

**MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM II) PARA LA
PLANTA DE AGUA FRÍA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE ZONAS
COMUNES DEL CENTRO COMERCIAL PARQUE CARACOLÍ**

CRISTIAN JAVIER FARFÁN BAREÑO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2017

**MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM II) PARA LA
PLANTA DE AGUA FRÍA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE ZONAS
COMUNES DEL CENTRO COMERCIAL PARQUE CARACOLÍ**

CRISTIAN JAVIER FARFÁN BAREÑO

**Trabajo de Grado para optar al título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

Director

ALEXANDER PINZÓN AVILA

Ingeniero Electrónico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2017

**A DIOS POR TODOS SUS REGALOS, BENDICIONES Y
ENSEÑANZAS.**

**A MIS PADRES, POR SU ESFUERZO, DEDICACIÓN Y APOYO
DESINTERESADO, DURANTE TODA MI FORMACIÓN ACADÉMICA Y
MI VIDA. Y PORQUE SIEMPRE HAN CREÍDO EN MÍ.**

**A MI NOVIA MARÍA C., POR SU APOYO INCONDICIONAL
SIEMPRE, SU AMOR Y SU COMPRENSIÓN.**

**A MIS HERMANOS ADRIANA Y FERNANDO POR SU CONFIANZA,
CARIÑO Y APOYO.**

**A TODOS MIS AMIGOS, POR SU APOYO INCONDICIONAL, SUS
PALABRAS DE ALIENTO EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES Y POR SU
AMISTAD, MOTOR FUNDAMENTAL PARA LA VIDA.**

CRISTIAN FARFÁN

AGRADECIMIENTOS

Es realmente importante para mí el empeño y dedicación que hubo por parte de algunas personas en la realización de este trabajo de grado.

De manera muy especial expreso mis agradecimientos a:

Alexander Pinzón Ávila, Ingeniero Electrónico, director del proyecto, por su respaldo, confianza, colaboración y motivación a lo largo de todo el trabajo de grado.

Ignacio Morales y Carolina Herrera, Gerente de Operaciones y Jefe de Operaciones en Parque Arauco, por su colaboración y deseos de llevar a cabo este proyecto.

De igual manera a todo el personal administrativo y de mantenimiento en Parque Caracolí., donde se realizó este trabajo.

A mi familia que siempre estuvo allí apoyándome.

Cristian Javier Farfán Bareño.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. EL PROBLEMA	20
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	24
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE GRADO	25
1.3.1 Objetivo General.	25
1.3.2 Objetivos Específicos.	25
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCION	26
2. PARQUE ARAUCO	27
2.1 GENERALIDADES PARQUE ARAUCO	27
2.1.1 Reseña Histórica.	28
2.1.2 Misión y Valores.	41
2.1.3 Indicadores Relevantes	41
2.1.4 Estructura Organizacional Ejecutiva	42
2.1.5 Gobierno Corporativo.	43
2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE ZONAS COMUNES DEL CENTRO COMERCIAL PARQUE CARACOLÍ	44
2.2.1 Localización y generalidades del sistema de clima	44
2.2.2 Descripción técnica del sistema de clima.	45
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	50
3.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO	50
3.1.1 Mantenimiento Correctivo.	51
3.1.2 Mantenimiento Preventivo.	52
3.1.3 Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II).	53

3.2.1	Mantenimiento centrado en confiabilidad.	55
3.3	PREGUNTAS BÁSICAS DE LA METODOLOGÍA RCM ACERCA DEL ACTIVO A REVISAR.	56
3.4	OBJETIVOS Y VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM	57
3.5	EQUIPO NATURAL DE TRABAJO	57
3.5	CONCEPTO OPERACIONAL	58
3.7	ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.	59
3.8	APLICACIÓN DE ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLAS	61
3.9	DIAGRAMA DE DECISIÓN RCM II	62
4.	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE AGUA FRÍA	69
4.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA DE AGUA FRÍA	69
4.1.1	Lógica de operación del sistema	70
4.2	CHILLERS PARQUE CARACOLÍ.	71
4.2.2	Circuito de Agua Fría.	75
4.2.3	Torre de Enfriamiento.	76
4.2.4	Unidades Manejadoras de Agua Fría.	79
5.	ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM II) PARA LA PLANTA DE AGUA FRÍA	80
5.1	DESCRIPCIÓN CODIFICACIÓN	80
5.1.1	Clases.	80
5.1.2	Características.	81
5.1.3	Grupos de clases.	81
5.1.4	Grupos de características.	82
5.1.5	Clase de Objeto.	82
5.1.6	Indicador ABC.	83
5.1.7	Catálogos.	84
5.1.8	Ubicación técnica.	86

5.1.9 Equipos.	90
5.1.10 Tipos de equipos.	91
5.3 CRITICIDAD DE EQUIPOS	94
5.3.1 Nivel de Análisis.	94
5.3.2 Definición de criticidad.	96
5.3.3 Cálculo del nivel de criticidad.	98
5.4 HOJA DE INFORMACIÓN CHILLERS	104
5.5. DIAGRAMA DE DESICIÓN CHILLERS	113
6. CONCLUSIONES	132
7. RECOMENDACIONES	134
BIBLIOGRAFÍA	135

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Chillers Parque Caracolí	22
Figura 2. Torre de Enfriamiento 1. Parque Caracolí	23
Figura 3. Bombas Centrifugas Parque Caracolí	23
Figura 4. Logo Parque Arauco	27
Figura 5. Parque Arboleda	29
Figura 6. Parque Caracolí	30
Figura 7. Parque La Colina	30
Figura 8. Parque Arauco Kennedy	31
Figura 9. Arauco Maipú	32
Figura 10. Arauco Chillán	32
Figura 11. Arauco Estación	32
Figura 12. Arauco San Antonio	33
Figura 13. Arauco Premium Outlet Buenaventura	33
Figura 14. Arauco Express	33
Figura 15. Arauco Quilicura	34
Figura 16. Arauco Premium Outlet San Pedro	34
Figura 17. Arauco Premium Outlet Curauma	34
Figura 18. Arauco Premium Outlet Coquimbo	35
Figura 19. Mega Plaza Norte	35
Figura 20. Megaplaza Express Villa	36
Figura 21. Larcomar	36
Figura 22. Parque Lambramani	36
Figura 23. MegaPlaza Chimbote	37
Figura 24. Megaplaza Express Villa	37
Figura 25. Megaplaza Express Chincha	37
Figura 26. Megaplaza Express Barranca	38

Figura 27. Megaplaza Cañete	38
Figura 28. Inoutlet Faucett	38
Figura 29. Viamix Chorrillos	39
Figura 30. El Quinde Ica	39
Figura 31. El Quinde Cajamarca	39
Figura 32. Megaplaza Pizco	40
Figura 33. Inoutlet Premium Lurin	40
Figura 34. Viamix Las Malvinas	40
Figura 35. Estructura Organizacional Ejecutivos	42
Figura 36. Pantalla del Condensador en el Chiller	45
Figura 37. Pantalla de condensador en el Chiller	46
Figura 38. Vista Lateral Chiller	48
Figura 39. Patrones de falla	50
Figura 40. Grupo tipo de revisión	58
Figura 41. Diagrama de Decisión	64
Figura 42. Esquema Chillers Planta de agua fría	70
Figura 43. Sistema de Control Planta de Agua Fría	71
Figura 44. Chillers 1 y 2 Parque Caracolí	72
Figura 45. Sistema Abierto Torre Enfriamiento	77
Figura 46. Modelo Conceptual Datos Maestros	92
Figura 47. Sistemas Relevantes Parque Caracolí	95
Figura 48. Planta de Agua fría	95

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Indicadores Relevantes Parque Arauco	41
Tabla 2. Combinaciones de compresor y casco disponibles	46
Tabla 3. Arrancador de motor	47
Tabla 4. Pesos Componentes	47
Tabla 5. Arrancador de estado solido	48
Tabla 9. Siete preguntas básicas que plantea el RCM.	56
Tabla 10. Hoja de Información	62
Tabla 11. Planilla de decisión RCM II	65
Tabla 12. Características operativas Chiller 1	72
Tabla 13. Características operativas Chillers 2	73
Tabla 14. Bomba centrífuga Torre 1 BAC 1-2	75
Tabla 15. Bombas	76
Tabla 16. Parámetros operativos Torre de Enfriamiento 1	78
Tabla 17. UMAS Parque Caracolí	79
Tabla 18. Clases	80
Tabla 19. Características	81
Tabla 20. Grupo de Clases	82
Tabla 21. Grupo de Características	82
Tabla 22. Ruta	82
Tabla 23. Las clases de objetos corresponderán a las áreas técnicas	83
Tabla 24. Indicador ABC	83
Tabla 25. Creación de perfiles de catálogos	85
Tabla 26. Creación de grupos de códigos y códigos	85
Tabla 27. Perfiles de catálogos a nivel de avisos de mantenimiento	85
Tabla 28. Ruta	86

Tabla 29. Estructura a utilizar	86
Tabla 30. Mascara de codificación	86
Tabla 31. Transacciones	90
Tabla 32. Tipos	91
Tabla 33. Rangos de números	91
Tabla 34. Rangos por países	91
Tabla 35. Transacciones Funcionales	92
Tabla 36. Codificación de equipos planta de Agua fría	94
Tabla 37. Categoría frecuencia de ocurrencia	96
Tabla 38. Categorías de impactos	97
Tabla 39. Criticidad Chillers	99
Tabla 40. Criticidad Torre de Enfriamiento 1	100
Tabla 41. Criticidad Tablero Eléctrico	101
Tabla 42. Criticidad Bomba de Agua Fría	102
Tabla 43. Criticidad Bomba de Agua Caliente	102
Tabla 44. Clasificación de Criticidad	103
Tabla 45. Matriz de Criticidad	103

