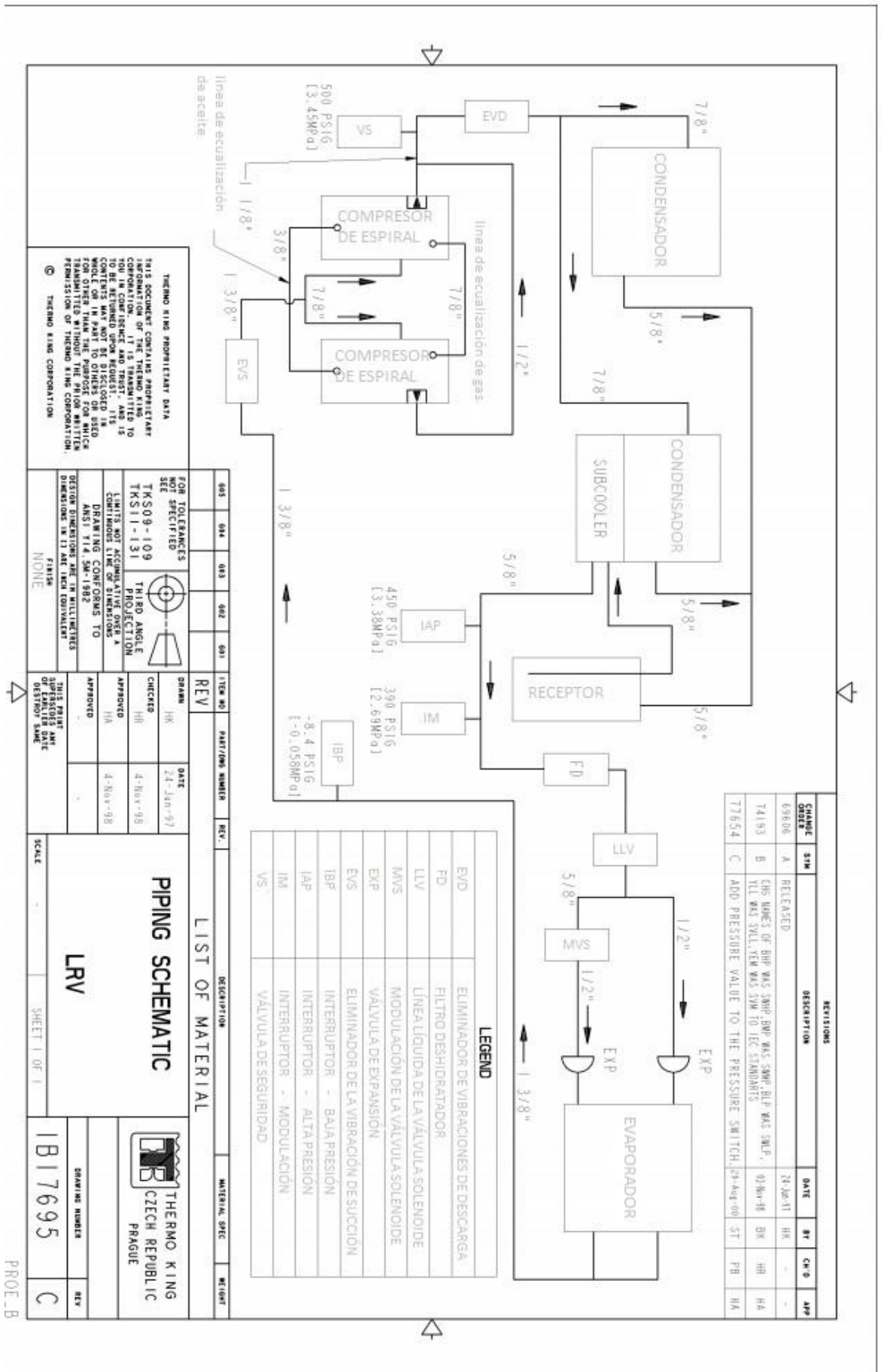


Fuente: Manual técnico Emerson climate

Figura 2-13 Ventilador evaporador.

2.3. FUNCIONAMIENTO

Esquema funcionamiento

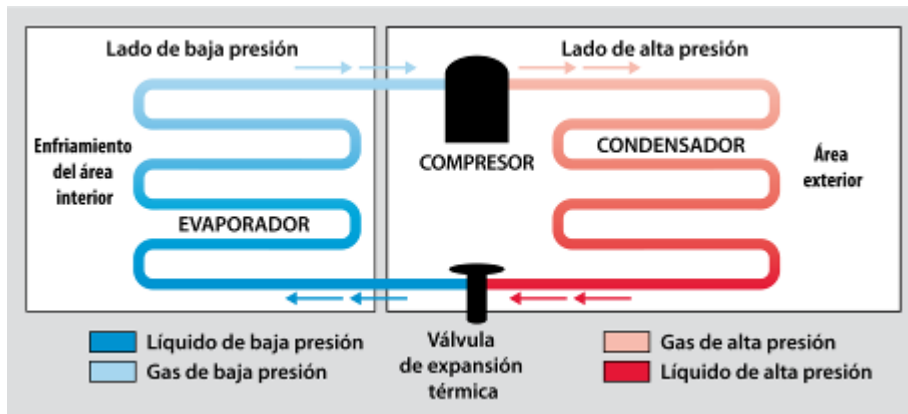


Fuente: Manual de funcionamiento Thermoking

Figura 2-14 Esquema funcionamiento refrigeración clima LRV “manual funcionamiento Thermoking”, 2005.

Explicación esquema de refrigeración

El sistema de refrigerante hace circular refrigerante R-407C entre los serpentines del evaporador y del condensador para proporcionar las presiones necesarias. Se extrae el aire del interior de los vagones los cuales pasan a través de los serpentines del evaporador, mediante un ventilador forzado, el refrigerante absorbe el calor (un líquido a baja presión y de baja temperatura) en el serpentín a medida que se evapora. A medida que se evapora el refrigerante, se forma un vapor a baja presión y de baja temperatura, cargado de calor. IBP (un interruptor de baja presión es el encargado de mandar una señal si no se cumple la presión de succión) De esta manera, se transfiere el calor del aire al refrigerante. Se fuerza el aire acondicionado adentro de los conductos para distribuirlo a través del sistema. Antes de entrar a los compresores existe un eliminador de vibraciones (EVS) el cual se encarga de eliminar el ruido y vibraciones que se producen dentro de las tuberías, para que no afecten a los componentes sensibles del sistema.



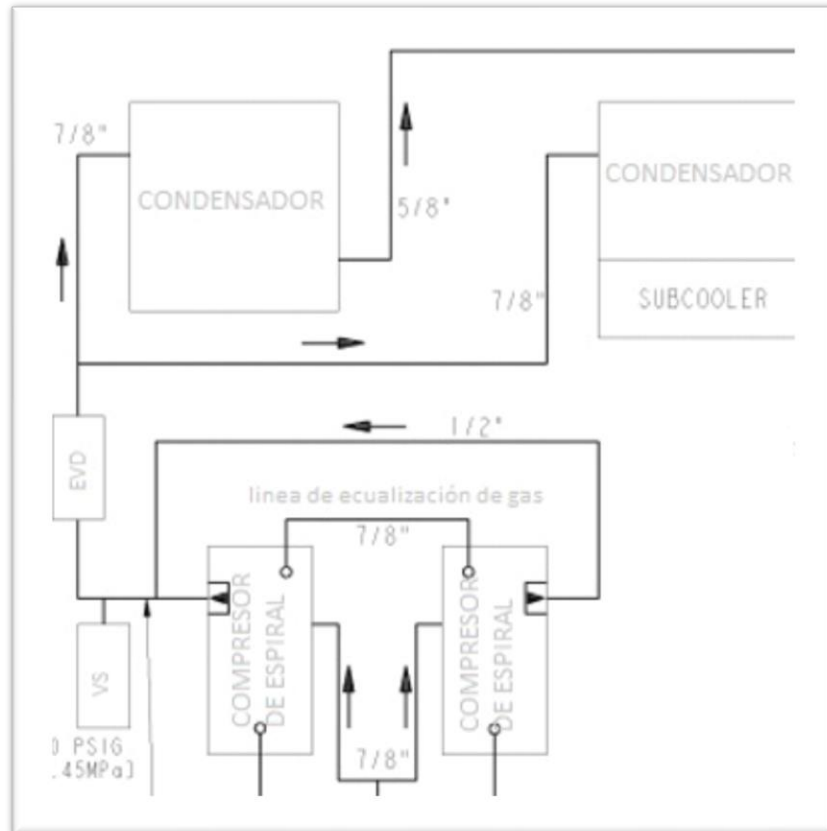
Fuente: www.carpasterra.com

Figura 2-15 Esquema ciclo de climatización

Los dos compresores absorben de manera continua el vapor cargado de calor del evaporador. A medida que se comprime el vapor, aumenta su presión, transformándolo en vapor a alta presión y de alta temperatura. Esto eleva la temperatura del vapor y la presión para facilitar la transferencia de calor al aire ambiente y establecer una temperatura de condensación. Existe una válvula de seguridad (VS) la cual está instalada en la tubería de descarga del compresor para evitar la excesiva acumulación de presión dentro del sistema de refrigeración ante circunstancias extraordinarias o imprevistas. Luego se encuentra nuevamente un eliminador de vibración, pero de descarga (EVD), que cumple la misma función que el anterior. A medida que el vapor a alta temperatura viaja a través del serpentín de los condensadores, se dispersa el calor en las aletas de enfriamiento, y el ventilador del condensador hace circular el aire ambiente.

A medida que se elimina el calor, el vapor se condensa nuevamente en un líquido. De esta manera, el calor absorbido por el refrigerante del evaporador se transfiere al

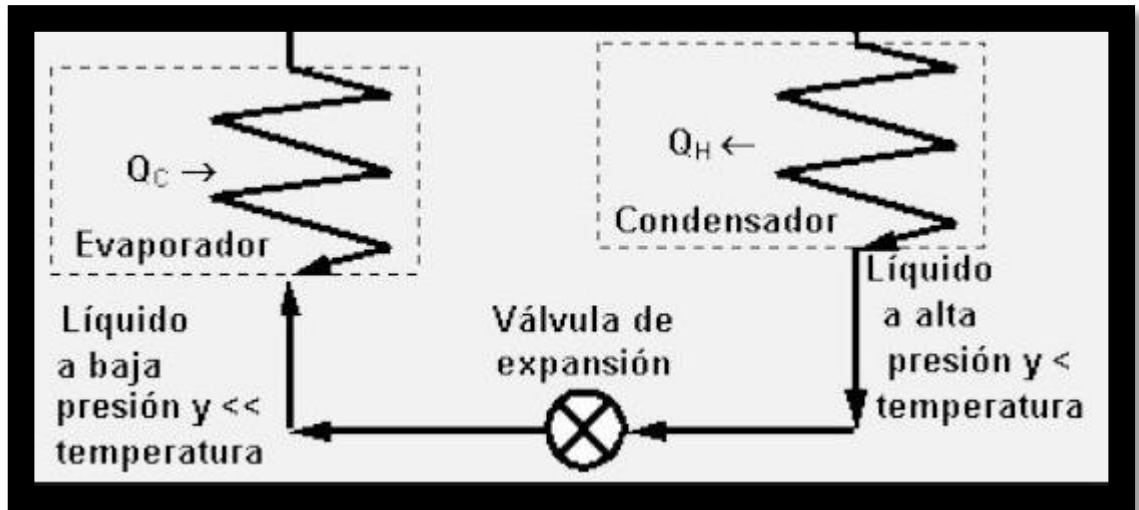
condensador y se emite al aire ambiente. Se mantiene el líquido a alta temperatura bajo alta presión en el receptor, donde se lo almacena hasta que se lo necesite. El receptor sirve de reserva para las demandas variables de líquido refrigerante del sistema.



Fuente: Manual de funcionamiento Thermoking

Figura 2-16 Esquema de transferencia de gas de alta presión hacia los condensadores.

El refrigerante líquido fluye entonces desde el tanque receptor a través del circuito sub-enfriador (SUBCOOLER) en la parte inferior del serpentín del condensador. El refrigerante sigue emitiendo calor al aire ambiente más fresco que circula a través de las aletas del circuito de sub-enfriado, haciendo bajar la temperatura del líquido a una temperatura inferior a la de saturación/condensación. Luego el líquido pasa por un interruptor de alta presión (IAP), el cual regula que la presión sea la adecuada en el sistema, sigue su camino hasta el interruptor de modulación (IM), el cual reduce el consumo total de corriente a altas temperaturas cuando la presión del condensador aumenta. Este enfriamiento adicional asegura que el líquido de alta presión permanezca en su estado líquido hasta que llegue a la(s) válvula(s) de expansión térmica (EXP). Desde el circuito de sub-enfriado del serpentín del condensador, el refrigerante líquido fluye a través del filtro deshidratador (FD), donde se eliminan las impurezas, los sólidos y la humedad. El filtro-desecador consiste en un filtro y un desecante (cedazo molecular) que atrapa y retiene moléculas de agua.