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. LISTADO DE CLASES Y CARACTERITICAS	137
ANEXO B. HOJAS DE INFORMACION	139
ANEXO C. HOJAS DE DESICION	148

RESUMEN

TÍTULO:

MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM II) PARA LA PLANTA DE AGUA FRÍA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE ZONAS COMUNES DEL CENTRO COMERCIAL PARQUE CARACOLÍ.*

AUTOR:

Cristian Javier Farfán Bareño**

PALABRAS CLAVES:

Confiabilidad, RCM II,

DESCRIPCIÓN:

La idea de implementar este proyecto de Grado, denominado “**Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II) para la planta de Agua fría del sistema de climatización de zonas comunes del Centro Comercial Parque Caracolí**”, es principalmente desarrollar un plan de mantenimiento que preserve la función del equipo en su contexto operacional es decir, que el equipo cumpla su función principal de enfriar el agua por medio de los chillers. Al no realizarse esta función, el proceso de climatización no puede desarrollarse e influye directamente en nuestra operación y en nuestros clientes, lo que se ve reflejado en los ingresos del centro comercial, debido a varios factores:

Mala experiencia al cliente externo e interno por falta de AA al interior del centro comercial, incomodidad en el confort ambiental que se va ver reflejado en desconfianza y rechazo por parte de nuestros clientes externos, afectación en la buena imagen de Parque Caracolí, sobre costos en el mantenimiento y en las horas HH, empleadas para la mantención del equipo.

El análisis de la planta de agua fría no contempla las instalaciones hidráulicas (tuberías, redes, válvulas de cierre, de drenaje, verticales y calidad del agua). Este trabajo pretende establecer un modelo de mantenimiento que apunte a reducir los tiempos muertos, producto de paradas inesperadas en la planta de Agua Fría, y establecer métodos que permitan actuar basados en la confiabilidad de los equipos, ante las potenciales fallas, que puedan presentarse en los equipos que la componen, para de esta manera dar la mejor experiencia de confort, descanso y entretenimiento a nuestros clientes.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Alexander Pinzón Ávila.

SUMMARY

TITLE:

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM II) FOR THE COLD WATER PLANT OF THE CLIMATIZATION SYSTEM OF COMMON AREAS OF THE PARQUE CARACOLÍ COMMERCIAL CENTER *

AUTHOR:

Cristian Javier Farfán Bareño **

KEYWORDS:

Reliability, RCM II,

DESCRIPTION:

The idea of implementing this Degree project, called "Reliability-Centered Maintenance (RCM II) for the Cold Water plant of the air conditioning system of common areas of Parque Caracolí Shopping Center", is mainly to develop a maintenance plan that preserves the function of the equipment in its operational context is that the equipment fulfills its main function of cooling the water through the chillers. By not performing this function, the air conditioning process can not be developed and directly influences our operation and our clients, which is reflected in the revenue of the shopping center, due to several factors:

Bad experience to the external and internal customer due to lack of AA inside the shopping center, discomfort in the environmental comfort that will be reflected in distrust and rejection by our external customers, affectation in the good image of Parque Caracolí, on costs in the maintenance and in the hours man, used for the maintenance of the equipment.

The analysis of the cold water plant does not contemplate the hydraulic facilities (pipes, nets, shut-off valves, drainage, vertical and water quality). This work intends to establish a maintenance model that aims to reduce downtime, as a result of unexpected stops at the Agua Fria plant, and to establish methods that allow to act based on the reliability of the equipment, in the face of potential failures, which may occur in the equipment that compose it, in order to give the best experience of comfort, rest and entertainment to our customers.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Engineer Alexander Pinzón Ávila

INTRODUCCIÓN

Actualmente el mantenimiento cumple un papel fundamental en las empresas que quieren marcar diferencia, en la calidad de sus productos y la eficiencia de sus procesos. Es tan importante que a diario se desarrollan y mejoran los estándares y protocolos de mantenimiento, en busca de garantizar la mayor disponibilidad y rendimiento de sus equipos, de acuerdo a las diferentes necesidades y requerimientos. Donde es indispensable proteger la seguridad humana, y la responsabilidad ambiental en los diferentes procesos, buscando siempre la mejor oportunidad costo/beneficio y la optimización de recursos.

En los programas de mantenimiento de clase mundial podemos ver varios enfoques de mantenimiento, algunos de ellos muy flexibles a la reducción de costos, pero teniendo prioridad fundamental a la seguridad. Un ejemplo muy importante es la industria aeronáutica, que tiene como propósito la confiabilidad de sus aviones, para que no ocurran accidentes, ó la industria de hidrocarburos cuyo propósito es aprovechar al máximo los recursos naturales, y evitar el impacto ambiental. Por lo anterior se han implementado, diferentes tipos de mantenimiento, como el mantenimiento productivo total (MPT), mantenimiento basado en condición (MBC), mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II), que son algunos referentes de los tipos de mantenimiento que lideran la gestión de mantenimiento en la industria a nivel mundial.

El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II) nace del desarrollo de una propuesta de mantenimiento basada en preservar la función del equipo en su contexto operacional es decir, preservar lo que el usuario considera se debe preservar a nivel operacional para cumplir con el objetivo de su negocio. Es decir, que para un activo de características similares, van a existir diferentes contextos

operacionales. Específicamente, RCM nace de la necesidad de mejorar las prácticas de mantenimiento de los equipos de aviación civil en Estados Unidos.

Actualmente, esta metodología es aplicable a casi a cualquier industria. Debido a la versatilidad del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y sus rápidos resultados a un bajo costo, es una de las técnicas más usadas por la industria a nivel mundial, debido a que es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios requieren que haga en su contexto operacional.

En el proyecto se busca seguir una estrategia para unificar los criterios de mantenimiento para la planta de Agua Fría, y que estos se basen en la lógica del conocimiento, de los equipos y de sus objetivos primordiales, diseñando un buen plan como punto de partida, para que posteriormente sea detallado y retocado con aportes de mayor nivel. Como objetivo principal el RCM determina que el mantenimiento debe ir enfocado a asegurar que los equipos continúen operando con su capacidad inicial y su confiabilidad inherente.

El impacto económico de nuestros equipos, es el principal motivo para establecer un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II), ya que necesitamos estrategias que aumenten la confiabilidad y disponibilidad de la planta de Agua Fría, debido a que el correcto funcionamiento de este sistema se ve reflejado directamente, en los ingresos de nuestra compañía; porque impacta de diferentes maneras a nuestra operación, por ejemplo reduce flujo de clientes en pisos comerciales, crea incomodidad en el confort ambiental, que se ve reflejado en desconfianza y rechazo por parte de nuestros clientes, debido a la mala experiencia en el Centro Comercial, aumento en el tiempo de mantenimiento, debido a su condición de correctivo, que se refleja en paradas forzadas, cambios de piezas y tiempo definido por terceros para la reparación de nuestros equipos.

Debido a que nuestro modelo de negocio se ve afectado por las ventas de nuestros locatarios, siempre buscamos que su rentabilidad sea máxima.

Sumado a esto, las estrategias de mantenimiento actuales de esta planta no han sido reformadas desde su creación, y Parque Arauco ha definido recientemente, la implantación de un sistema de confiabilidad, basado en RCM II, para los equipos con mayor criticidad en la operación de todos sus Centros Comerciales.

El presente trabajo pretende establecer un modelo de mantenimiento que apunte a reducir los tiempos muertos, producto de paradas inesperadas en la planta de Agua Fría, y establecer métodos que permitan actuar preventivamente ante las potenciales fallas que puedan presentarse en los equipos que la componen, para de esta manera dar la mejor experiencia de confort, descanso y entretenimiento a nuestros clientes.

1. EL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Parque Caracolí es un centro comercial perteneciente al operador chileno de centros comerciales PARQUE ARAUCO S.A. con presencia en Chile, Perú y Colombia, con proyectos de expansión en este último durante los próximos 5 años.

Parque Caracolí Centro Comercial está ubicado en la ciudad de Floridablanca, Santander y está considerado como el Mall de mejor posicionamiento comercial del sector, por su buen mix comercial, arquitectura y ubicación estratégica dentro de la ciudad.

Dentro de los estudios de tráfico y el seguimiento de flujos de visitantes se observa que los días de mayor actividad comercial son los fines de semana (viernes, sábado y domingo). El promedio de visitantes mes asciende a 600.000 personas de las cuales el 30% ingresan en vehículo siendo un factor más alto en los fines de semana ya que los ocupantes superan al cupo de dos pasajeros por vehículo.

El sistema de clima del Centro Comercial es de vital importancia para nuestro negocio, ya que el confort y una buena experiencia dentro de nuestras instalaciones marca la diferencia, por lo que necesitamos confiabilidad y disponibilidad operacional de estos equipos durante el horario de apertura del Centro Comercial. El sistema de clima de Parque Caracolí está conformado por 2 grandes sistemas de acondicionamiento:

- El primero dedicado a la climatización de locales comerciales, que consta de 3 torres de enfriamiento, que se encargan de proveer agua fría a las unidades de acondicionamiento, refrigeradas por agua, de cada local. Para ello se cuenta con dos torres de enfriamiento con capacidad de 126.304 CFM y una torre con capacidad de 69.524 CFM, diseñadas para climatizar el área de cada uno de los locales.
- El segundo sistema encargado de climatizar las áreas comunes del Centro Comercial está conformado por la planta de agua fría que consta de 1 Torre de Enfriamiento marca REYMSA de 37.779 CFM y 2 Chillers marca YORK modelos *YR TD TD T0 - 46C* y *YR TD TD T0 - 46C* con capacidades instaladas de 225 TR y 200 TR a 750 GPM.

Los chillers como las unidades de expansión directa están instaladas en el exterior del edificio. En el interior del edificio se encuentran las unidades termo-ventiladas denominadas UMAS (Unidades Manejadoras de Aire).

Los chillers y las UMAS están conectadas a un circuito hidráulico común cerrado, el líquido tratado en la unidad exterior enfriado o calentado, circulará impulsado por 2 bombas centrifugas incluidas, en el sistema hidrómico, por todas las unidades UMAS que utiliza el agua que circula por él; enviando el resultante del intercambio térmico (aire frío o aire caliente), mediante un ventilador al ambiente, según las demandas de confort del usuario. Para dicho proceso los chiller reciben agua a 11,16°C con caudal de 750 GPM y entregan agua fría 9,9°C con el mismo caudal para dar inicio al ciclo de acondicionamiento del ambiente en las áreas comunes del centro comercial.

La operación comercial de Parque Caracolí inicia desde las 05:00 am para nuestro Gimnasio Body Tech, 09:00 am para la zona Bancaria, 10:00 am para los demás niveles comerciales, 11:00 am para la zona de Comidas. En el cierre de jornada la

operación concluye a partir de las 08:00 pm para zona comercial de domingo a jueves y 09:00 pm para fines de semana (viernes y sábado).

El régimen de operación de la planta de Agua Fría está dado por la operación del Centro Comercial; en este orden de horarios la planta de Agua Fría tiene un promedio de funcionamiento diario de 11 horas de operación.

El desarrollo de mantenimiento es una actividad desarrollada por medio de una figura de outsourcing mediante un contrato de mantenimiento preventivo a través de DISMEC S.A., empresa avalada por YORK By Johnson Controls, fabricante del equipo, con periodicidad mensual y duración de 4 H/H por visita, en horario no operacional. En casos de paradas, existe servicio técnico de asistencia en un tiempo estimado de 4 hrs.

La adquisición de repuestos se gestiona a través del proveedor, como gestión del procedimiento de mantenimiento, el proveedor se basa en los resultados de los mantenimientos preventivos y la periodicidad y/o frecuencia de fallas de algunos de sus componentes, para así garantizar disponibilidad de repuestos que presentan mayor consumo y reporte de falla.

Figura 1. Chillers Parque Caracolí



Fuente: Parque Arauco

Figura 2. Torre de Enfriamiento 1. Parque Caracolí



Fuente: Parque Arauco

Figura 3. Bombas Centrífugas Parque Caracolí



Fuente: Parque Arauco

El objetivo de la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II) para la planta de Agua fría, es mejorar la confiabilidad de los equipos para disminuir las paradas inesperadas en un 90%, ya que estas fallas afectan directamente nuestra operación e influyen directamente en nuestros clientes lo que se ve reflejado en nuestros ingresos, debido a su impacto directo en nuestros visitantes.

El análisis de la planta de agua fría no contempla las instalaciones hidráulicas (tuberías, redes, válvulas de cierre, de drenaje, verticales y calidad del agua).

1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Con el objetivo de contribuir con la misión de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, al tener en cuenta las necesidades de la industria y fortalecer el desarrollo de la región, se busca garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos de clima de zonas comunes del centro comercial Parque Caracolí.

Conforme con esto se pretende desarrollar una solución a esta problemática, proponiendo un mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II) para la planta de agua fría del sistema de climatización de zonas comunes del Centro Comercial Parque Caracolí.

El mantenimiento centrado en confiabilidad tiene como finalidad ayudar a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas, siendo su objetivo principal el razonamiento de los costos de mantenimiento, enfocándose en las funciones más importantes de los sistemas. Al desarrollar un programa de mantenimiento nuevo el resultado será que la carga de trabajo sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos no pro activos.

Los programas de mantenimiento más efectivos se enfocan en garantizar la vida útil del activo, evitando las fallas o minimizando sus consecuencias, lográndose esto mediante el uso de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE GRADO

1.3.1 Objetivo General.

Desarrollar un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II) para la planta de Agua Fría del sistema de Climatización de zonas comunes del Centro Comercial Parque Caracolí para garantizar una mayor disponibilidad del equipo.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Identificar los equipos de la planta de Agua Fría del Centro Comercial Parque Caracolí a los que se les va implementar la metodología RCM II.
- Definir la criticidad de cada uno de los sistemas a los que se les va implementar la metodología RCM II.
- Definir las funciones principales y secundarias en cada uno de los sistemas a aplicar la metodología.
- Realizar un análisis de modo de falla y efectos en los sistemas a aplicar la metodología.
- Aplicar la hoja de decisión de la metodología RCM para asignar las tareas para preservar cada una de las funciones.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCION

El impacto económico es el principal motivo para establecer un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II) ya que necesitamos estrategias que aumenten la confiabilidad y disponibilidad de la planta de Agua Fría, ya que el funcionamiento de este sistema se ve reflejado directamente en los ingresos de nuestra compañía, debido a varias razones:

- Afectación del flujo de gente en pisos comerciales.
- Incomodidad en el confort ambiental que se va ver reflejado en desconfianza y rechazo por parte de nuestros clientes externos.
- Mala experiencia al cliente externo e interno por falta de A.A. al interior del Centro Comercial y mala imagen producto de esta mala experiencia.
- Aumento en el tiempo de mantenimiento, debido a su condición de correctivo, que se refleja en paradas forzosas, cambios de piezas.

Debido a que nuestro modelo de negocio se ve afectado por las ventas de nuestros locatarios, puesto que el canon de arrendamiento de los locales aumenta, si las ventas de los mismos superan un punto de equilibrio; que determina el incremento del arriendo respecto al valor base establecido, por todo lo anterior, siempre buscamos que la rentabilidad de los locatarios sea máxima.

Sumado a esto las estrategias de mantenimiento actuales de esta planta no han sido reformadas desde su creación, y Parque Arauco ha definido recientemente la implantación de un sistema de confiabilidad basado en RCM II para los equipos más críticos de todos los Malls de la compañía. El presente trabajo pretende establecer un modelo de mantenimiento que apunte a reducir los tiempos muertos, producto de paradas inesperadas en la planta de Agua Fría, y establecer métodos que permitan actuar preventivamente ante las potenciales fallas, que puedan presentarse en los equipos que la componen, para de esta manera dar la mejor experiencia de confort, descanso y entretenimiento a nuestros clientes.

2. PARQUE ARAUCO

Figura 4. Logo Parque Arauco



Fuente: www.parquearauco.cl

2.1 GENERALIDADES PARQUE ARAUCO

Parque Arauco es un desarrollador y operador de activos inmobiliarios multiformato presentes en tres países con alto potencial de crecimiento.

Desarrolla y administra activos inmobiliarios multiformato, principalmente de uso comercial, orientados hacia distintos sectores socioeconómicos en Chile, Perú y Colombia.

Tiene cuatro formatos de centros comerciales: regionales, vecinales, outlet malls y strip centers. Los locatarios son tiendas por departamento, de mejoramiento del hogar, supermercados, restaurantes, cines, centros de salud y tiendas menores de distintos rubros.

Estudia las ciudades de los países en los que están presentes y buscan las mejores ubicaciones en cada ciudad. Una vez elegida la ubicación, materializamos conceptos comerciales a la medida, que tienen el tamaño adecuado, la infraestructura apropiada y el mix comercial óptimo. Finalmente, cuando el centro comercial se encuentra construido y arrendado a los locatarios, se preocupa de mejorar continuamente la experiencia de compra de los clientes.

Tienes una base de ingresos estable y bien diversificada. La estabilidad de ingresos se sustenta en una estructura de contratos cuyos arriendos se componen en mayor parte por cobros fijos con vencimientos en el largo plazo.

Cuenta con un equipo experimentado de profesionales, con el compromiso de nuestros accionistas y acreedores, con una sólida relación con los retailers y con el reconocimiento de los clientes.

2.1.1 Reseña Histórica.

Parque Arauco es un desarrollador inmobiliario en la industria del retail, cuyo negocio es el desarrollo y operación de centros comerciales, que ofrecen espacios de compra y entretenimiento para el público de las principales ciudades de Latinoamérica.

Nos respaldan 30 años de historia y nuestra posición como líderes de mercado en la industria inmobiliaria y del retail. Hoy somos una compañía única. Gracias a la confianza de nuestros inversionistas y locatarios, a las mejores prácticas de nuestro equipo y a nuestro sólido servicio de atención al cliente, hoy somos capaces de desarrollar y operar centros comerciales con altos estándares de calidad y eficiencia. Además, estos ya son hitos de la innovación que han posicionado a Parque Arauco como referente para la industria.

PRESENCIA REGIONAL

▪ COLOMBIA

En Colombia contamos con presencia desde el 2008 estableciéndose éste como un país clave dentro del plan de expansión de la compañía. Actualmente contamos con tres proyectos en operación en importantes ciudades como Bogotá, Bucaramanga y Pereira y continuamos nuestra ampliación con proyectos en desarrollo en Sopo, Neiva, Valledupar y Barranquilla.

Nuestros Proyectos en Colombia

Figura 5. Parque Arboleda



Fuente: www.parquearauco.cl

Inaugurado en 2010 | 40.500 m²

Con la inauguración de este centro comercial regional ubicado en la ciudad de Pereira, materializamos nuestro ingreso al mercado colombiano. Parque Arboleda es el mall preferido del eje cafetero.

Figura 6. Parque Caracolí



Fuente: www.parquearauco.cl

Inaugurado en 2013 | 38.500 m²

Parque Caracolí ofrece a los residentes de Bucaramanga un mix comercial completo con marcas internacionales que no existían anteriormente en la ciudad. Además ofrece un boulevard de restaurantes, el primero de la ciudad, que es un punto de encuentro de la ciudad.