Fuente: www.areatecnologia.com

Figura 2-17 Esquema ciclo de climatización desde el condensador hacia el evaporador.

Desde el filtro-desecador, el líquido de alta temperatura y a alta presión fluye a través de la válvula de solenoide (LLV) de la tubería de líquido, antes de llegar a las dos válvulas de expansión, existe un interruptor de modulación de la válvula solenoide (MVS) el cual regula la presión antes de llegar a las de expansión. Las válvulas de expansión controlan el flujo del líquido refrigerante que entra en el serpentín del evaporador, donde absorbe nuevamente calor del aire interior del vagón que se hace circular sobre el serpentín por medio del ventilador del evaporador. El líquido refrigerante de baja presión, a baja temperatura, absorbe el calor causando un cambio en el estado, de líquido a vapor (evaporación). Un gas cargado de calor, de baja presión y a baja temperatura, repite entonces el ciclo cuando se lo absorbe de nuevo el compresor. (véase figura 2-10)

CAPITULO 3: ANALISIS Y PROCEDIMIENTOS CLIMA LRV

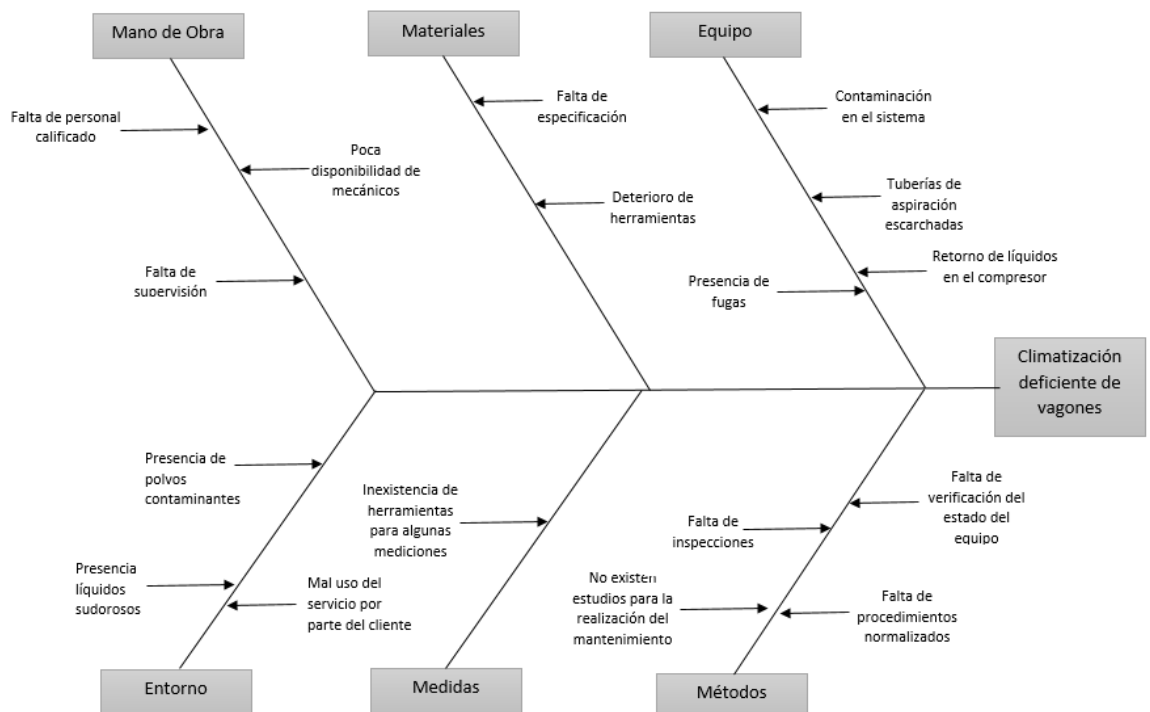
3.1 ISHIKAWA

El diagrama Ishikawa o también llamado diagrama Causa-Efecto (véase Figura 3.1) es un análisis gráfico que permite visualizar las causas de un determinado problema, esta herramienta de gestión de calidad nos permite orientar a la hora de la toma de decisiones, ya que aborda todo aquello que determina un mal desempeño.

3.1.1 Utilización de Ishikawa

Se realizará este análisis con el fin de identificar las causas reales del sistema y no solamente los síntomas, estas serán clasificadas según los diferentes factores que se presentan, los cuales permitirán tener una visión más global y estructurada de un determinado problema. Gracias a esto, se podrán tomar mejores decisiones en el momento de realizar alguna medida, para así lograr promover una mejora en el sistema.

Este análisis es importante al momento de tomar una decisión, ya que el metro al ser un servicio público tiene muchos factores que lo afectan, por lo que identificar cada uno de ellos ayudará a poder controlarlos y así prestar un mejor servicio. Además, es un análisis más idóneo para equipos que carecen de información histórica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-1. Diagrama de Ishikawa

3.2 ANÁLISIS SIPOC

El Análisis SIPOC (véase Figura 3-2.) es un diagrama que permite analizar el proceso de una manera más detallada, así como también identificando todas las entradas y salidas del sistema, además permite determinar los clientes que se benefician con el proceso.

Análisis SIPOC: Clima LRV X'trapolis 100				
Proveedores	Entradas	Procesos	Salidas	Clientes
Aire ambiente, pasajeros, etc.	Aire del interior del vagón	Se extrae el aire del interior de los vagones los cuales pasan a través de los serpentines del evaporador, mediante un ventilador forzado. El refrigerante es el encargado de absorber el calor. Luego el refrigerante pasa a través de los compresores en forma de vapor, donde aumenta su Temperatura y Presión. Terminando el proceso pasa a través del condensador, donde se dispersa el calor en las aletas de enfriamiento, y el ventilador del condensador hace circular el aire climatizado hacia el interior del vagón mediante ventiladores.	Aire climatizado	Pasajeros que eligen el servicio.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-2. Análisis SIPOC

3.3 MATRIZ DE CRITICIDAD

La matriz de criticidad es una herramienta utilizada para la jerarquización de equipos, esto nos permite analizar cada uno de ellos y priorizar si son críticos o no. Este análisis se basa en cinco (5) criterios de evaluación, los cuales nos entregan una numeración individual, que al ser juntarse de la manera indicada nos permiten evaluar si un equipo es crítico o no.

3.3.1 Criterios de evaluación

Para la realización de este análisis de criticidad debemos tener en cuenta los criterios de evaluación, que en este caso son cinco (5): las frecuencias de falla, impacto

operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento y seguridad y medio ambiente.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

Consecuencia

$$\begin{aligned} &= (\text{Impacto Operacional} * \text{Flexibilidad Operacional}) \\ &+ (\text{Costo de Mantenimiento}) \\ &+ (\text{Impacto Seguridad y Medio Ambiente}) \end{aligned}$$

Frecuencia de falla: Cantidad de Fallas que presenta un equipo en un determinado tiempo.

Tabla 3-1 Criterio de Frecuencia

Criterio de Frecuencia	
Rango	Puntaje
Pobre mayor a 4 fallos/año	4
Promedio 2 - 4 fallos/año	3
Buena 1 - 2 fallos/año	2
Excelente menos de 1 fallo/año	1

Fuente: Ciclo de Gestión de mantenimiento Técnico Universitario

Costos de Mantenimiento: Costos asociados a las tareas de mantenimiento, operación y reparación de equipos.

Tabla 3-2 Criterio Costos.

Criterio costos	
Rango	Puntaje
Mayor o igual a US\$1.600	2
Inferior a US\$1.600	1

Fuente: Ciclo de Gestión de mantenimiento Técnico Universitario

Impacto en seguridad, higiene y ambiente: Se encarga de evaluar posibles daños humanos o medio ambientales que pueden ocurrir.

Tabla 3-3. Impacto en Seguridad, ambiente e higiene

Impacto en seguridad, ambiente e higiene	
Falla causará	Puntaje
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Afecta al ambiente produciendo daños	6
Afecta a las instalaciones causando daño	4
Provoca daños menores a personal	2
Provoca un impacto ambiental que no viola la norma ambiental	1
No provoca ningún tipo de daño	0

Fuente: Ciclo de Gestión de mantenimiento Técnico Universitario

Impacto operacional: Son los efectos causados en el sistema.

Tabla 3-4. Criterio Impacto Operacional

Criterio impacto operacional	
Falla causará	Puntaje
Parada inmediata del sistema	10
Equipo operable con nivel de calidad reducido	6
Equipo operable con algunos ítems de confort inoperables	4
Repercute en costos de operaciones asociado a la indisponibilidad	2
No genera ningún efecto significativo sobre la actividad asistencial	1

Fuente: Ciclo de Gestión de mantenimiento Técnico Universitario

Flexibilidad operacional: Capacidad de realizar un cambio rápido sin incurrir en costos o pérdidas.

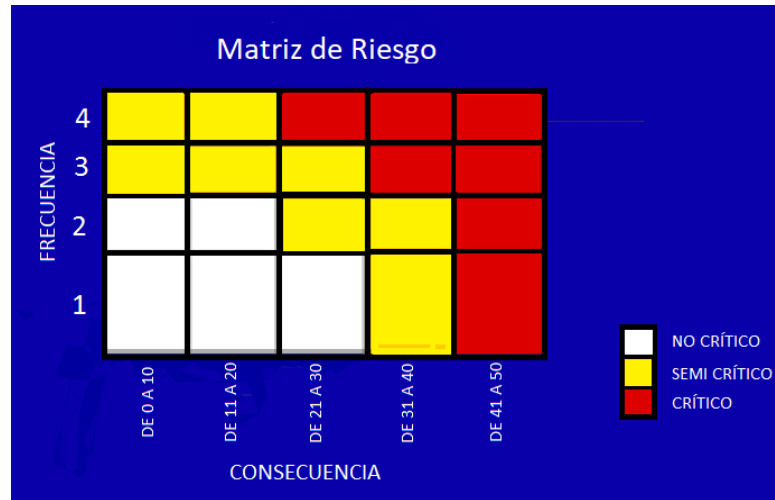
Tabla 3-5. Criterio Flexibilidad Operacional

Criterio flexibilidad operacional	
Opción	Puntaje
No existe opción de servicio y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuestos compartido	2
Función de repuestos disponibles	1

Fuente: Ciclo de Gestión de mantenimiento Técnico Universitario

3.4 ÍNDICE DE JERARQUIZACIÓN

Para los índices de jerarquización se toman los resultados de la consecuencia y la frecuencia, estos se presentan en una tabla que arroja la criticidad según la cantidad de puntos obtenidos, estos pueden ser Críticos, Semi Crítico y No Crítico. (véase figura 3-3)



Equipo	Frecuencia	Impacto operacional	Flexibilidad	Costos de Mantenimiento	Impacto SHA	Consecuencia	Total	Jeraquizacion
Válvula de expansión	3	6	4	2	6	32	96	Crítico
Filtros de Aire	4	4	2	1	2	11	44	Semi-Crítico
Ventiladores	3	4	2	1	2	11	33	Semi-Crítico
Compresor de espiral	1	10	2	2	6	28	28	Semi-Crítico
Condensador	2	4	2	2	2	12	24	No Crítico
Evaporador	2	4	2	2	2	12	24	No Crítico
Serpentines	2	2	2	2	2	8	16	No Crítico
Deshidratador	2	2	2	1	2	7	14	No Crítico
Calentador	2	2	2	1	2	7	14	No Crítico
Válvula solenoide	1	4	2	1	4	13	13	No Crítico
Tanque receptor de líquido	1	2	2	1	2	7	7	No Crítico
Eliminador de vibraciones	1	2	2	1	2	7	7	No Crítico

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-3. Análisis de criticidad

Junto a la matriz vista anteriormente se trabajó con doce (12) componentes de la climatización LRV, esta nos arrojó los componentes tanto críticos como semi-críticos. Para obtener estos resultados nos enfocamos en los cinco (5) criterios de evaluación recientemente mencionados.

3.5 FMECA

El FMECA (véase figura 3-4) es un análisis de criticidad que abarca cada uno de los componentes del sistema. Para esto se analiza cada una de las posibles fallas, definiendo la causa y efecto referente a la función que estos cumplen. El objetivo de este

análisis es buscar tareas que controlen estas causas y efectos, de manera que se logre minimizar la ocurrencia de estos.