Figura 7. Parque La Colina



Fuente: www.parquearauco.cl

Inaugurado en 2016 | 64.000 m²

En diciembre 2016 inauguramos Parque La Colina, nuestro primer centro comercial en Bogotá, capital de Colombia

- **CHILE**

Nuestra casa matriz, es donde inicia la historia de Parque Arauco hace ya más de 30 años. En dicho país se está actualmente iniciando un importante proceso de remodelación de nuestros principales activos, teniendo en cuenta el motor que mueve a la Compañía: la rentabilidad de nuestros locatarios y las preferencias de nuestros consumidores finales. Actualmente contamos con once proyectos en el país austral

Figura 8. Parque Arauco Kennedy



Fuente: www.parquearauco.cl

Inaugurado en 1982 | 113.500 m²

Parque Arauco Kennedy – el primer centro comercial inaugurado en Chile- es el líder en innovación y vanguardia en la industria de centros comerciales del país.

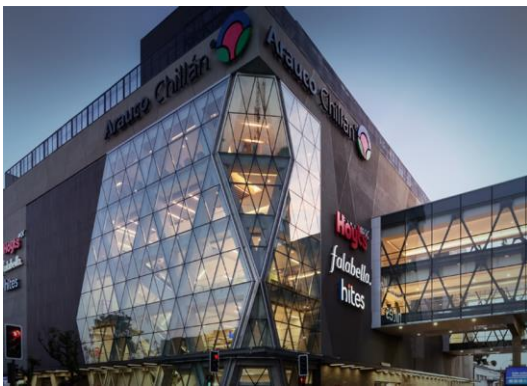
Figura 9. Arauco Maipú



Inaugurado en 1993 | 74.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 10. Arauco Chillán



Incorporado en 2007 | 32.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 11. Arauco Estación



Incorporado en 2008 | 66.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 12. Arauco San Antonio



Inaugurado en 2009 | 28.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 13. Arauco Premium Outlet Buenaventura



Incorporado en 2012 | 25.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 14. Arauco Express



Incorporados a partir de 2012 | 33.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 15. Arauco Quilicura



Inaugurado en 2013 | 32.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 16. Arauco Premium Outlet San Pedro



Inaugurado en 2014 | 6.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 17. Arauco Premium Outlet Curauma



Inaugurado en 2014 | 7.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 18. Arauco Premium Outlet Coquimbo



Inaugurado en 2016 | 6.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

- **PERÚ**

Concretamos el primer proyecto íntegramente conceptualizado, desarrollado y operado por **Parque Arauco S.A.** en Perú y adquirimos otros emplazados en ciudades estratégicas para la industria del retail: Lima y Chimbote; mercados atractivos para nuestra compañía, que nos permitirán continuar creciendo con modernos centros comerciales y la mejor oferta de compra y diversión para el consumidor. Nuestros proyectos en dicho país incluyen:

Figura 19. Mega Plaza Norte



Incorporado en 2006 | 111.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 20. Megaplaza Express Villa



Inaugurado en 2009 | 8.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 21. Larcomar



Incorporado en 2010 | 26.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 22. Parque Lambramani



Inaugurado en 2010 | 29.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 23. MegaPlaza Chimbote



Inaugurado en 2012 | 28.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 24. Megaplaza Express Villa



Inaugurado en 2012 | 9.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 25. Megaplaza Express Chincha



Inaugurado en 2013 | 9.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 26. Megaplaza Express Barranca



Inaugurado en 2013 | 10.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 27. Megaplaza Cañete



Inaugurado en 2013 | 16.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 28. Inoutlet Faucett



Incorporado en 2013 | 7.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 29. Viamix Chorrillos



Incorporado en 2014 | 4.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 30. El Quinde Ica



Incorporado en 2015 | 36.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 31. El Quinde Cajamarca



Incorporado en 2015 | 30.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 32. Megaplaza Pizco



Incorporado EN 2015 | 14.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 33. Inoutlet Premium Lurin



Inaugurado en 2016 | 8.500 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

Figura 34. Viamix Las Malvinas



Incorporado en 2015 | 2.000 m²

Fuente: www.parquearauco.cl

2.1.2 Misión y Valores.

Somos un desarrollador y operador de activos inmobiliarios multiformato, con presencia en distintos países y exposición a diversos segmentos socioeconómicos. Desarrollamos proyectos exitosos en las mejores ubicaciones, con una adecuada infraestructura y propuesta comercial, y buscamos formas innovadoras de ofrecer la mejor experiencia a nuestros clientes.

Hay dos valores fundamentales en nuestra compañía: excelencia y felicidad. Buscamos méritos profesionales y trato justo que acompañe al crecimiento profesional de nuestros empleados.

También desarrollamos iniciativas centradas en mejorar la calidad de vida de nuestros empleados y su equilibrio entre la vida personal y laboral.

2.1.3 Indicadores Relevantes

Tabla 1. Indicadores Relevantes Parque Arauco

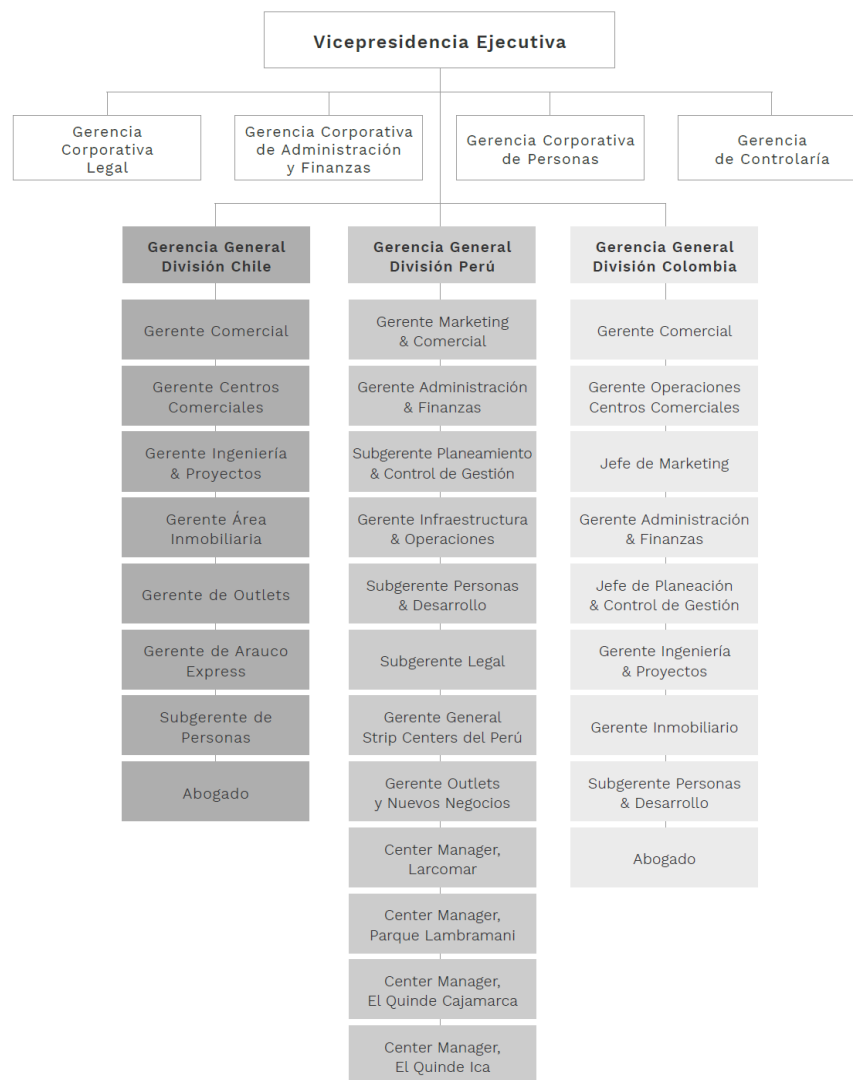
	Chile	Perú	Colombia
ABL (m2)	424.000	380.000	143.000
Ocupación (%)	96,1%	92,7%	91,6%
Ingresos UDM (CLP MM)	99.496	49.531	11.107
Centros Comerciales en Operación	24	18	3
Tabla Resumen	Últimos Doce Meses		
Ingresos Totales (CLP MM)		160.134	
EBITDA (CLP MM)		110.495	
Margen EBITDA (%)		69%	
NOI		122.165	
FFO Controlado		73.439	
FFO Controlado Ajustado		69.515	
Margen FFO Ajustado		50%	
Utilidad neta (CLP MM)		88.314	
Margen ganancia (%)		55,2%	
Activos		1.959.020	
Propiedades de Inversión		1.493.263	

Pasivos	1.060.076
Deuda Financiera Neta (CLP MM)	649.352
Patrimonio	898.944

Fuente: www.parquearauco.cl

2.1.4 Estructura Organizacional Ejecutiva

Figura 35. Estructura Organizacional Ejecutivos



Fuente: www.parquearauco.cl

2.1.5 Gobierno Corporativo.

Se caracteriza por la búsqueda de la transparencia y la promoción de las buenas prácticas al interior de la compañía. Algunas acciones que materializan este compromiso:

- Contamos con un Comité de Ética interno y con una herramienta de denuncia de irregularidades abierta para todos nuestros grupos de interés llamada EthicsPoint.
- Desarrollamos el *Manual de Libre Competencia* como referente para nuestros equipos comerciales y para los colaboradores de la compañía.
- Contamos con un *Código de Conducta Empresarial* que indica las conductas mínimas -no negociables- aplicables a todas las personas que pertenecen a nuestra organización.
- Fuimos reconocidos como la mejor empresa en la categoría “Mejor Investor Relations Small Cap” del Ranking de las Top 100 mejores empresas para invertir que hace la Revista Capital y Santander GCB.
- Fuimos nominados en todas las categorías de los premios Alas20 2016: Empresa líder en Gobierno Corporativo, Empresa líder en Relaciones con inversionistas, Empresa líder en Sustentabilidad, Gerente General líder en Sustentabilidad, Director de Empresa líder en Sustentabilidad.
- Somos la primera empresa Latinoamericana de real estate en entrar al Dow Jones Sustainability Index (DJSI) Emerging Markets y Chile, en reconocimiento a nuestras buenas prácticas en sostenibilidad.