Subsistema	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efectos
Clima LRV	1) Aspirar aire del interior del vagón a una cámara donde se mezcla con aire fresco.	A) No hay climatización en los vagones.	1) Evaporador con presencia de contaminantes	Mala evaporación del líquido refrigerante
			2) Retorno de Refrigerante en compresor	Sobrecalentamiento de tubería de alta presión Desgaste de componentes
			3) Válvula de expansión obstruida	Acumulación de impurezas en la tubería Válvula congelada por exceso de humedad
			4) Fugas de refrigerante en el sistema	Enfriamiento ineficiente Calentamiento excesivo
			5) Condensador obstruido por contaminantes en el interior	Condensador no elimina el calor absorbido
		B) Clima trabaja con parámetros anormales	1) Filtro de desecador restringido	Línea de líquidos con escarcha
			2) La tubería de aspiración está escarchada o con condensación	La válvula de expansión está admitiendo refrigerante en exceso Serpentín del evaporador con hielo o sucio
			3) Ductos de ventilación contaminados	Filtros obstruidos
			4) Ventiladores no giran por eje trabado	Daño en los descansos
			5) Lubricación deficiente en los descansos	Ruidos
				Sobrecalentamiento de descansos
			6) Aletas corroidas de los serpentines	Aletas del serpentín pierden separación que permite el paso del aire

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-4. Análisis FMECA

3.6 TOMA DE DECISIÓN DE MANTENIMIENTO

Las fallas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- **Consecuencia de fallas ocultas:** No tiene un impacto directo con el funcionamiento, pero exponen a fallas múltiples con consecuencias serias.
- **Consecuencias ambientales o para la seguridad:** Cuando en seguridad si es posible que cause daños o la muerte de personas. En ambiente se infringe alguna normativa o reglamento ambiental, tanto corporativo como a nivel regional y/o nacional.
- **Consecuencias operacionales:** Cuando afecta la producción en cantidad, calidad, costos operacionales, además del costo de reparación.
- **Consecuencias no operacionales:** Cuando no afecta la seguridad ni la producción solo implica un costo indirecto de reparación menor.

Ya teniendo claro a qué tipo de fallo se está enfrentando el activo, es que se debe tomar una decisión siguiendo el diagrama, se puede llegar principalmente a los siguientes tipos de tareas de mantenimiento:

- **Tareas a condición:** Son asociadas al mantenimiento predictivo, y principalmente son; inspecciones visuales, monitoreo (vibraciones, ultrasonido), medición de niveles de aceite. Para elegir este tipo de tarea debe existir un claro síntoma de que la falla está en proceso de ocurrir. Y, además, dependiendo del resultado de este monitoreo es que se toman decisiones correctivas.
- **Tareas de reacondicionamiento cíclico:** Son asociadas al mantenimiento preventivo, independiente del estado de los componentes asociados, se deben realizar en el plazo estipulado, ya que los plazos han de ser definidos en base a la necesidad de reacondicionamiento del componente.
- **Tareas de sustitución cíclica:** Son asociadas al mantenimientos preventivo, a diferencia de las tareas de reacondicionamiento cíclico, es recomendable en algunos casos, realizar tareas predictivas precediendo a la sustitución, ya que en algunos casos, el resultado de la tarea predictiva puede ser positiva desde el punto de vista del componente, lo que puede significar alargar su vida útil, generando un record de esto, se produce un cambio en el plazo para mantenciones posteriores; y por otro lado si la respuesta es negativa para el componente, o sea, éste ya cumplió su vida útil, se debe sustituir éste.
- **Tareas a la rotura:** Se asocia al mantenimiento correctivo, y esto es llevado a cabo cuando se determina que la falla no tiene consecuencias sobre la seguridad ni el medioambiente; además de que el costo de la falla (costos indirectos) son menores a los costos de prevención
- **Tareas de búsqueda de fallas:** Se asocia al mantenimiento detectivo, el cual consiste en probar los dispositivos de seguridad de los distintos componentes a plazo fijo.

3.7 ANÁLISIS DE CONSECUENCIA DE FALLAS

La hoja de decisiones es un documento que apoya el desarrollo del mantenimiento, resumiendo de manera práctica la información recabada. Como se muestra en la figura 3-5.

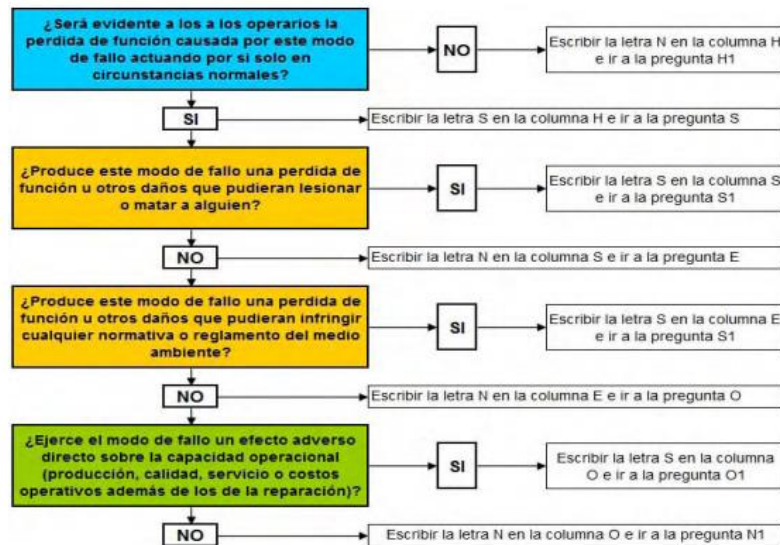
Hoja de decisión RCM		Activo: X"TRAPOLIS 100						Nº	Facilitadpr	Fecha	Hoja Nº	
		Componente: CLIMA LRV						Nº	Auditor	Fecha	de	
Referencia de información	Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tarea a falta de	Tarea Propuesta	Frecuencia	A realizar por	
	S1	S2	S3	O1	O2	O3						
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4

Fuente: Elaboración propia basado en RCM Jhon Moubray,

Figura 3-5. Hoja de decisión RCM.

Las columnas F, FF y MF sirven para relacionar la hoja de información con la hoja de decisiones, como su encabezado lo dice haciendo referencia con la información de las fallas, frecuencia de falla y los modos de fallo.

Las columnas tituladas H, S, E, O y N; que son detalladas en la fig. 3-6; son utilizadas para registrar las respuestas a las preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de falla.



Fuente: Libro RCM2 John Moubray

Figura 3-6. Como se registran las consecuencias de falla en la hoja de decisión

Las siguientes columnas H1, H2, H3, etc. Señalan si ha sido seleccionada una tarea proactiva, de ser así, se registra que tipo de tarea.

Si se es necesario responder a alguna de las preguntas “a falta de”, las columnas H4, H5, o la S4 son las que registran esas respuestas.

Y las últimas columnas son para registrar la tarea seleccionada o el rediseño según sea el caso, la frecuencia con la que se debe hacer, y quien es el encargado de ejecutar dicha labor.

Como son respondidos cada uno de los campos perteneciente a cada columna antes descrita depende de la respuesta que se obtendrá a partir de las preguntas del diagrama de decisiones, a continuación, se presenta como se llena en respuesta al diagrama.

Para evaluar las consecuencias de fallas se relacionan cada una de las preguntas del diagrama de con cada una de las siglas H, S, E y O, registran en la hoja de decisiones dando respuesta a las preguntas con una “S” si es Si y con una “N” si es No, de acuerdo con lo planteado por el diagrama de decisiones. En la Figura 3-7. presenta el cómo responder según sea el requerimiento.

Referencia de información			Evaluación de consecuencias				
F	FF	FM	H	S	E	O	
3	A	1	N				Una falla oculta: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
5	B	2	S	S			Consecuencias para la seguridad: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir por sí sola el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
2	C	4	S	N	S		Consecuencias para el medio ambiente: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir por sí sola el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
1	A	5	S	N	N	S	Consecuencias operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva a través de un período de tiempo debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación de la falla que pretende prevenir
1	B	3	S	N	N	N	Consecuencias No-operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva a través de un período de tiempo debe costar menos que el costo de la reparación de las fallas que pretende prevenir

Fuente: Libro RCM2 John Moubray

Figura 3-7. Guía de evaluación de consecuencias de falla.

Las tareas de mantenimiento que se representan en las columnas de la 8 a la 10 son evaluadas según:

- Columna H1, S1, O1, N1: En ella se responde si se encuentra una tarea a condición apropiada para anteponerse al modo de falla y así evitar consecuencias.
- Columna H2, S2, O2, N2: Se registra si fue encontrada una tarea de reacondicionamiento programado para prevenir fallas.
- Columna H3, S3, O3, N3: En ella se registra si se encontró una tarea de sustitución cíclica para prevenir fallas, si se es requerido.

Lo anterior se puede ver en la figura 3-8, las tareas son apropiadas siempre y cuando merezca el riesgo realizarla y si técnicamente es factible. Para que una tarea se técnicamente factible se debe responder que si a cada una de las preguntas planteadas y responde al criterio Si “merece la pena realizar tal evento”, si la respuesta es No se rechaza la opción de dicha tarea.

H1	H2	H3	
S1	S2	S3	
O1	O2	O3	
N1	N2	N3	
S			<p>¿Es técnicamente factible realizar una tarea a condición para reducir la consecuencia de la falla? ¿Hay alguna condición de falla potencial? ¿Cuál es? ¿Cuál es el intervalo P-F? ¿Es suficientemente largo como para ser de utilidad? ¿Es razonablemente consistente? ¿Es posible realizar la tarea a intervalos menores al intervalo P-F?</p>
N	S		<p>¿Es técnicamente factible una tarea de reacondicionamiento cíclico para reducir la frecuencia de la falla? ¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de esta edad? ¿Restituirá la tarea la resistencia original a la falla?</p>
N	N	S	<p>¿Es técnicamente factible una tarea de sustitución cíclica para reducir la frecuencia de la falla? ¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de ésta edad?</p>

Fuente: Libro RCM2 John Moubray

Figura 3-8. Criterios de factibilidad técnica.

Las tareas son apropiadas siempre y cuando merezca el riesgo realizarla y si técnicamente es factible. Para que una tarea se técnicamente factible se debe responder que si a cada una de las preguntas planteadas y responde al criterio Si “merece la pena realizar tal evento”, si la respuesta es No se rechaza la opción de dicha tarea.

Si se selecciona una tarea se debe registrar la descripción de la tarea y la frecuencia con se debe realizar.

Las columnas H4, H5 y S4 corresponden a las preguntas “a falta de”, en ella se registran las respuestas solamente si se da el caso de que las respuestas de las tareas proactivas hayan sido todas negativas.

Las columnas posteriores que corresponden al detalle de las tareas propuestas, la frecuencia con que estas se realizaran y encargado de realizar la tarea.

Hoja de decisión RCM		Activo: X*TRAPOLIS 100										Nº	Facilitador	Fecha	Hoja Nº				
		Componente: CLIMATIZACIÓN LRV										Nº	Auditor	Fecha	de				
Referencia de información	Evaluación de las consecuencias							H1	H2	H3	Tarea a falta de				Tarea Propuesta	Frecuencia	A realizar por		
	F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4				H5	S4
1	A	1	N				N	S									Limpieza de serpentines y válvula estranguladora	Anual	Mecánicos
1	A	2	S	N	N	S	S										Inspección visual de ductos y medición de presión con manómetros	120 días	Mecánicos
1	A	3	S	N	N	S	N	S									Monitorear el nivel de humedad del sistema operativo.	120 días	Mecánicos
1	A	4	S	N	S	S	S										Identificar la fuga y repararla	Falla	Mecánicos
1	A	5	S	N	N	S	S										Revisión y limpieza del condensador	Anual	Mecánicos
1	B	1	N				N										Cambio de filtro desecador	120 días	Mecánicos
1	B	2	S	N	N	S	N	S									Descongelar o limpiar el serpentín del evaporador	Falla	Mecánicos
1	B	3	S	N	N	S	N	S									Limpieza de ductos de ventilación	Anual	Mecánicos
1	B	4	S	N	N	S	N	N	S								Reemplazar descansos	120 días	Mecánicos
1	B	5	S	N	N	S	S										Revisar depósito de aceite y rellenar si esta bajo nivel	Mensual	Lubricador
1	B	6	N				N	S									Cambio de serpentín	Falla	Mecánicos

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-9. Tabla toma de decisiones

3.8 PROPUESTA PREVIA

La contaminación del sistema es importante ya que puede obstruir el paso del fluido, el cual elevaría la presión del sistema deteriorando los componentes y pudiendo ocasionar la rotura de una de las cañerías o uniones.

Se realizan los análisis para poder mejorar el correcto funcionamiento del sistema, para que no ocurran fallas y poder entregar un servicio de climatización adecuada para los clientes. Para que esto ocurra debemos elegir un factor que pudiese afectar de manera significativa nuestro sistema, como es la contaminación. Si no se hace esta limpieza en el sistema Alstom no estaría cumpliendo con uno de sus principales valores corporativos que es la satisfacción del cliente, por este motivo es necesario realizar esta tarea.

La ruta que realiza el tren es variable a condiciones climáticas y a terrenos, por lo cual las partículas que existen son variables en el medio ambiente, por ende, se debe hacer una limpieza cada cierto tiempo, dependiendo de la disponibilidad del activo, ya que están en continuo funcionamiento. Esto se determinará según los kilometrajes recorridos del tren, ya que hay tareas más críticas que se deben hacer.

Finalizando se realizan pautas de trabajo para una correcta limpieza del interior del tren donde se puede acceder fácilmente a la limpieza de ductos, rejillas y algunos componentes. Y una revisión a los componentes principales de la clima, tanto como

cableado, revisión de cañerías (pruebas de fugas), revisar sonidos extraños en los motores o ventiladores, revisar condensador y evaporador, etc.

3.8.1 Elaboración de la propuesta

Contaminación

Cuando hayan entrado contaminantes en el sistema, se requiere una limpieza minuciosa para evitar daños o la pérdida del compresor. El proceso de la evacuación es eliminar humedad y aire del sistema de refrigeración. Aun la existencia de cantidades pequeñas de aire y humedad en un sistema puede causar problemas graves.

La presencia de humedad, oxígeno y calor bajo ciertas condiciones puede producir como resultado muchas formas de drenaje. La corrosión, el fango, el encobrado, la descomposición del aceite, la formación de carbón y la falla final del compresor pueden ser causadas por estos contaminantes.

Los principales contaminantes del sistema son (en orden de importancia):

- Aire (siendo el oxígeno el contaminante). El oxígeno en el aire reacciona con el aceite. El aceite comienza a descomponerse y con el tiempo puede llevar a la carbonización en el compresor y la acumulación de ácido. Cuanto más dure este proceso de descomposición, más oscuro se vuelve el aceite del compresor hasta que finalmente el color se vuelve negro, indicando que existe una contaminación importante del sistema.
- Humedad (agua condensada). La humedad existente en un sistema ocasionará la corrosión de metales y metalización. Puede congelarse en la válvula de expansión y causar problemas operativos intermitentes. Reacciona en el aceite para comenzar la acumulación de ácido.
- Suciedad, polvo, partículas metálicas, otras materias extrañas. Las partículas en el sistema causarán daños graves a todos los elementos que tienen una tolerancia pequeña.
- Ácido. El aire y la humedad causan una descomposición química del aceite y del refrigerante. El ácido acelerará el deterioro de los metales blandos (por ejemplo, cobre) y causará el metalizado a medida que los metales blandos comienzan a cubrir la parte interior del sistema. Esta condición puede resultar en la destrucción total de su equipo.

3.8.2 Factores que pueden degradar el aceite

La humedad es un problema que se debe prevenir en los sistemas de refrigeración u aire acondicionado. En algunos sistemas se instala en las tuberías accesorios como protecciones las cual actúan para proteger el equipo, como presostatos de baja presión, el

cual tiene como función principal proteger el sistema si ocurre una baja presión de succión del refrigerante, evitando así que el equipo siga operando y pueda succionar la humedad dentro del sistema. La humedad provoca varios problemas como los señalados a continuación:

Filtro Deshidratador de líquido con humedad: Este efecto hará que se pierda primero el enfriamiento del vagón debido al poco paso de refrigerante líquido hacia la válvula de expansión, también se tendrá una baja presión de succión lo que hará que el evaporador no trabaje correctamente.

Embobinado de compresor: En los sistemas con compresor la presencia de humedad hará un daño muy severo en el embobinado del compresor, de igual manera en las partes en movimiento como el rotor y estator.

La humedad en el condensador: El sistema estará operando con una alta temperatura en la descarga, lo que provocará que el compresor tenga un alto consumo de energía por tener no-condensables; y si la temperatura en la descarga del compresor llega a 100°C, el compresor será el más afectado. Si la temperatura de descarga llegase a ser superior, podría producir en el sistema fallas por deterioro en los anillos, formación de ácidos y desestabilización del aceite

La oxidación del aceite acelera el proceso de degradación del aceite, este se produce por una alta temperatura de funcionamiento, el cual afecta las propiedades del aceite y hace que se oxide.

Aparición de partículas metálicas o de polvo también son un factor que acelera y degrada el aceite, esto puede ocurrir por una fuga en alguna cañería o filtros tapados, la limpieza es fundamental para que los componentes funcionen correctamente.

3.8.3 Fugas refrigerante

El refrigerante en un sistema de refrigeración nunca se consume totalmente. Si se ha determinado que la cantidad de refrigerante es un sistema está bajo, debe verificarse si el sistema tiene fugas, seguidamente repararlo y recargarlo. Hay varios problemas que pueden platearse en un sistema de aire acondicionado que tendrían los mismos síntomas que una fuga de refrigerante. Por ejemplo, el ventilador, el compresor y diversos mandos podrían estar funcionando pero el sistema no enfría. Una carga de refrigerante que ha disminuido es signo probable de fugas. Hay que tratar de determinar dónde se produce la fuga antes de recuperar refrigerante para evitar contaminar el aire circundante con el refrigerante. (Recordar que el refrigerante no debe expulsarse en el aire). La presencia de aceite alrededor de una junta de la tubería indica habitualmente que hay fugas pero no hay que considerar esto un factor determinante.

3.8.4 Ensayos para fugas

Spray detector de fugas

Los sprays detectores de fugas habitualmente son sustancias no corrosivas con la consistencia adecuada para formar burbujas fácilmente (véase figura 3-10). También pueden contener anticongelante, de tal modo que se pueden utilizar en tuberías a temperatura por debajo de 0°C. El método del spray es adecuado para localizar fugas, pero lleva tiempo en sistemas grandes con muchas juntas. Puede tardar varios segundos en formar una burbuja si la tasa de fuga o la presión son bajas.



Fuente: Manual técnico Emerson Climate

Figura 3-10. Prueba de fugas con spray

Detector de fugas electrónicos

Los detectores de fugas electrónicos son dispositivos de ensayo que garantizan una alta precisión. Se recomienda comprobarlos siempre que se utilicen. El detector no debe estar contaminado con aceite y el filtro (si lo lleva) debe cambiarse regularmente.

- Detectores de infrarrojo: Son utilizados ampliamente ya que permite en espacios reducidos ser utilizado además arrojan una señal inmediata, son efectivos y duraderos. (véase figura 3-11)



Fuente: Manual técnico Emerson Climate

Figura 3-11. Prueba de fugas detector infrarrojo

3.9 MANTENIMIENTO CLIMATIZACION

Para la realización del mantenimiento de la Clima LRV se mostrará la documentación realizada para Alstom Chile S.A, este consta con una pauta de trabajo que detalla el procedimiento a realizar, esta será utilizada para la mantención de los ductos de ventilación. Para esto se debe tener en cuenta que el kilometraje del tren Xtrapolis”100 es de aprox. 50.000 (Cincuenta mil) kilómetros al año, mientras que la frecuencia de este mantenimiento será anual.

Para esto además se crearán los respectivos check list, los cuales nos permitirán verificar que el trabajo se haya realizado de manera óptima, además en caso que ocurriera algún inconveniente se puede informar alguna observación o hallazgo encontrado durante la realización de la mantención.

Además, se darán a conocer los procedimientos de reemplazo de los equipos críticos presentes en el sistema, como lo son la válvula de expansión y el compresor, esto siempre y cuando sea necesario. Se debe tener en cuenta que, al momento del reemplazo del compresor, se debe cambiar ambos compresores al mismo tiempo, en el caso de la válvula de expansión, el procedimiento es aplicable a ambas válvulas sin necesidad de que sean al mismo tiempo.

A través del estudio realizado se identificaron los modos de falla, la criticidad y las tareas de mantenimiento para prevenir estas fallas. Con esto se logra priorizar dichas tareas y elaborar.

3.10 ELABORACIÓN DE PAUTAS Y CHECK LIST DE TRABAJO

Para asegurar la calidad del trabajo durante la ejecución se utiliza la pauta de trabajo. La pauta de trabajo es la secuencia de pasos necesarios para realizar y también queda un registro de quien fue el responsable de esta ejecución y la recepción.

Pauta limpieza serpentines del evaporador de Clima mantenimiento preventivo				
Limpieza de serpentines			Fecha	
		Lista de actividades	Logrado	
		Bloqueo de equipo	Sí	No
1		Detener metro X'Trapolis 100 para realizar labores de mantenimiento		
2		Ubicarse en el taller de gran revisión		
3		Bloquear entrada de energía de clima LRV		
		Limpieza de serpentines		
4		Extraer todas las tapas del compartimiento del evaporador		
5		Inspeccionar el serpentín y las superficies de las aletas		
6		Aspirar cualquier basura o suciedad del serpentín		
7		Limpiar con aire comprimido a baja presión o con una solución de detergente y agua		
8		Instalar y fijar tapa del evaporador		
		Desbloqueo del equipo		
9		Restaurar alimentación del equipo		
10		Volver a poner en servicio la unidad		

Ejecutor:	Supervisor EESS:
Turno:	Supervisor Planta:
Firma:	

Fuente: Elaboración propia basado en el desarrollo del trabajo

Figura 3-12. Pauta limpieza serpentines evaporador

Modo de falla: Evaporador con presencia de contaminantes

Este modo de falla produce una mala evaporación del líquido refrigerante, por lo que realizarlo es muy importante para el ciclo de climatización, se debe tener en cuenta que, para realizar esta labor, el equipo debe estar completamente bloqueado, mientras que el trabajo debe ser realizado por un mecánico especializado.

Pauta Reemplazo Filtro-Desecador de Clima mantenimiento Correctivo				
Sustitución Filtro-Desecador			Fecha	
	Lista de actividades	Logrado		
	Bloqueo de equipo	Sí	No	
1	Detener metro X'Trapolis 100 para realizar labores de mantenimiento			
2	Ubicarse en el taller de gran revisión			
3	Bloquear entrada de energía de clima LRV			
	Sustitución Filtro-Desecador			
4	Abrir cubierta de compartimiento del evaporador derecho			
5	Recuperar carga de refrigerante			
6	Desoldar línea de líquido en el compartimiento del compresor			
7	Extraer cartucho de filtro-desecador			
8	Alinear cartucho de filtro desecador nuevo en su posición en la línea de líquido			
9	Soldar conexiones de entrada y salida al cartucho de filtro-desecador nuevo			
10	Presurizar sistema de refrigeración y revisar si existen fugas			
11	Evacuar el sistema			
12	Recargar el sistema			
13	Instalar y fijar tapa del evaporador			
	Desbloqueo del equipo			
14	Restaurar alimentación del equipo			
15	Volver a poner en servicio la unidad			

Ejecutor:	Supervisor EESS:
Turno:	Supervisor Planta:
Firma: _____	

Fuente: Elaboración propia basado en el desarrollo del trabajo

Figura 3-13. Pauta reemplazo filtro-desecador

Modo de falla: Filtro de desecador restringido

Este modo de falla produce presencia de escarcha en la línea de líquido, lo que causa problemas al momento de climatizar los vagones, para esta labor se requiere de un filtro-desecador totalmente nuevo, además al momento del montaje debe ser fijado por un soldador calificado. Para realizar esta labor, el equipo debe estar completamente bloqueado, mientras que el trabajo debe ser realizado por un grupo de mecánicos especializados.

Pauta carga de refrigerante de Clima mantenimiento preventivo				
Carga final de Refrigerante			Fecha	
		Lista de actividades	Logrado	
		Bloqueo de equipo	Si	No
1		Detener metro X'Trapolis 100 para realizar labores de mantenimiento		
2		Ubicarse en el taller de gran revisión		
3		Bloquear entrada de energía de clima LRV		
		Carga de refrigerante		
4		Fijar un múltiple manométrico a la válvula de Schroeder		
5		Conectar tanque de refrigerante a la línea de servicio		
6		Preparar y abrir la válvula manual del tanque de refrigerante.		
7		Hacer funcionar unidad en modo enfriamiento		
8		Abrir válvula manual de baja presión hasta que la presión de succión aumente a aprox. 172 kPa		
9		Agregar refrigerante hasta que el resto de la balanza indique que se ha cargado 11,8 kg de R-407C en el sistema.		
10		Presurizar sistema de refrigeración y revisar si existen fugas		
11		Abrir válvula manual del tanque de refrigerante		
12		Quitar el juego del múltiple manométrico		
13		Tapar todas las lumbreras de servicio y los vástagos de las válvulas		
		Desbloqueo del equipo		
14		Restaurar alimentación del equipo		
15		Volver a poner en servicio la unidad		

Ejecutor:	Supervisor EESS:
Turno:	Supervisor Planta:
Firma:	

Fuente: Elaboración propia basado en el desarrollo del trabajo

Figura 3-14. Pauta carga de refrigerante

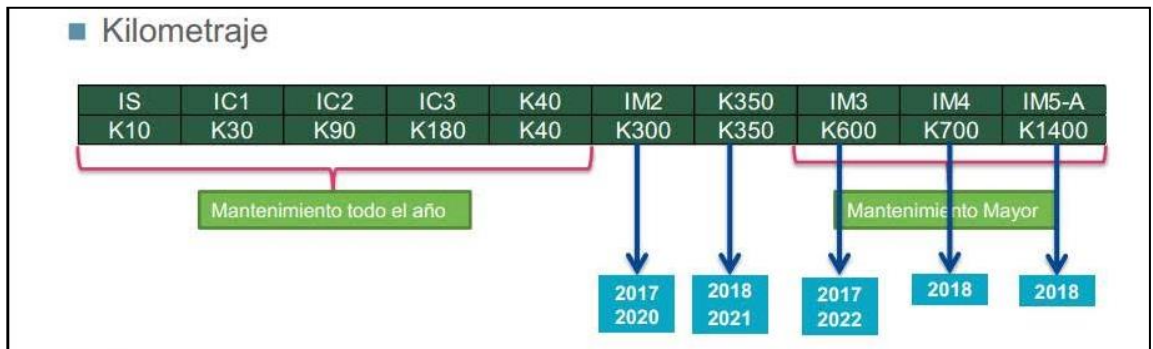
Modo de falla: Lubricación deficiente en los descansos.