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE ZONAS COMUNES DEL CENTRO COMERCIAL PARQUE CARACOLÍ

2.2.1 Localización y generalidades del sistema de clima

Parque Caracolí está ubicado en la ciudad de Floridablanca, Santander. El centro comercial inició operaciones desde el 30 de abril de 2013, tiene un área de construcción de 85.660 m² con 3 sótanos de estacionamiento para 800 vehículos y 300 motocicletas, 5 niveles de comercio, 7 niveles de hotel y 3 niveles de Oficinas, cuenta con almacenes anclas como Falabella, Cinemark y 147 locales comerciales.

El sistema de climatización cuenta con sistemas independientes de aire acondicionado (chiller's, torres enfriamiento). Los chillers proveen confort ambiental a las áreas comunes del Centro Comercial.

Los chillers como las unidades de expansión directa se colocan en el exterior del edificio. En el interior del edificio se colocará la unidades termo-ventiladas denominadas UMA (Unidad Manejadora de Aire). Las únicas conexiones entre la unidad interna y la unidad externa es un circuito hidráulico común cerrado. El líquido tratado en la unidad exterior enfriado o calentado circulará impulsada por la bomba incluida en el sistema hidrómico, por todas las unidades UMA utiliza el agua que circula por él, enviando el resultante del intercambio térmico (aire frío o aire caliente), mediante un ventilador al ambiente según las demandas de confort del usuario. Para dicho proceso los chiller reciben suministro de agua proveniente de las torres de enfriamiento del Centro Comercial que entran a una temperatura de 52,4 °F (20,4 °C) y salen de este a una temperatura de 46.5 °F (14.5 °C) para dar inicio al ciclo de acondicionamiento del ambiente según las necesidades de

confort que solicite el usuario, y que afectan la operación de las áreas comunes del CC.

El Centro Comercial cuenta para esta operación con dos equipos marca YORK modelos **YR TD TD T0 - 46C** y **YR TD TD T0 - 46C** con una capacidad instalada de 220 Ton, 750 GPM destinados para acondicionar los ambientes de las zonas comunes de Parque Caracolí.

2.2.2 Descripción técnica del sistema de clima.

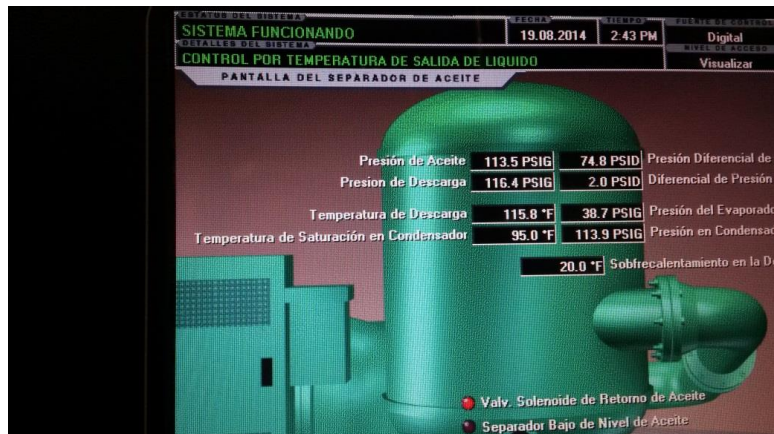
Sistema de Chillers de Enfriamiento

MARCA: YORK / Planta de Fabricación E.E.U.U.

REF: **YR TD TD T0 - 46C** y **YR TD TD T0 - 46C**

DETALLES GENERALES: *Pantalla de control central, mirilla, orificio variable, separador de aceite, evaporador, condensador.*

Figura 36. Pantalla del Condensador en el Chiller



Fuente: Parque Arauco

Tabla 2. Combinaciones de compresor y casco disponibles

TABLE 6 – AVAILABLE COMPRESSOR/SHELL COMBINATIONS

COMPRESSOR CODE	EVAPORATOR SHELL	CONDENSER SHELL
T0, T1	TA, TB, TC, TD	TA, TB, TC, TD
	VB, VC, VD	VB, VC, VD
T1	WA, WB, WC, WD	WA, WB, WC, WD
T2*	VB, VC, VD	VB, VC, VD
T2/T3	WA, WB, WC, WD	WA, WB, WC, WD
	XB, XC, XD	XB, XC, XD

* 50 Hz. Only

Fuente: Manual Chiller YORK Model YR TD TD T0 - 46C

Figura 37. Pantalla de condensador en el Chiller



Fuente: Parque Arauco

- *Motor Hermético.*

Tabla 3. Arrancador de motor

TABLE 5 – MOTOR STARTERS

TYPE STARTER	SOLID STATE STARTER	STAR DELTA		AUTO TRANSFORMER			ACROSS THE LINE
		200-600 380-415	200-600 380-415	200-600 380-415	200-600 380-415	200-600 380-415	
60HZ 50 HZ	200-600 380-415	200-600 380-415	200-600 380-415	200-600 380-415	200-600 380-415	200-600 380-415	200-600 380-415
TRANSITION % TAP INRUSH AS A % OF LRA	NONE — 45	CLOSED — 33	OPEN — 33	CLOSED 57.7 33	CLOSED 65 42.3	CLOSED 80 64	— — 100

Fuente: Manual Chiller YORK Model YR TD TD T0 - 46C

- *Compresor de Tornillo Rotativo.*

Tabla 4. Pesos Componentes

TABLE 7 – WEIGHTS

COMP.	SHELLS	SHIPPING WEIGHT		OPERATING WEIGHT		REFRIGERANT CHARGE		LOADING PER ISOLATOR	
		(LBS)	(KG)	(LBS)	(KG)	(LBS)	(KG)	(LBS)	(KG)
T0	TATA	12864	5835	13468	6108	560	254	3367	1527
	TATB	12946	5872	13583	6161	560	254	3396	1540
	TATC	13008	5900	13673	6201	560	254	3418	1550
	TATD	13097	5940	13799	6259	560	254	3450	1564
	TBTA	12954	5875	13590	6164	560	254	3398	1541
	TBTB	11740	5325	12990	5892	530	240	3247	1472
	TBTC	11790	5347	13080	5932	530	240	3270	1483
	TBTD	11890	5393	13230	6001	530	240	3307	1500
	TCTA	12994	5893	13670	6200	500	227	3418	1550
	TCTB	11810	5356	13100	5942	500	227	3275	1485
	TCTC	11860	5379	13190	5982	500	227	3297	1495
	TCTD	11960	5424	13340	6050	500	227	3335	1512
	TDTA	13074	5930	13797	6258	465	211	3449	1564
	DTB	11885	5390	13225	5998	465	211	3306	1499
	DTDC	11935	5413	13315	6039	465	211	3328	1509
	TDTD	12035	5458	13465	6107	465	211	3366	1526
	VBVB	12530	5683	14170	6427	750	340	3542	1608

Fuente: Manual Chiller YORK Model YR TD TD T0 - 46C

- *Arrancador de Estado Sólido.*

Tabla 5. Arrancador de estado sólido

SOLID STATE STARTER WEIGHT		
SIZE	LBS	KGS
7L, 14L	200	91
26L, 33L	300	136

Fuente: Manual Chiller YORK Model YR TD TD T0 - 46C

Figura 38. Vista Lateral Chiller

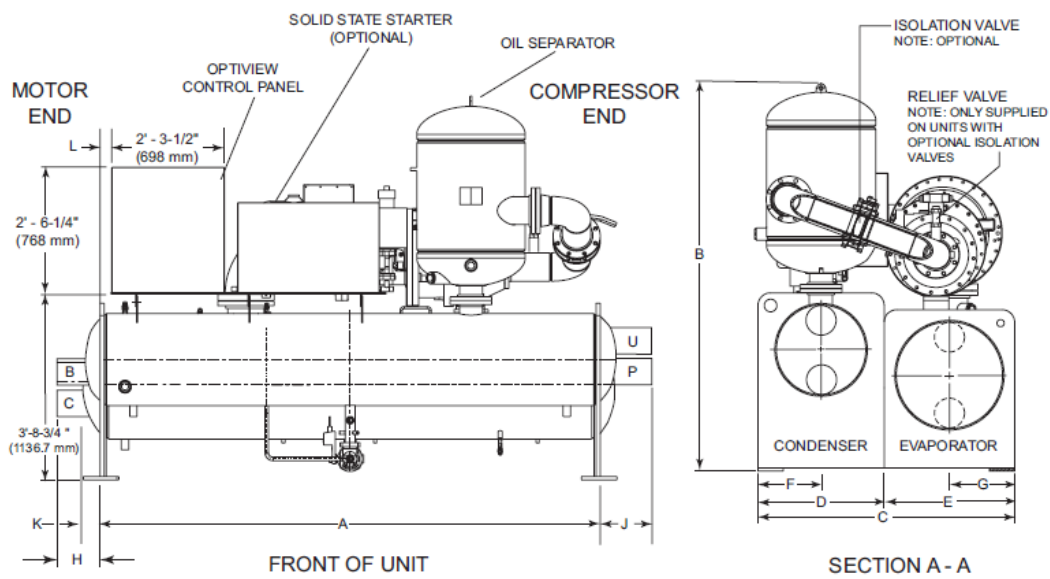


FIG. 3 – T0-T3 COMPRESSORS – EVAPORATOR, CONDENSER AND WATER BOXES DIMENSIONS

Fuente: Manual Chiller YORK Model YR TD TD T0 - 46C

SISTEMAS DE SEGURIDAD: Panel de control indicador del sistema, baja Presión del Evaporador. “Peligro - Limite de presión baja del Evaporador”, alta Presión del Condensador. “Peligro - Límite de presión Alta del Condensador”, corriente alta del Motor. “Peligro - Límite de Corriente Alta del Motor”, baja descarga de Sobrecalentamiento. “Peligro - Límite de Sobrecalentamiento de baja descarga”, presión Alta de descarga. “Peligro - Límite de Presión Alta de Descarga”, Protección de niveles mínimos de agua

SISTEMAS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA

- Protección de variador de velocidad contra caídas de tensión.
- Tablero de control con protección a cortos circuitos.