Este modo de falla produce sobrecalentamiento en el sistema, además de vibraciones y ruidos no deseados, por lo que realizar esta labor es muy importante tanto para el funcionamiento, como también evitar el deterioro de los componentes. Para la realización de esta labor se debe contar con un múltiple manométrico, además se debe verificar que no exista presencia de fugas en el sistema.

Se debe tener en cuenta que el equipo debe estar completamente bloqueado, mientras que el trabajo debe ser realizado por un grupo de mecánicos especializados.

3.11. PLANIFICACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO DE ALSTOM CHILE S.A. TALLER LIMACHE

Alstom Chile Taller Limache planifica todas sus tareas de mantenimiento en base a un estricto seguimiento vía kilometraje individual de cada uno de los trenes que compone su flota. Las tareas de mantenimiento (sean mayores o menores) están definidas por rangos según el kilometraje que vaya cumpliendo el tren y a su vez, se estiman y proyectan las fechas en que los próximos mantenimientos se llevaran a cabo. Estos datos son recopilados mediante una computadora que se conecta a la memoria de cada tren.



Fuente: Departamento de ingeniería Alstom Taller Limache

Figura 3-15. Proyección de mantenimiento en base a kilometraje

Tareas de mantenimiento según kilometraje del tren

		PLAN DE MANTENIMIENTO BI CAJA X' TRAPOLIS 100, METRO VALPARAÍSO.																			
N° Orden	PARTES A VISITAR	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES A EFECTUAR	Por Kilometraje															Estado			
			IS 10.000	IC1 30.000	IC2 90.000	IC3 180.000	K 40 40.000	IM2 300.000	K 350 350.000	IM3 600.000	IM4 700.000	IM5-A 1.400.000	1 Años	2 Años	3 Años	4 Años	8 Años		IM 5-B IE1 10 Años	12 Años	R 21 Años
N° Orden	PARTES A VISITAR	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES A EFECTUAR	IS 10.000	IC1 30.000	IC2 90.000	IC3 180.000	K 40 40.000	IM2 300.000	K 350 350.000	IM3 600.000	IM4 700.000	IM5-A 1.400.000	1 Años	2 Años	3 Años	4 Años	8 Años	IM 5-B IE1 10 Años	12 Años	R 21 Años	25 Años
	Climatización																				
	Climatización	- Realizar comprobación funcional del sistema. - Inspección visual del gabinete, en especial soldaduras. - Verificar fijaciones de éste al techo. - Comprobar el estado de las tapas y herrajes de montaje. - Verificar que entrada de aire esté limpia. - Inspección visual de los componentes principales. - Inspeccionar el serpentín y las superficies de las aletas. - Inspeccionar sopladores y ventiladores. - Aspirar las suciedades o basuras del serpentín. - Limpiar la suciedad acumulada en todas las rejillas. - Desmontar los motores de los ventiladores del condensador, evaporador. Limpiarlos y cambiar rodamientos. - Realizar limpieza detallada (lavado) de evaporador y condensador. - Verificar los diferentes elementos de fijación en la climatización.		X																	
													X					X			X

Fuente: Departamento de ingeniería Alstom Taller Limache

Figura 3-16. Tareas de mantenimiento climatización

PLAN DE MANTENIMIENTO BI CAJA X TRAPOLIS 100, METRO VALPARAÍSO.																							
N° Orden	PARTES A VISITAR	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES A EFECTUAR	Por Kilometraje										1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	8 Año	IM 5-B IE1 10 Años	12 Años	R 21 Años	25 Años	Estado	
			IS 10.000	IC1 30.000	IC2 90.000	IC3 180.000	K 40 40.000	IM2 300.000	K 350 350.000	IM3 600.000	IM4 700.000	IM5-A 1.400.000											
N° Orden	PARTES A VISITAR	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES A EFECTUAR	IS 10.000	IC1 30.000	IC2 90.000	IC3 180.000	K 40 40.000	IM2 300.000	K 350 350.000	IM3 600.000	IM4 700.000	IM5-A 1.400.000	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	8 Año	IM 5-B IE1 10 Años	12 Años	R 21 Años	25 Años	Estado	
	Módulo de ventilación	- Verificar estado de los ductos de ventilación. - Limpiar zona de alojamiento de filtros. - Limpiar filtros de aire. - Limpiar filtros de climatización pasajero. - Limpiar rejillas de ventilación. - Cambiar filtros de aspiración ductos de ventilación	X	X	X	X																	

Fuente: Departamento de ingeniería Alstom Taller Limache

Figura 3-17. Tareas de mantenimiento Modulo de ventilación.

PLAN DE MANTENIMIENTO BI CAJA X TRAPOLIS 100, METRO VALPARAÍSO.																							
N° Orden	PARTES A VISITAR	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES A EFECTUAR	Por Kilometraje										1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	8 Año	IM 5-B IE1 10 Años	12 Años	R 21 Años	25 Años	Estado	
			IS 10.000	IC1 30.000	IC2 90.000	IC3 180.000	K 40 40.000	IM2 300.000	K 350 350.000	IM3 600.000	IM4 700.000	IM5-A 1.400.000											
N° Orden	PARTES A VISITAR	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES A EFECTUAR	IS 10.000	IC1 30.000	IC2 90.000	IC3 180.000	K 40 40.000	IM2 300.000	K 350 350.000	IM3 600.000	IM4 700.000	IM5-A 1.400.000	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	8 Año	IM 5-B IE1 10 Años	12 Años	R 21 Años	25 Años	Estado	
	Bandejas de drenaje Cableado Calentador Componentes Filtros de aire Líneas de refrigerante.	- Verificación con software de controlador - Inspeccionar el aislamiento de la bandeja de drenaje del condensador y del evaporador para ver si tienen signos de fugas. - Comprobar la integridad de todo el cableado del aire acondicionado al sistema eléctrico. Comprobar los conectores del cableado en los tres interruptores de presión. - Comprobar los conectores del cableado en los tres interruptores de presión. - Realizar inspección detallada y cambiar en caso de ser necesario cables de la Climatización. - Inspeccionar el calentador. Conexiones del cableado, e interruptores térmicos. - Comprobar los herrajes de montaje de los serpentines del condensador, del evaporador y del tanque receptor. - Realizar el cambio de filtros del aire acondicionado. - Comprobar las líneas de refrigerante, juntas soldadas y conexiones del interruptor de presión para determinar si hay fugas. - Medir presiones sistema											X										

Fuente: Departamento de ingeniería Alstom Taller Limache

Figura 3-18. Tareas de mantenimiento bi caja X'trapolis 100..

PLAN DE MANTENIMIENTO BI CAJA X TRAPOLIS 100, METRO VALPARAÍSO.																							
N° Orden	PARTES A VISITAR	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES A EFECTUAR	Por Kilometraje										1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	8 Año	IM 5-B IE1 10 Años	12 Años	R 21 Años	25 Años	Estado	
			IS 10.000	IC1 30.000	IC2 90.000	IC3 180.000	K 40 40.000	IM2 300.000	K 350 350.000	IM3 600.000	IM4 700.000	IM5-A 1.400.000											
N° Orden	PARTES A VISITAR	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES A EFECTUAR	IS 10.000	IC1 30.000	IC2 90.000	IC3 180.000	K 40 40.000	IM2 300.000	K 350 350.000	IM3 600.000	IM4 700.000	IM5-A 1.400.000	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	8 Año	IM 5-B IE1 10 Años	12 Años	R 21 Años	25 Años	Estado	
	Motor ventilador del evaporador. Sopladores del evaporador	- Aspirar las acumulaciones de polvo y/o basura del motor del ventilador. - Revisar el montaje del motor para ver si hay herrajes flojos o faltantes. - Gire a mano el eje del motor. Comprobar si hay ruido de cojinete, aspereza u holgura. - Aspirar acumulaciones de polvo y/o basura del motor de las poleas del ventilador. Comprobar los herrajes de montaje. - Revisar las turbinas del ventilador para ver si hay herrajes flojos o si faltan. - Girar los ventiladores a mano. Determinar si las poleas del ventilador rozan o hacen fricción contra la caja. - Toma de registros soplador evaporador con ultrasonido.											X										

Fuente: Departamento de ingeniería Alstom Taller Limache

Figura 3-19. Tareas de mantenimiento Motor ventilador.

		PLAN DE MANTENIMIENTO BI CAJA X TRAPOLIS 100, METRO VALPARAÍSO.																					
N° Orden	PARTES A VISITAR	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES A EFECTUAR	Por Kilometraje											1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	8 Año	IM 5-B IE1 10 Años	12 Años	R 21 Años	25 Años	Estado
			IS 10.000	IC1 30.000	IC2 90.000	IC3 180.000	K 40 40.000	IM2 300.000	K 350 350.000	IM3 600.000	IM4 700.000	IM5-A 1.400.000											
N° Orden	PARTES A VISITAR	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES A EFECTUAR	IS 10.000	IC1 30.000	IC2 90.000	IC3 180.000	K 40 40.000	IM2 300.000	K 350 350.000	IM3 600.000	IM4 700.000	IM5-A 1.400.000	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	8 Año	IM 5-B IE1 10 Años	12 Años	R 21 Años	25 Años	Estado	
	Ventiladores del Condensador y motores de los Ventiladores.	- Limpiar las acumulaciones de suciedad y/o el aceite de las paletas del ventilador. - Inspeccionar si hay paletas rotas o dobladas. - Limpiar la acumulación excesiva de suciedad o aceite de los motores del ventilador del condensador. - Revisar el montaje del motor para ver si hay herrajes flojos o faltantes. - Girar a mano el eje del motor. Comprobar si hay ruido de cojinete, aspereza u holgura.																					
	Serpentín del condensador	- Inspeccionar serpentín y las superficies de las aletas para ver si están limpios. Aspirar suciedad o basura. - Comprobar que la bandeja de drenaje tenga un drenaje adecuado.																					

Fuente: Departamento de ingeniería Alstom Taller Limache

Figura 3-20. Tareas de mantenimiento serpentines y ventiladores.

3.12 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para realizar un estudio económico, debemos tener en cuenta varios factores que pueden influir en el valor total del plan de mantenimiento, entre estos se encuentra el pago de la mano de obra, repuestos y además las herramientas utilizadas en cada una de las labores. Esta propuesta de plan de mantenimiento consta de 3 etapas, la primera de inspección, la segunda de limpieza y por último de reemplazo de repuestos deteriorados; por lo que para el cálculo final es necesario tener claro el valor de cada uno de ellos.

3.12.1 Cálculo de mano de obra en labores de inspección

Tabla 3-6 Valores Inspección.

Inspección	
N° de trabajadores	2
Hrs Trabajadas por semana	45
Semanas Trabajadas	4
Sueldo del Trabajador a Cargo	\$ 600.000
Sueldo Semanal	\$ 150.000
Sueldo Hora	\$ 3.333
Duración del trabajo a realizar (hrs)	2
Horas x Hombre	4
HH x sueldo hora	\$ 13.333

Fuente: Elaboración Propia

3.12.2 Cálculo de mano de obra en labores de limpieza

Tabla 3-7 Valores Limpieza.

Limpieza	
N° de trabajadores	2
Hrs Trabajadas por semana	45
Semanas Trabajadas	4
Sueldo del Trabajador a Cargo	\$ 600.000
Sueldo Semanal	\$ 150.000
Sueldo Hora	\$ 3.333
Duración del trabajo a realizar (hrs)	8
Horas x Hombre	16
HH x sueldo hora	\$ 53.333

Fuente: Elaboración Propia

3.12.3 Cálculo de mano de obra en labores de limpieza

Tabla 3-8 Valores Reemplazo.

Reemplazo	
N° de trabajadores	3
Hrs Trabajadas por semana	45
Semanas Trabajadas	4
Sueldo del Trabajador a Cargo	\$ 600.000
Sueldo Semanal	\$ 150.000
Sueldo Hora	\$ 3.333
Duración del trabajo a realizar (hrs)	6
Horas x Hombre	18
HH x sueldo hora	\$ 60.000

Fuente: Elaboración Propia

3.12.4 Cálculo de Herramientas

Tabla 3-9 Valores herramientas.

Herramientas	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Set de dados (acero-carbono)	2	\$ 45.000	\$ 90.000
Llaves punta corona	2	\$ 55.000	\$ 110.000
Manómetros digitales	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Atornilladores eléctricos	2	\$ 17.000	\$ 34.000
Hidrolavadora industrial	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
Aspiradora industrial	1	\$ 180.000	\$ 180.000
Escobas y cepillos	2	\$ 18.500	\$ 37.000
Set de paños de limpieza	2	\$ 7.000	\$ 14.000
Spray limpiador de contactos	2	\$ 10.000	\$ 20.000
Spray lubricador y limpiador(DW-40)	2	\$ 5.400	\$ 10.800
Cepillo metálico	2	\$ 10.600	\$ 21.200
Spray detector de fugas	1	\$ 9.500	\$ 9.500
Linterna	2	\$ 47.000	\$ 94.000
Pistola neumática	1	\$ 65.000	\$ 65.000
Remachadora neumática	1	\$ 85.000	\$ 85.000
Set de alicates (punta, universal, cortante)	2	\$ 33.000	\$ 66.000
Pistola de silicona	1	\$ 11.000	\$ 11.000
Lijas finas	10	\$ 350	\$ 3.500
Precio total			\$ 2.211.000

Fuente: Elaboración Propia

3.12.5 Cálculo de Repuestos

Tabla 3-10 Valores repuestos.

Repuestos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Filtro desecador	1	\$ 96.000	\$ 96.000
Tanque refrigerante	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Rodamientos rigido de bolas	4	\$ 20.000	\$ 80.000
Serpentín	2	\$ 110.000	\$ 220.000
Válvula de expansión	2	\$ 500.000	\$ 1.000.000
Válvula de seguridad	1	\$ 84.000	\$ 84.000
Válvula solenoide	2	\$ 50.000	\$ 100.000
Precio total			\$ 1.640.000

Fuente: Elaboración Propia

3.12.6 Cálculo Total del Plan de Mantenimiento

Tabla 3-11 Valor Total de mantenimiento.

Ítem	Valor
Inspección	\$ 13.333
Limpieza	\$ 53.333
Reemplazo	\$ 60.000
Herramientas	\$ 2.211.000
Repuestos	\$ 1.640.000
Total	\$ 3.977.666

Fuente: Elaboración Propia

En base a los resultados obtenidos, en cada uno de los respectivos cálculos, concluimos que el valor total de la propuesta del plan de mantenimiento tiene un valor de \$3.997.666.

CONCLUSIÓN

Alstom Chile S.A taller Limache es una empresa dedicada a la mantención de toda la flota de trenes que Merval posee, es importante contar con las mantenciones adecuadas ya que los trenes circulan todos los días y durante horas, lo cual se necesita que estén operativos y no ocurran fallas.

Alstom llegó a un acuerdo de 15 años con Merval para realizar todas las mantenciones, por eso es importante cumplir con los valores que posee la empresa. Para que Alstom pueda seguir su contrato y extenderlo durante más años la empresa debe brindar un servicio de excelencia y confiabilidad. Por este motivo se realizó este estudio al área de climatización del tren, ya que es un factor importante para cumplir con las prestaciones que Merval ofrece al público.

Se empezó a estudiar los factores que pueden afectar al sistema de climatización los cuales dieron como resultado que no existía una limpieza adecuada en esta área, de esta manera el servicio brindado no era el mejor, ya que el aire estaba contaminado con partículas de polvo, y suciedad. Para solucionar este problema se crearon pautas de trabajo sobre la limpieza de los ductos de ventilación que era el medio de contaminación más latente, además de limpiar el cuerpo completo que está montado en la parte superior del tren. Se realizan inspecciones generales dentro del sistema para localizar alguna fuga en el sistema que pudiera ocasionar un mal funcionamiento, se realizan check list para informar algún problema. Los objetivos planteados al principio del capítulo se evidencian con el desarrollo del trabajo, el cual da como resultados pautas de trabajo, indicaciones de como efectuar una correcta carga de refrigerante, check list, fichas de controles, etc.

Otro problema que aquejaba a la empresa fue la garantía por parte de Thermoking que es la empresa creadora del sistema de climatización, esta garantía duraba 10 años los cuales se cumplieron. Además de lo señalado anteriormente Merval extenderá su recorrido hasta la ciudad de la Calera por lo cual constar con un sistema de aire acondicionado en óptimas condiciones es importante, ya que los clientes viajarán más horas y requieren de un servicio que les brinde comodidad y seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

Badilla, Alejandro. 2017. Ciclos de Refrigeración. Viña del Mar, 2017.

Baldi, Carlos. 2016. Ciclo de gestión del mantenimiento. *Criterios de evaluación*. Viña del Mar, 2016.

Alstom taller Limache, Equipo de mantención. 2017. Taller GR y departamento de ingeniería. [comp.] Camilo Vera Zamora. Viña del Mar, 2017.

Manual LRV-8T THERMOKING. Manual de funcionamiento y descripción de la unidad.

ANEXOS

Anexo 1: Planificación trabajo de limpieza

Anexo 2: Instrucción de trabajo mantenimiento de ductos de ventilación

Anexo 3: Ficha de control de mantenimiento y check list

Anexo 4: Procedimiento reemplazo de compresor

Anexo 5: Procedimiento prueba de fugas de refrigerante

Anexo 1: Planificación trabajo de limpieza

1. ¿Qué tareas se deben realizar?

- Inspeccionar componentes principales
- Revisar uniones de las cañerías
- Inspeccionar todos los serpentines
- Desmontar rejillas del interior del vagón y limpiarlas
- Retirar filtros de aire y sopletearlos en dirección contraria
- Utilizar limpia contactos para conexiones eléctricas
- Retirar residuos que impidan el flujo del aire
- Limpiar conductos interiores y exteriores

2. ¿Por qué se debería realizar?

- Mantenimiento preventivo sugerida.
- Disminuir mantenencias correctivas.
- Aumento disponibilidad del activo.

3. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?

- Tren debe estar apagado y estacionado en la GR
- Retirar tapas superiores (utilizar dado 10mm)
- Desconectar cables de tierra situadas a la carcasa
- Retirar tapas plásticas para acceder a los componentes
- Acceder a caja de circuito eléctrico y limpiar (spray limpiador de contactos)
- Limpiar aletas de serpentines con químicos adecuados
- Utilizar hidrolavadora para limpiar carcasa y rejillas
- Limpiar entradas de aire y las descargas
- Sopletear ductos interiores del vagón
- Aspirar polvos y contaminantes dentro de los ductos
- Revisar estado de válvulas de expansión y de seguridad
- Revisar partes mecánicas si se encuentran agripadas
- Lubricar aspas y ventiladores
- Utilizar spray en uniones para revisar deterioros
- Secar partes lavadas y montarlas nuevamente
- Montar cables a tierra y tapas
- Montar tapas superiores
- Sellar partes que tengan holgura o juego
- Anotar tareas realizadas en check list

4. ¿Qué herramientas se necesitan?

- ✓ Set de juego de dados
- ✓ Llaves punta corona (4,6,8,10,14,15)
- ✓ Manómetros digitales
- ✓ Atornilladores eléctricos (cruz, paleta y torx)
- ✓ Hidrolavadora
- ✓ Aspiradora industrial
- ✓ Escobas y cepillos
- ✓ Set de paños para limpieza
- ✓ Spray limpiador de contactos
- ✓ Spray lubricador y limpiador (DW-40)
- ✓ Cepillo metálico y lijas finas
- ✓ Detector spray para fugas
- ✓ Linterna
- ✓ Pistola de aire para conectar a línea neumática
- ✓ Remachadora neumática
- ✓ Set de alicates (punta, universal, cortante)
- ✓ Pistola de silicona

5. ¿En qué documento queda registro de las tareas realizadas?

- Check list
- Pautas de trabajo

6. ¿Quién realizará el trabajo?

- Dos trabajadores de la GR designados por el supervisor

Anexo 2: Instrucción de trabajo mantenimiento de ductos de ventilación



Referencia MTN-TLCL-XTRS-WMS-135
 Versión 01
 Fecha de aplicación

Propósito

Este método de trabajo entrega las instrucciones correctas a los técnicos del taller encargados de llevar a cabo el mantenimiento de ductos de ventilación.

Alcance de Aplicación

Este instructivo es aplicable para la ejecución del mantenimiento de ductos de ventilación en las Unidades pertenecientes al Proyecto 54 carros X'trapolis - Metro Valparaíso.

Procesos Operacionales

Documento relacionado a : Mantenimiento

Organización Alstom : Train Life Services CHILE

Responsabilidades para la ejecución de esta instrucción

Responsable de Implementación : AIM.
Responsable de Ejecución : Responsable Mantenimiento.
Participantes : Taller de Especialidades.

TRANSPORT
 Train Life Services **ALSTOM**

Hoja de Control

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Autor
01		Creación	Camilo Vera

	Nombre	Cargo	Fecha	Firma
Redactado por:		Ingeniero Mantenimiento		
Verificado por:		Ingeniero de Calidad		
Aprobado por:		Responsable Mantenimiento		
		Responsable Área Ingeniería		

Redactado por:

Verificado por:

Aprobado por:

1.1 DUCTOS DE VENTILACIÓN

1.1.1 Limpieza de ductos.

Materiales y herramientas: Punta Torx T30 y T25 (estrella), paño de limpieza, Aeroclean, aspiradora, escobillón, remachadora neumática.

1. Desmontar las rejillas de ducto de limpieza. Al retirar cuidar de desconectar el conductor de la conexión a masa.



Figuras. (izq. a der.) Desmontaje de rejilla ducto de ventilación y desconexión a masa.

2. Desmontar las tapas de ducto central. Estas tapas poseen unas pestañas que dependiendo de su dirección dependerá el desmontaje de ellas. Para verificar la dirección a desplazar la primera tapa se puede mirar por la escotilla de filtros de ductos la orientación de ella. Al retirar cuidar de desconectar el conductor de la conexión a masa.



Figuras. (izq. a der.) Desmontaje tapa ducto central y desconexión a masa.

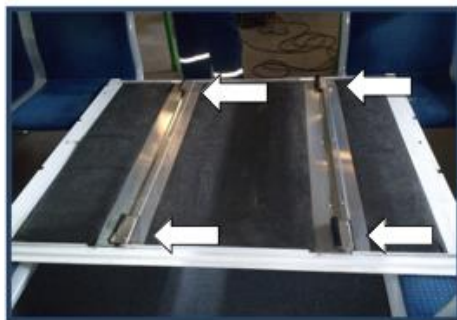


Figura. Pestañas de tapa ducto central.

Redactado por:

Verificado por:

Aprobado por:

3. Aspirar Superficies con aislante (horizontal superior y verticales laterales) del ducto como también rieles que soportan las tapas de ductos.



Figuras. (izq. a der.) Aspirado de ducto y de rieles.

4. Limpiar ducto de rejilla con paño de limpieza y superficies metálicas verticales de ducto central.



Figuras. (izq. a der.) Limpieza ducto de rejilla y de laterales de ducto central.

5. Aspirar las superficies con aislante de la tapa de ducto central y limpiar los bordes con un paño humedecido con Aeroclean.



Figuras. (izq. a der.) Aspirado de tapa y limpieza.

ALSTOM TLS Chile		INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO DE DUCTOS DE VENTILACIÓN			X`TRAPOLIS 100	
MTN-TLCL-XTRS-WMS-135	Revisión: 01	Fecha:	Intervalo de Aplicación: 1 año		Página: 3/3	
Redactado por:		Verificado por:		Aprobado por:		

6. Aspirar rejillas de ductos de ventilación y limpiar con una escobilla restos de suciedad. Finalmente pasar paño humedecido con Aeroclean.



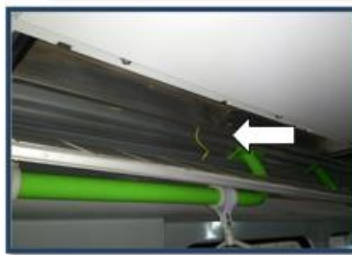
Figuras. (izq. a der.) Aspirado de tapa y limpieza.

7. Se debe verificar que las tuercas remachables en los rieles que dan sujeción a la tapa de ducto central y a las rejillas de ventilación no estén sueltas (no giren). En caso de verificarse lo anterior, se debe hacer sustitución de ella con ayuda de la remachadora neumática (aplicar fuerza de 4,2 [kN]).