CONECTIVIDAD ELÉCTRICA

- Acometida eléctrica a 440 V
- Tablero de distribución principal ubicada en cubierta técnica aledaña a los equipos.
- Protecciones de 630 A y 250 A.

COMPONENTES

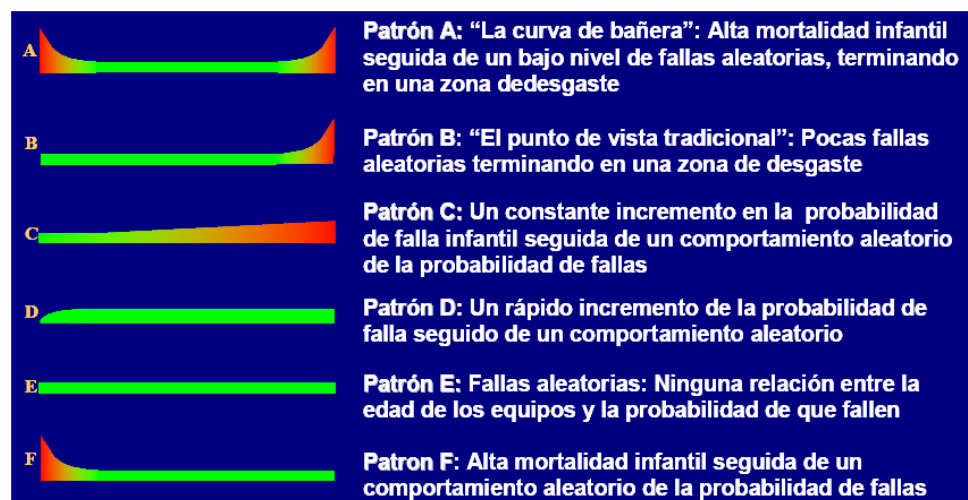
- Arrancador de Estado Sólido.
- Compresor de Tornillo Rotativo.
- Motor Hermético.
- Condensador.
- Evaporador.
- Separador de Aceite.
- Pantalla de Control Central.
- Mirilla.
- Orificio Variable.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Existen diferentes tipos de mantenimientos aplicados en la industria que dependen de muchos factores: como por ejemplo el costo, la disponibilidad y la criticidad del equipo, los tipos de mantenimiento más comunes son el mantenimiento correctivo y preventivo este último prevalecía en la segunda generación del mantenimiento (años 50's a 70's). Grandes reparaciones y sustitución cíclica de elementos, eran las características de esta época en la que se pensaba que el tiempo de uso de un componente estaba estrechamente ligado a la probabilidad de falla del mismo, que junto con una conciencia de la posibilidad de fallas prematuras, daba origen a la popular curva de la bañera como patrón de fallas. Hoy en día parece haber cada vez menos relación entre la edad de un activo y la probabilidad de falla del mismo, de hecho se han identificado 6 diferentes patrones de falla según el tipo de equipo.

Figura 39. Patrones de falla



Fuente: <http://docplayer.es/10767426-Modelo-gerencial-de-mantenimiento-del-sistema-de-control-distribuido-dcs-marca-honeywell-en-la-grb-ecopetrol-jose-luis-melendez->

3.1.1 Mantenimiento Correctivo.

Es el proceso de corrección de las fallas o averías de los equipos, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería, que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.

Históricamente, el mantenimiento nace como un servicio a la producción, lo que se denomina Primera Generación del Mantenimiento y cubre el periodo que se extiende desde el inicio de la revolución industrial hasta la Primera Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de paro de maquina no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos, no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez, muchos de los equipos eran simples, y una gran cantidad estaba sobredimensionada. Esto hacía que fueran fiables y fáciles de reparar. Como resultado no había necesidad de un mantenimiento sistematizado más allá de limpieza y lubricación, y en consecuencia la base del mantenimiento era puramente correctiva.

Las posteriores generaciones del mantenimiento trajeron el preventivo sistemático, el predictivo, el proactivo, el mantenimiento basado en fiabilidad, etc. Aun así, una buena parte de las empresas basan su mantenimiento exclusivamente en la reparación de averías que surgen, e incluso algunas importantes empresas sostienen que esta forma de actuar es la más rentable. En muchas otras, las tareas correctivas suponen un alto porcentaje de su actividad y son muy pocas las empresas que han planteado como objetivo reducir a cero este tipo de tareas (objetivo cero averías) y muy pocas son las que lo han conseguido.

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y el no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la

información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo. Si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma repercusión el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

En segundo lugar, afecta a un indicador llamado 'Fiabilidad'. Este indicador, no incluye las paradas planificadas (en general, las que se pueden programar con más de 48 horas de anticipación).

3.1.2 Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento preventivo puede definirse como la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario.

Su propósito es prever las fallas, manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y

eficiencia óptimos. La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro, de un equipo, así como la posibilidad de definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

■ **Ventajas del mantenimiento preventivo**

Algunas de las ventajas del mantenimiento preventivo son:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones de la empresa.
- Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto reducción de sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

3.1.3 Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II).

Nace del desarrollo de una propuesta de mantenimiento basada en preservar la función del equipo en su contexto operacional, es decir preservar lo que el usuario considera se debe preservar. Para un mismo activo en diferentes contextos operacionales, lo que para uno es una falla para otro no. Específicamente RCM nace de la necesidad de mejorar las prácticas de mantenimiento de los equipos de aviación civil en Estados Unidos. Hoy en día esta metodología es aplicable casi a cualquier industria. Debido a la versatilidad del Mantenimiento Centrado en

Confiabilidad y sus rápidos resultados a un bajo costo es una de las técnicas más usadas en la actualidad por la industria a nivel mundial, debido a que es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios requieren que haga en su contexto operacional.

Por lo que el RCM logra mayor seguridad e integridad ambiental es decir actúa para minimizar o eliminar todos los riesgos observados en relación con la seguridad de equipos y el ambiente además mejora la aptitud del personal con este tema.

Mejor funcionamiento operacional debido a que RCM reconoce los diferentes tipos de mantenimiento y su valor que puede aportar reglas para definir cuál es el más adecuado en cada caso. De esta manera se asegura que solo las formas de mantenimiento con mayor efectividad se aplicaran para cada activo y no se tendrán en cuenta los casos negativos que no puedan generar aportes. Este filtro ayuda a ajustar y orientar el mantenimiento y lleva a grandes mejoras en el desempeño de los equipos donde se necesitan y si es aplicado correctamente tiene reducciones de 40% a 70%.

Mayor costo-beneficio del mantenimiento esto se debe a que RCM se orienta a actividades mantención con mayor efecto en el desempeño de la planta, esto asegura que toda la inversión que se haga en mantenimiento se focaliza en las áreas en las que se puedan obtener los mejores resultados. Si RCM se aplica en actividades de Mantenimiento existentes reduce la cantidad de rutinas.

Mayor vida útil de componentes costosos debido al cuidadoso énfasis en el uso de técnicas de mantenimiento a condición.

En conclusión la metodología RCM está siendo aplicada cada vez más en la industria para crear o modificar planes de mantenimiento, debido a que ha demostrado ser una metodología económica (Se ha demostrado que partiendo desde 0 se puede ahorrar entre un 5% y un 15% de los costos de mantenimiento) que mejora la confiabilidad del equipo , que se adapta al entorno operacional de cada empresa y que acerca más a los involucrados en el mantenimiento con los equipos a cargo, mejorando las habilidades para planear y ejecutar el mantenimiento.

3.2 GENERALIDADES MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM II

3.2.1 Mantenimiento centrado en confiabilidad.

La industria de la aviación fue la primera en darse cuenta que se debe dedicar tanto esfuerzo en asegurarse que se están realizando las tareas correctamente, como en asegurarse que se están haciendo las tareas correctas. Esto dio lugar al desarrollo de mecanismos de toma de decisiones que se conocieron en el gremio como MSNG3 y fuera de este como RCM o Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

En casi todos los sectores RCM se está convirtiendo en el mecanismo de custodia de los activos físicos, debido a que no existe otra técnica que determine de manera segura las cantidades mínimas de tareas necesarias para que el activo preserve su función. La definición de RCM sería entonces: "Proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual"¹.

¹ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon LLC, 2004.

3.3 PREGUNTAS BÁSICAS DE LA METODOLOGÍA RCM ACERCA DEL ACTIVO A REVISAR.

Tabla 6. Siete preguntas básicas que plantea el RCM.

¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
¿Qué sucede cuando ocurre una falla?
¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Fuente: Moubray Jhon; Mantenimiento Centrado en Confiabilidad [2004].

- **¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?**

Básicamente las funciones son aquello que los usuarios desean que haga un activo físico, por eso el primer paso es definir las funciones en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados. Las funciones están divididas en dos categorías:

Funciones primarias: Resumen el por qué de la adquisición del activo.