Figura. Sustitución de tuerca remachable.


8. Montar primero tapas de conducto central y luego rejillas de ventilación, apriete para ambas es de 8 [Nm] . No olvidar conexiones a masa de estos elementos.



Figuras. (sup.) Montaje tapas ducto central (inf.) Montaje rejillas ventilación.


ALSTOM TLS Chile					X'TRAPOLIS 100		
MTN-TLCL-XTRS-WMS-135	Revisión: 01	Fecha:	Intervalo de Aplicación: 4 años		Página:		
Redactado por:		Verificado por:			Aprobado por:		
ELEMENTOS DE SEGURIDAD							
							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PELIGROS INTRINSECOS							
<p> Golpes con objetos estacionados Contacto con productos químicos Atrapamiento con herramientas Aplastamiento con equipos </p>							

Anexo 3: Ficha de control de mantenimiento y check list


 TLS Chile	FICHA DE CONTROL PARA MANTENIMIENTO DE CLIMATIZACIÓN	X´TRAPOLIS 100	
MTN-TLCL-XTRS-WMS-109	Revisión: 01 Fecha: _____	Intervalo de Aplicación: Anual.	Página:Portada
Redactado por: _____	Verificado por: _____	Aprobado por: _____	

TREN N°: XP000	km (Explotación)	Fecha	Hora de Recepción	Hora de Entrega

NUMERO DE ORDEN: _____





ATENCIÓN: Siga todas las instrucciones de seguridad descritas en esta ficha. Uso obligatorio de los E.P.



Cambios en el Documento

Descripción de cambio	Fecha	Revisión N°
CREACIÓN	30/Dec/2013	01

Trabajos de seguridad 
















Se definen como trabajos de seguridad a aquellos que es imprescindible su realización ante cualquier eventualidad. Estos trabajos NO se podrán dejar como pendientes. Los equipos marcados con el símbolo  , son aquellos que se han definido como trabajos de seguridad.

Instrucciones de seguridad



Se debe tener especial cuidado en las pruebas que se realizan bajo catenaria
 Los trabajos en altura se deben de realizar obligatoriamente con los elementos de seguridad, principalmente con arnés y cabo de vida

1.- Elementos de Seguridad

ANTES DE USAR, REVISAR ESTADO DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL E.P.P.



OBLIGATORIOS	DEPENDIENDO DE LA TAREA A REALIZAR
    	         

2.- Materiales y herramientas

HERRAMIENTAS		
PISTOLA DE ULTRASONIDO. DETECTOR DE FUGAS DE GASES.		 Antes de usar herramientas , verificar que se encuentren en buen estado. 

3.- Firmas .

Consolidación			
_____ Metro Valparaíso	_____ Jefe Operaciones	_____ Operaciones	_____ Mantenimiento

ALSTOM TLS Chile		FICHA DE CONTROL PARA MANTENIMIENTO DE CLIMATIZACIÓN				X' TRAPOLIS 100																																																																																	
MTN-TLCL-XTRS-WMS-109		Revisión: 01	Fecha:	Intervalo de Aplicación: Anual.		Página: 1																																																																																	
Redactado por:		Verificado por:		Aprobado por:																																																																																			
FECHA:	TREN N°: XP	NÚMERO DE ORDEN:	<input checked="" type="checkbox"/>	Buena	<input type="checkbox"/> C	Corregido	<input checked="" type="checkbox"/> X																																																																																
						Malo	<input type="checkbox"/> P																																																																																
<p>1.1 CLIMATIZACIÓN. Cableado.</p> <p>1.1.1 Comprobar la integridad de todo el cableado del aire acondicionado al sistema eléctrico.</p> <p>1.1.2 Comprobar los conectores del cableado en los tres interruptores de presión.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="4">TCP</th> <th colspan="4">MC</th> </tr> <tr> <th colspan="2">DELANTERO</th> <th colspan="2">TRASERO</th> <th colspan="2">DELANTERO</th> <th colspan="2">TRASERO</th> </tr> <tr> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="border: 2px dashed red; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;">  <p style="text-align: center;">ATENCIÓN: Presencia de material particulado en suspensión. Uso obligatorio de EPP para evitar el ingreso de agentes al organismo.</p>  </div> <p>1.2 Panel de Control.</p> <p>1.2.1 Aspirar y eliminar el polvo y la suciedad del interior de la caja del panel de control.</p> <p>1.2.2 Inspeccionar las conexiones eléctricas para determinar si están raídas o quemadas.</p> <p>1.2.3 Inspeccionar el controlador. Asegúrese de que esté montado de manera segura.</p> <p>1.2.4 Inspeccionar los contactores y relés. Asegúrese de que estén montados de manera segura.</p> <p>1.2.5 Comprobar los contactores para determinar si hay caídas o desequilibrio a través de los contactos.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="4">TCP</th> <th colspan="4">MC</th> </tr> <tr> <th colspan="2">DELANTERO</th> <th colspan="2">TRASERO</th> <th colspan="2">DELANTERO</th> <th colspan="2">TRASERO</th> </tr> <tr> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>2.3 Comprobar las líneas de refrigerante, juntas soldadas y conexiones del interruptor de presión para determinar si hay fugas.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">TCP</th> <th colspan="2">MC</th> </tr> <tr> <th>DELANTERO</th> <th>TRASERO</th> <th>DELANTERO</th> <th>TRASERO</th> </tr> <tr> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								TCP				MC				DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO		Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok									TCP				MC				DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO		Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok									TCP		MC		DELANTERO	TRASERO	DELANTERO	TRASERO	Ok	Nok	Ok	Nok				
TCP				MC																																																																																			
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO																																																																																	
Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok																																																																																
TCP				MC																																																																																			
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO																																																																																	
Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok																																																																																
TCP		MC																																																																																					
DELANTERO	TRASERO	DELANTERO	TRASERO																																																																																				
Ok	Nok	Ok	Nok																																																																																				
INSUMO	POSICION	CANTIDAD	INSUMO	POSICION	CANTIDAD																																																																																		
ANOTACIÓN						PEND	OBS																																																																																
						(USO EXCLUSIVO RESPONSABLE)																																																																																	
<input style="width: 100%;" type="text"/> NOMBRE Y FIRMA TÉCNICO 1			<input style="width: 100%;" type="text"/> NOMBRE Y FIRMA TÉCNICO 2			<input style="width: 100%;" type="text"/> FIRMA RESPONSABLE																																																																																	

ALSTOM TLS Chile		FICHA DE CONTROL PARA MANTENIMIENTO DE CLIMATIZACIÓN				X' TRAPOLIS 100	
MTN-TLCL-XTRS-WMS-109		Revisión: 01	Fecha:	Intervalo de Aplicación: Anual.		Página: 2	
Redactado por:		Verificado por:		Aprobado por:			
FECHA:	TREN N°: XP	NÚMERO DE ORDEN:	<input checked="" type="checkbox"/>	Buena	<input type="checkbox"/>	Corregida	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	Mala	<input type="checkbox"/>	Pendiente	

2.1 CLIMATIZACIÓN. Componentes principales.

2.1.1 Comprobar los herrajes de montaje de los serpentines del condensador, del evaporador y del tanque receptor.

2.1.2 Lavado y limpieza serpentín condensador.

TCP				MC			
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO	
Ok	NoK	Ok	NoK	Ok	NoK	Ok	NoK

2.2 Ventiladores del Condensador y motores de los Ventiladores.

2.2.1 Limpiar las acumulaciones de suciedad y/o el aceite de las paletas del ventilador.

2.2.2 Inspeccionar si hay paletas rotas o dobladas.

2.2.3 Limpiar la acumulación excesiva de suciedad o aceite de los motores del ventilador del condensador.

2.2.4 Revisar el montaje del motor para ver si hay herrajes flojos o faltantes.

2.2.5 Girar a mano el eje del motor. Comprobar si hay ruido de cojinete, aspereza u holgura.

TCP				MC			
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO	
Ok	NoK	Ok	NoK	Ok	NoK	Ok	NoK

2.3 Calentador.

2.3.1 Inspeccionar el calentador. Conexiones del cableado, e interruptores térmicos.

TCP				MC			
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO	
Ok	NoK	Ok	NoK	Ok	NoK	Ok	NoK

INSUMO	POSICION	CANTIDAD	INSUMO	POSICION	CANTIDAD

ANOTACIÓN	PEND	OBS	NQS
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<input style="width: 90%; height: 30px;" type="text"/> NOMBRE Y FIRMA TECNICO 1	<input style="width: 90%; height: 30px;" type="text"/> NOMBRE Y FIRMA TECNICO 2	<input style="width: 90%; height: 30px;" type="text"/> FIRMA RESPONSABLE
--	--	---

ALSTOM TLS Chile	FICHA DE CONTROL PARA MANTENIMIENTO DE CLIMATIZACIÓN				X´TRAPOLIS 100																																																																																																	
MTN-TLCL-XTRS-WMS-109	Revisión: 01	Fecha:	Intervalo de Aplicación: Anual.		Página: 3																																																																																																	
Redactado por:		Verificado por:		Aprobado por:																																																																																																		
FECHA:	TREN N°: XP	NÚMERO DE ORDEN:	<input checked="" type="checkbox"/>	Buena	<input checked="" type="checkbox"/> C	Corregido																																																																																																
					<input checked="" type="checkbox"/> X	Malo																																																																																																
						<input type="checkbox"/> P																																																																																																
<p>3.1 CLIMATIZACIÓN. Motor del Ventilador del Evaporador.</p> <p>3.1.1 Aspirar las acumulaciones de polvo y/o basura del motor del ventilador. 3.1.2 Revisar el montaje del motor para ver si hay herrajes flojos o faltantes. 3.1.3 Gire a mano el eje del motor. Comprobar si hay ruido de cojinete, aspereza u holgura.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">TCP</th> <th colspan="4">MC</th> </tr> <tr> <th colspan="2">DELANTERO</th> <th colspan="2">TRASERO</th> <th colspan="2">DELANTERO</th> <th colspan="2">TRASERO</th> </tr> <tr> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>3.2 Sopladores del Evaporador.</p> <p>3.2.1 Aspirar acumulaciones de polvo y/o basura del motor de las poleas del ventilador. Comprobar los herrajes de montaje. 3.2.2 Revisar las turbinas del ventilador para ver si hay herrajes flojos o si faltan. 3.2.3 Girar los ventiladores a mano. Determinar si las poleas del ventilador rozan o hacen fricción contra la caja.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">TCP</th> <th colspan="4">MC</th> </tr> <tr> <th colspan="2">DELANTERO</th> <th colspan="2">TRASERO</th> <th colspan="2">DELANTERO</th> <th colspan="2">TRASERO</th> </tr> <tr> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>3.3 Serpentín del Evaporador.</p> <p>3.3.1 Inspeccionar serpentín y las superficies de las aletas para ver si están limpios. Aspirar suciedad o basura. 3.3.2 Comprobar que la bandeja de drenaje tenga un drenaje adecuado. 3.3.3 Lavado y limpieza serpentín evaporador.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">TCP</th> <th colspan="4">MC</th> </tr> <tr> <th colspan="2">DELANTERO</th> <th colspan="2">TRASERO</th> <th colspan="2">DELANTERO</th> <th colspan="2">TRASERO</th> </tr> <tr> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> <th>Ok</th> <th>Nok</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> </tr> </tbody> </table>							TCP				MC				DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO		Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok									TCP				MC				DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO		Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok									TCP				MC				DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO		Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok								
TCP				MC																																																																																																		
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO																																																																																																
Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok																																																																																															
TCP				MC																																																																																																		
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO																																																																																																
Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok																																																																																															
TCP				MC																																																																																																		
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO																																																																																																
Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok																																																																																															
INSUMO	POSICION	CANTIDAD	INSUMO	POSICION	CANTIDAD																																																																																																	
ANOTACIÓN				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PEND</th> <th>OBS</th> <th>NQS</th> </tr> <tr> <th colspan="3" style="font-size: small;">(USO EXCLUSIVO RESPONSABLE)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>			PEND	OBS	NQS	(USO EXCLUSIVO RESPONSABLE)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																								
PEND	OBS	NQS																																																																																																				
(USO EXCLUSIVO RESPONSABLE)																																																																																																						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																				
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> NOMBRE Y FIRMA TECNICO 1		<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> NOMBRE Y FIRMA TECNICO 2		<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> FIRMA RESPONSABLE																																																																																																		

ALSTOM TLS Chile		FICHA DE CONTROL PARA MANTENIMIENTO DE CLIMATIZACIÓN				X´TRAPOLIS 100				
MTN-TLCL-XTRS-WMS-109		Revisión: 01	Fecha:		Intervalo de Aplicación: Anual.		Página: 4			
Redactado por:		Verificado por: Alexander RUBIO		Aprobado por:						
FECHA:	TREN N°: XP	NUMERO DE ORDEN:	<input checked="" type="checkbox"/>	Buenc	<input type="checkbox"/>	Corregid	<input checked="" type="checkbox"/>	Malo	<input type="checkbox"/>	Pendient

4.1 CLIMATIZACIÓN. Bandejas de Drenaje.

4.1.1 Inspeccionar el aislamiento de la bandeja de drenaje del condensador y del evaporador para ver si tienen signos de fuga.

TCP				MC			
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO	
Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok

4.2 Toma de registros soplador evaporador con ultrasonido.

TCP				MC			
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO	
1 Izquierdc	2 Derecho	1 Izquierdc	2 Derecho	1 Izquierdc	2 Derecho	1 Izquierdc	2 Derecho

db

Indicar tipo de instrumento N° Alstom

5.1 FILTROS

5.1.1 Realizar el cambio de filtros del aire acondicionado.

TCP				MC			
DELANTERO		TRASERO		DELANTERO		TRASERO	
Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado
Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok	Ok	Nok

INSUMO	POSICION	CANTIDAD	INSUMO	POSICION	CANTIDAD

ANOTACIÓN	PEND	OBS	NQS
	(USO EXCLUSIVO RESPONSABLE)		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<input style="width: 90%; height: 20px;" type="text"/> NOMBRE Y FIRMA TECNICO 1	<input style="width: 90%; height: 20px;" type="text"/> NOMBRE Y FIRMA TECNICO 2	<input style="width: 90%; height: 20px;" type="text"/> FIRMA RESPONSABLE
--	--	---

ALSTOM TLS Chile	FICHA DE CONTROL PARA MANTENIMIENTO DE CLIMATIZACIÓN			X' TRAPOLIS 100		
MTN-TLCL-XTRS-WMS-109	Revisión: 01	Fecha:	Intervalo de Aplicación: Anual.	Página: 5		
Redactado por:		Verificado por:	Aprobado por:			
FECHA:	TREN N°: XP	NÚMERO DE ORDEN:	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> C Corregido	<input checked="" type="checkbox"/> X Malo	<input type="checkbox"/> P Pendiente

6.1 Tarjeta controladora

N° de serie _____

N° de CPU _____

6.1.1 Inspección visual de componentes

6.1.2 Inspección visual de soldaduras PCB CPU

6.1.3 Rescate de eventos

6.1.4 Verificación prioridad de encendido

6.1.5 Verificación rangos de temperaturas

6.1.6 Verificación N° de tren

6.1.7 Verificación de fecha y hora

6.1.8 Medición voltaje pila (rango 3 v a 3,1 v)

6.1.9 Pruebas en banco

TCP		MC	
1	2	1	2
Realizado	Realizado	Realizado	Realizado
Ok	Nok	Ok	Nok
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

SI NO ha realizado alguna tarea, indicar el motivo

Herramienta utilizada	ID Alstom

INSUMO	POSICIÓN	CANTIDAD	INSUMO	POSICIÓN	CANTIDAD

ANOTACIÓN	PEND	OBS	NQS
(USO EXCLUSIVO RESPONSABLE)			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<input style="width: 90%;" type="text"/> <small>NOMBRE Y FIRMA TECNICO 1</small>	<input style="width: 90%;" type="text"/> <small>NOMBRE Y FIRMA TECNICO 2</small>	<input style="width: 90%;" type="text"/> <small>FIRMA RESPONSABLE</small>
---	---	--

ALSTOM CHILE S.A. - TALLER LIMACHE 2018			
Check list: fugas de refrigerante			
Item	Actividad	Si	No
1	Revisar aparato detector de fugas		
2	Comprobar estado de cañerías		
3	Comprobar estado de componentes		
4	Revisar deposito de aceite		
5	Medir cantidad de refrigerante y aceite		
6	Revisar interruptor de baja y alta presión		
7	Medir vacío en el sistema		
8	Purgar el aire del sistema		
9	Ajustar la presión de descarga a la señalada		
10	Ajustar la presión de carga a la recomendada		
11	Revisar la botella de nitrógeno		
12	Cerrar todas las válvulas luego de la operación		
13	Revisar si existen fugas luego del procedimiento		
14	Probar el sistema para verificar funcionamiento		
15	Anotar valores y comparar con manuales		
Observaciones			
		Nombre	
		Fecha	
		Firma	

ALSTOM CHILE S.A. - TALLER LIMACHE 2018			
Check list: limpieza de ductos			
Item	Actividad	Si	No
1	Desmontar rejillas de ductos de limpieza		
2	Desmontar tapas de ducto central		
3	Aspirar superficie con aislante del ducto, también rieles de tapas		
4	Limpiar ductos de rejillas con paño		
5	Aspirar superficie con aislante del ducto central y limpiar bordes		
6	Aspirar rejillas de ductos de ventilación y limpiar restos de suciedad		
7	Verificar que las tuercas de los rieles no estén sueltas		
8	Montar tapa y luego rejillas de ventilación. Deben ser apretadas		
Observaciones			
		Nombre	
		Fecha	
		Firma	

Anexo 4: Procedimiento reemplazo de compresor

Importante: Se debe cambiar ambos compresores al mismo tiempo. Nunca cambie sólo uno.

Desmontaje

1. Extraiga todas las tapas del compartimiento del evaporador y del compresor. Extraiga también las vigas superiores izquierda y derecha.
2. Recupere la carga de refrigerante del sistema de aire acondicionado. Véase “Recuperación del Refrigerante” en la página 70.
3. Apague toda la alimentación de 400 Vca y 110 Vcc al sistema de aire acondicionado. Apague el interruptor de la unidad.
4. Desuelde las conexiones de la línea de líquido y de aspiración al montaje del compresor.
5. Extraiga las cubiertas de ambas cajas de empalmes del motor del compresor.
6. Rotule y desconecte el cableado de cada bloque de terminales del compresor.
7. Extraiga los pernos, arandelas de seguridad y arandelas planas que fijan el montaje de base del compresor (zapata) a los montajes de la unidad.
8. Conecte un dispositivo de alzado superior y una eslinga para alzar el montaje de compresor de la unidad.
9. Extraiga el montaje de la base (zapata) de los compresores.
10. Extraiga los soportes superiores de los compresores.
11. Desuelde las conexiones de línea de líquido y de aspiración que unen el compresor.

Instalación

1. Limpie los tubos para soldarlos.
2. Coloque los compresores nivelados sobre un banco de trabajo.
3. Instale los compresores sobre el montaje de la base (zapata).
4. Instale los soportes superiores sobre los compresores.
5. Suelde las líneas de descarga y aspiración en el montaje del compresor con soldadura de plata de alta temperatura (30 por ciento de plata).
6. Conecte un dispositivo de alzado superior y una eslinga al montaje de base del compresor.
7. Guíe cuidadosamente el compresor y el montaje de base adentro de la unidad.
8. Fije los compresores a la base usando pernos, arandelas de seguridad y arandelas planas. Apriete bien los pernos.
9. Suelde las líneas de descarga y aspiración al sistema de refrigeración con soldadura de plata de alta temperatura (30 por ciento de plata).

10. Compruebe los rótulos en el cableado eléctrico.
11. Tienda el cableado eléctrico adentro de las cajas de empalmes del compresor.
12. Conecte el cableado al bloque de terminales de cada compresor.
13. Instale las cubiertas en las cajas de empalmes del motor.
14. Extraiga el cartucho de filtro-desecador.
15. Presurice el sistema de refrigeración y haga pruebas para ver si hay fugas.
16. Evacue el sistema.
17. Recargue el sistema.
18. Instale las vigas izquierda y derecha. Instale y fije todas las tapas del compartimiento del evaporador y del compresor.
19. Vuelva a poner la corriente de 400 VCA y 110 VCC al sistema de aire acondicionado. Vuelva a poner en servicio la unidad.

Anexo 5: Procedimiento Cambio de la Válvula de Expansión

Desmontaje

Este procedimiento es aplicable a ambas válvulas de expansión.

1. Abra la cubierta del compartimiento del evaporador derecho.
2. Recupere la carga de refrigerante del sistema de aire acondicionado.
3. Apague toda la alimentación de 400 Vca y 110 Vcc al sistema de aire acondicionado. Apague el interruptor de la unidad.
4. Busque la válvula de expansión aplicable adyacente al serpentín del evaporador.
5. Quite la cinta aisladora y suelte la abrazadera del bulbo sensor de la tubería de aspiración. Observe la posición del bulbo sensor al lado de la línea de succión.
6. Quite la cinta aislante de la línea de salida de la válvula de expansión.
7. Caliente y desuelde la línea igualadora de la válvula de expansión.
8. Caliente y desuelde las conexiones de entrada y salida de la línea de líquidos a la válvula de expansión en la sección del evaporador.
9. Quite la válvula de expansión del sistema.

Instalación

1. Limpie las líneas de líquidos y las líneas igualadoras para soldarlas.
2. Coloque la nueva válvula de expansión en su lugar en la línea de líquidos.
3. Suelde las conexiones de entrada y salida de la línea de líquidos a la válvula.
4. Suelde la línea igualadora a la válvula de expansión.
5. Limpie la línea de aspiración hasta que quede pulida con brillo. Instale el bulbo sensor de la nueva cabeza de energía en el sujetador del bulbo sensor en la línea de succión. Ubique el bulbo en la línea de succión en la posición anterior. El bulbo sensor debe hacer buen contacto con la tubería de aspiración, o el funcionamiento será defectuoso. Cúbralo con cinta aisladora.
6. Cambie el filtro-desecador.
7. Presurice el sistema de refrigeración y haga pruebas para ver si hay fugas.
8. Si no se encuentran fugas, recupere el gas utilizado en la prueba de fugas.
9. Evacue el sistema.
10. Cubra la línea de salida de la válvula de expansión con cinta aislante.
11. Recargue el sistema.
12. Haga funcionar el sistema y observe la presión de succión y la temperatura del contenedor para ver que la válvula de expansión esté instalada apropiadamente y que el bulbo sensor esté ubicado apropiadamente.
13. Instale y fije la tapa del evaporador derecho.

14. Restaure la alimentación de 400 Vca y 110 Vcc al sistema de aire acondicionado. Vuelva a poner en servicio la unidad.

Anexo 5: Procedimiento prueba de fugas de refrigerante

Usar un detector fiable de fugas, para probar si hay fugas en el sistema de refrigeración. Inspeccionar cuidadosamente para ver si hay señales de fugas de aceite del compresor, lo que sería la primera señal de que existe una fuga en el sistema de refrigeración.

NOTA: Debido a las inquietudes sobre el impacto al medio ambiente y la seguridad personal, ya no se recomienda más el uso del soplete de haluro.

Si se ha fugado o se ha sacado refrigerante del sistema:

1. Revisar el sistema completo para ver si hay posible daño en los componentes y pérdida de aceite refrigerante.
2. Fijar un múltiple manométrico usando el interruptor de corte de baja presión y las válvulas del interruptor de alta presión. Extraiga el interruptor de corte de baja presión y el interruptor de corte de alta presión de los accesorios de las válvulas. Fije la tubería del manómetro compuesto del múltiple manométrico a la válvula del interruptor de baja presión. Fije la tubería de alta presión del manómetro a la válvula del interruptor de alta presión.
3. Fijar una manguera de carga de botella de refrigerante al centro del múltiple. Purgue el aire de la manguera de carga.
4. Presurizar el sistema con refrigerante (gas solamente) hasta que se obtenga una presión del vapor de 345 kPa (3,45 bar, 50 psi).
5. Probar el sistema para detectar fugas con un detector de fugas electrónico para inspeccionar todas las uniones y conexiones. (Utilizar solución de jabón como un componente de prueba alternativo). Si no se encuentran fugas, pero el sistema ha perdido su carga de refrigerante, proceda con el paso siguiente.
6. Cerrar ambas válvulas manuales en el múltiple manométrico (cerradas).
7. Desconectar la manguera de carga del refrigerante.
8. Conectar la manguera de carga a una fuente de nitrógeno. Ajuste el regulador de presión a 1380 kPa (13,80 bar, 200 psi).

PRECAUCIÓN: El nitrógeno (N₂) está bajo 15.170 kPa (151,70 barías, 2200 psi) de presión en un cilindro lleno a 21 C (70 F). No utilice en el sistema oxígeno, acetileno ni ningún otro tipo de gas presurizado.

9. Presurizar el sistema con nitrógeno a 1380 kPa (13,80 bar, 200 psi)
10. Cerrar la válvula de suministro en la botella de nitrógeno.
11. Utilizar un detector de fugas electrónico para inspeccionar todas las uniones y conexiones. (Utilizar solución de jabón como un componente de prueba alternativo).

PRECAUCIÓN: Si hay indicaciones de que hay fugas en el sistema, afloje los adaptadores de la manguera de la tubería de suministro para dejar escapar presión. Repare la condición de fuga.

12. Si es necesario reparar el sistema, vuelva a probar el sistema después de que se hayan completado las reparaciones.