Funciones secundarias: Las que el usuario espera que el activo debería hacer además de cumplir con las funciones primarias. Generalmente el usuario tiene expectativas de seguridad, confort, economía, eficiencia etc.

3.4 OBJETIVOS Y VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM

Objetivos: reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias.

Ventajas: si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en las empresas, puede reducir la magnitud del mantenimiento rutinario hasta un 40% a 70%.

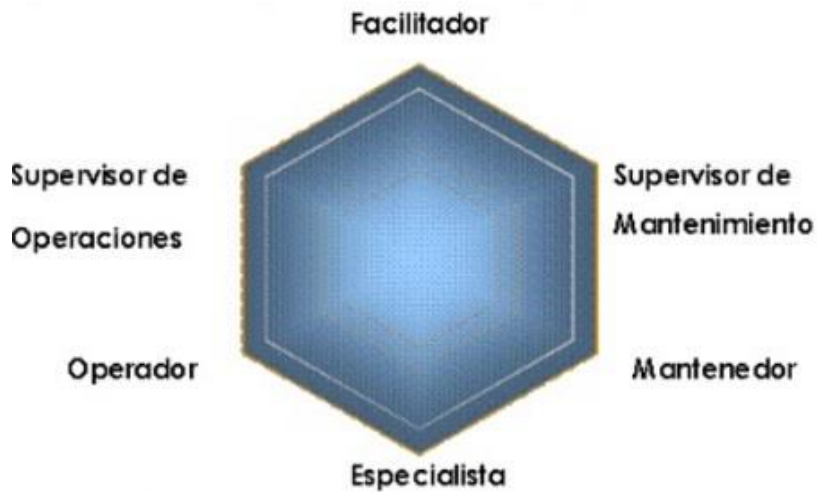
Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento preventivo en la empresa, la carga de trabajo programada será mucho menor que si el sistema fuera un método convencional.

Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas. Saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quién debe hacer qué, para conseguirlo.

3.5 EQUIPO NATURAL DE TRABAJO

Es el conjunto de personas de diferentes funciones de la organización, que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar los problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común. Los equipos naturales de trabajo son vistos como los mayores contribuyentes al valor de la empresa, y trabajan consistentemente a largo plazo.

Figura 40. Grupo tipo de revisión



Fuente: <https://es.slideshare.net/RenzoArredondo1/confiabilidad-operacional-54691447>

En la práctica, el personal de mantenimiento no puede contestar todas las preguntas por sí mismos. Esto porque muchas de las respuestas solo las pueden dar el personal de operaciones, los cuales se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de las fallas y las consecuencias de los mismos. Por esta razón, una revisión de los requisitos de mantenimiento de cualquier equipo debería hacerse por equipos de trabajos reducidos que incluyan una persona por lo menos de mantenimiento y otra de producción.

3.5 CONCEPTO OPERACIONAL

El primer documento que se realiza para un análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, es el contexto operacional, lo que debe realizarse muy cuidadosamente porque de esto dependerá la ejecución del análisis, el cual debe contener una descripción detallada de la instalación que será analizada; también se refleja el propósito del equipo o sistema, descripción de equipos y procesos, dispositivos de seguridad, metas de seguridad ambiental y operacional, volumen

de producción, calidad, servicio, planes a futuro, personal, turnos de trabajo, operaciones, mantenimiento, gerencia, límites del sistema y un listado de componentes de cada sistema en caso de que haya división del sistema en varios subsistemas, incluyendo dispositivos de seguridad e indicadores.

3.7 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.

El análisis de los modos y efectos de fallas (FMEA), constituye la herramienta principal del MCC, para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada.

EL FMEA es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. Hay que tener presente que la realización del FMEA, constituye la parte más importante del proceso de implantación del MCC, ya que a partir del análisis realizado por los grupos de trabajo MCC, a los distintos activos en su contexto operacional, se obtendrá la información necesaria para poder prevenir las consecuencias o efectos de las posibles fallas, a partir de la selección adecuada de actividades de mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias. “un modo de falla es cualquier suceso que cause una falla funcional”

Funciones primarias: las funciones primarias de un elemento son las razones por las que existe, de modo que normalmente es una tarea sencilla identificarlas y describirlas. A menudo se identifica la función primaria por el nombre del elemento.

Funciones secundarias: además, de sus funciones primarias, casi todo elemento

tiene diversas funciones secundarias. Suelen ser menos obvias que las funciones primarias, pero su falla puede traer graves consecuencias, a veces más graves que las de la falla de una función primaria. Estas funciones son definidas por los criterios o estándares de funcionamiento.

Fallas funcionales: las fallas funcionales se producen por la incapacidad de un elemento físico de satisfacer un criterio de funcionamiento deseado. Para definir una falla funcional sólo se requiere escribir la función en sentido negativo, es decir, contradecir la función en caso de una bomba, no “bombear” algún fluido.

Modos de fallas: son las razones que dan origen a las fallas funcionales, es decir, lo que hace que la planta, sistema o activo no realice la función deseada. Cada falla funcional puede ser originada por más de un modo de falla y cada modo de falla tendrá asociado ciertos efectos, que son básicamente las consecuencias de que esta falla ocurra.

Efecto de fallas: cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.

Consecuencia de las fallas oculto: una función oculta o no evidente, es aquella cuya falla no es detectable por los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por sí solo. Generalmente no ejercen efecto directo, pero si exponen a las instalaciones a otras fallas cuyas consecuencias serían más graves, y a menudo catastróficas. Suelen ser hasta la mitad de los modos de falla de los equipos complejos modernos.



3.8 APLICACIÓN DE ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLAS

Una vez determinados los equipos y componentes críticos del sistema se le aplica el análisis de modos y efecto de fallas, el cual consiste en determinar las funciones, las fallas de las funciones, las causas y las consecuencias de las fallas. Los manuales de fabricantes, manuales de operaciones de los equipos fueron las referencias revisadas, para indagar sobre las interrogantes que propicia el FMEA.

Las conversaciones con el personal de mantenimiento, forman parte fundamental de esta etapa y el desarrollo del trabajo, se harán entrevistas al personal de mantenimiento, el equipo natural de trabajo, para registrar los resultados del FMEA, se desarrolla una hoja de información adaptada a los equipos que componen a la planta de Agua Fría, basada en la plantilla de información RCM II

Vale la pena resaltar que estos sistemas son muy avanzados, dado que el control y automatización hacen parte fundamental de los equipos, sin embargo, nos dirigimos hacia las partes mecánicas de los activos, más que a la parte de control, pues nuestro interés en este momento es por fallos mecánicos, y reparaciones mecánicas no digitales.

Tabla 7. Hoja de Información

HOJA DE INFORMACIÓN					
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA		
1	Proteger al Equipo para no Operar con caudales menores a 700 GPM	A No llega el caudal suficiente.	1 Las Torres de Enfriamiento no entregan el caudal suficiente.	Apagado Automatico del Equipo por protección	
			2 Fuga de agua en la línea de entrega.	Apagado Automatico del Equipo por protección	
			3 Sensores emiten lecturas erróneas	Apagado Automatico del Equipo por protección	
			4 Los tanques de reserva están vacíos.	Apagado Automatico del Equipo por protección	
2	Proteger variador de velocidad contra caídas de tensión.	A Caída de tensión Afecta variador de velocidad	1 Se apaga las bombas para proteger el chiller.	No llega caudal y el chiller se apaga	
			2 El chiller no tiene la carga suficiente para su funcionamiento.	Se Apaga automaticamente para protegerse de la falla.	
			3 Se protege el Chiller y se apaga.	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.	
			4 Se apagan todos los equipos del grupo de enfriamiento (Bombas y Torres de Energía)	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.	
			5 No llega caudal al chiller.	Se apaga automaticamente para protegerse.	
3	Proteger Tableros de control con protección a cortos circuitos.	A Corto circuito en el Tablero de Control	1 Punto caliente en una de sus líneas de la bornera de llegada del chiller.	Corto circuito y posibles daños en el equipo	
			2 Punto caliente en una de las líneas de la bornera de salida del chiller.		
			3 Sobre tensión		
			4 Daño de protecciones	Daño en equipos.	
			5 Corto circuito interno del subsistema		
			6 Línea Sulfatada		Perdida de conductividad
			7 Aislamiento de Cable roto		Corto circuito y posibles daños en el equipo.
			8 Humedad en las líneas		
4	Proteger Tarjetas de Control con protección a cortos circuitos.	A Corto circuito en la tarjetas de control	1 Punto caliente en una de sus líneas de la bornera de llegada del chiller.	Corto circuito y posibles daños en el equipo	
			2 Punto caliente en una de las líneas de la bornera de salida del chiller.		
			3 Sobre tensión		
			4 Daño de protecciones	Daño en equipos.	
			5 Corto circuito interno del subsistema		
			6 Línea Sulfatada		Perdida de conductividad
			7 Aislamiento de Cable roto		Corto circuito y posibles daños en el equipo.
			8 Humedad en las líneas		

Fuente: Parque Arauco

3.9 DIAGRAMA DE DECISIÓN RCM II

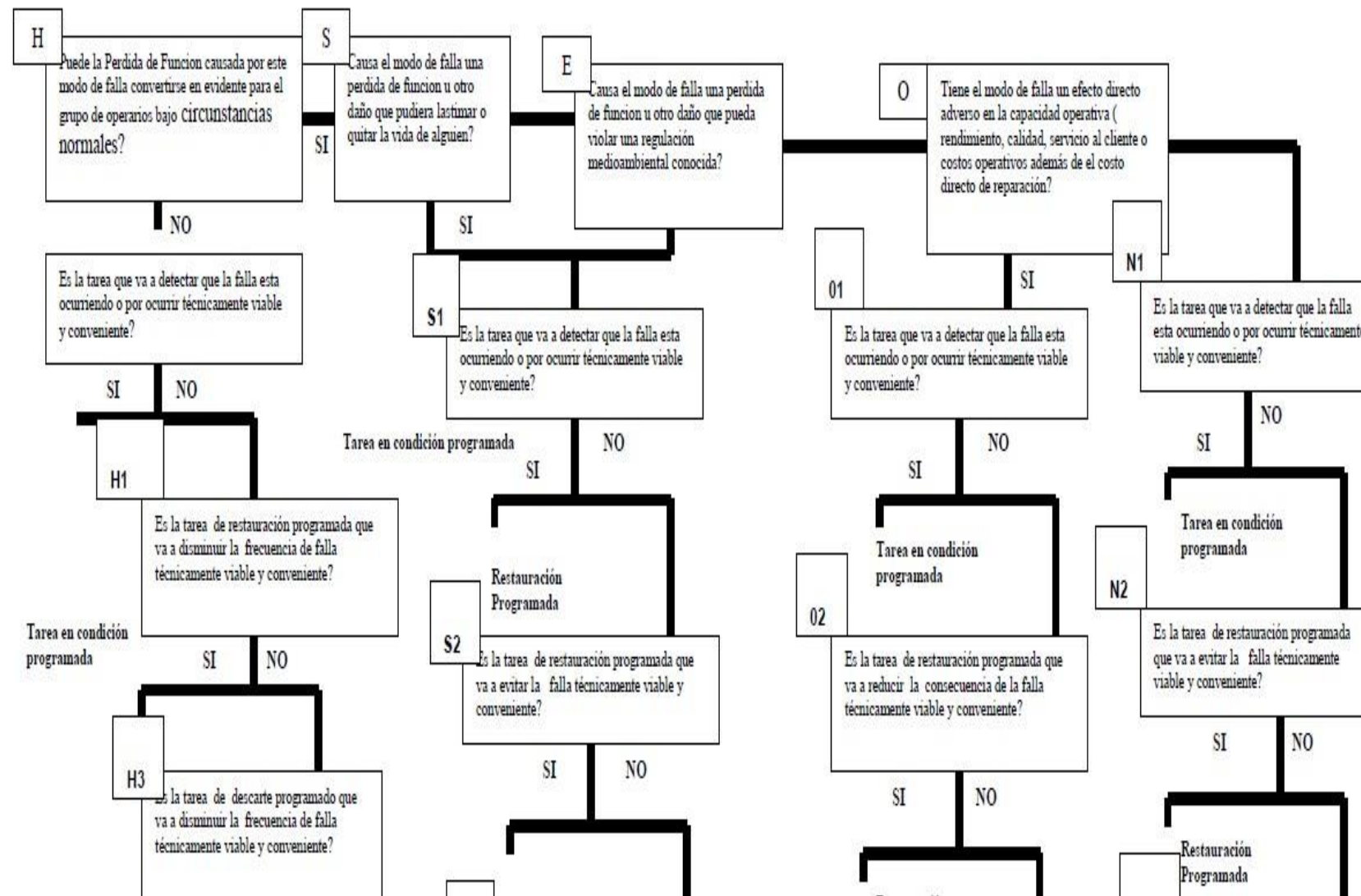
Esta etapa se fundamentará en determinar las tareas necesarias a implementar para el sistema, mediante el método del flujo grama de preguntas al diagrama de decisiones. La técnica podrá realizarse con reuniones con el Equipo de Trabajo y entrevistas constante con el personal de experiencia.

En el siguiente diagrama propuesto se podrían integrar todos los procesos de decisión en un marco estratégico simple, y donde se incluyen todos los análisis de modos y efectos de falla, que intervenga en un sistema o un equipo, también

se lleva una unión de datos con las planillas de decisión RCM II, y donde se pueden interpretar muy bien los datos de las fallas nombradas.

Luego de seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento a partir del Árbol Lógico de Decisión, se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de actividad de mantenimiento seleccionada, con su respectiva frecuencia de ejecución, teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales del MCC, es evitar o al menos reducir las posibles consecuencias a la seguridad humana, al ambiente y a las operaciones, que traerán consigo la aparición de los distintos modos de fallas. El primer paso para seleccionar las actividades de mantenimiento consiste en identificar las consecuencias que generan los modos de fallas.

Figura 41. Diagrama de Decisión



Fuente: Moubray Jhon; Mantenimiento Centrado en Confiabilidad [2004].

Planilla de decisión de RCM II

Tabla 8. Planilla de decisión RCM II

RCM II HOJA DE DECISIÓN PARQUE CARACOLI		SISTEMA: CHILLERS		EQUIPO DE ANÁLISIS: Jorge Neira, (Facilitador), Cristian Farfán, Javier Santos, Gabriel Mendoza.		FACILITADOR: Constanza Marchegiani - Ellmann, Sueiro y Asociados		PARQUE ARAUCO									
Referencia de información	Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas	Tarea Propuesta	A realizar por	Frecuencia Inicial	Tipo Estrategia	Condición Operativa del Equipo				
	F	FF	MF	H	S	E	O	S1 O1						S2 O2	S3 O3	"a falta de"	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	NO	NO	NO	SI	SI						Coordinar con el personal de mto. Para realizar diariamente una lista de chequeo y verificar que las torres si esten entregando el caudal suficiente al chiller.	Técnico Mto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea de Reacondicionamiento Cíclico	En Operación
1	A	2	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO				Coordinar con el personal de mto. Para realizar diariamente una lista de chequeo y verificar que las torres si esten entregando el caudal suficiente al chiller.	Técnico Mto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea de Reacondicionamiento Cíclico	En Operación
1	A	3	SI	SI	NO	SI	NO	SI					Coordinar con el personal de mto. Para realizar diariamente una lista de chequeo y verificar que las torres si esten entregando el caudal suficiente al chiller.	Técnico Mto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea de Reacondicionamiento Cíclico	En Operación
1	A	4	NO	NO	NO	SI	SI						Coordinar con el personal de mto. Para realizar diariamente una lista de chequeo y verificar que las torres si esten entregando el caudal suficiente al chiller.	Técnico Mto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea de Reacondicionamiento Cíclico	En Operación
2	A	1	SI	NO	NO	SI	SI						Inspeccionar diariamente de manera visual Las líneas y acometidas electricas	Técnico Mto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea de Reacondicionamiento Cíclico	En Operación
2	A	2	SI	NO	NO	SI	SI						Inspeccionar diariamente de manera visual Las líneas y acometidas electricas	Técnico Mto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea de Reacondicionamiento Cíclico	En Operación
2	A	3	SI	NO	NO	SI	No	No	No				Inspeccionar diariamente de manera visual Las líneas y acometidas electricas	Técnico Mto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea de Reacondicionamiento Cíclico	En Operación
2	A	4	SI	NO	NO	SI	No	No	SI				Inspeccionar diariamente de manera visual Las líneas y acometidas electricas	Técnico Mto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea de Reacondicionamiento Cíclico	En Operación
2	A	5	SI	NO	NO	SI	SI						Inspeccionar diariamente de manera visual Las líneas y acometidas electricas	Técnico Mto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea de Reacondicionamiento Cíclico	En Operación
3	A	1	SI	NO	NO	SI							Inspeccionar diariamente de manera visual Las líneas y acometidas electricas	Técnico Mto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea en Estado Cerrado	En Operación

Fuente: Parque Arauco

La primera parte muestra el encabezado de la hoja, así como los datos de información del equipo y del personal que realizó la compilación.

La segunda parte expresa la información del FMEA como identificación de cada modo de falla, posteriormente las repuestas de cada modo de falla, sobre si son evidentes, trae consecuencias sobre las personas, el medio ambiente o si trae consecuencias sobre la operación (expresados con H, S, E y O respectivamente), luego se presentan las respuestas, a las tareas recomendadas. Seguidamente aparece una breve descripción de la tarea a Implementar, así como su frecuencia inicial y el departamento recomendado, cumpliendo entonces con las especificaciones de una hoja de decisión.

Cabe destacar que las respuestas a las preguntas del Diagrama se reflejan en la Hoja de Decisiones de la siguiente manera: para respuestas negativas (NO) y para respuestas positivas (SI)

Consecuencia de las fallas: Para el diagrama de decisión pueda decidir sobre las tareas de mantenimiento a realizar, es importante que se tengan las consecuencias de los fallas y decidir el eslabón en que se encuentra cada modo de falla.

Consecuencia de las Fallas Oculto. Una función oculta o no evidente, es aquella cuya falla no es detectable por los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por sí solo.

Generalmente no ejercen efecto directo, pero si exponen a las instalaciones a otros fallas cuyas consecuencias serían más graves, y a menudo catastróficas. Suelen ser hasta la mitad de los modos de falla de los equipos complejos modernos.

Consecuencias de fallos ocultos: una función oculta o no evidente, es aquella cuya falla no es detectable por los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por sí solo.

Generalmente no ejercen efecto directo, pero si exponen a las instalaciones a otros fallas cuyas consecuencias serían más graves, y a menudo catastróficas. Suelen ser hasta la mitad de los modos de falla de los equipos complejos modernos.

Consecuencia para la seguridad: un modo de falla tiene consecuencias sobre la seguridad personal si causa una pérdida de función u otros daños que pudieran lesionar o matar a alguien, mientras que sobre el ambiente si origina una infracción de cualquier normativa o reglamento relacionado con el medio ambiente.

Consecuencias Operacionales: una falla trae consecuencias operacionales si tiene efecto adverso directo sobre la capacidad operacional, afectan al rendimiento total, la calidad del producto y el servicio al cliente. En todos estos casos estas consecuencias cuestan dinero.

Consecuencias no Operacionales: las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría son aquellas que no traen consecuencia sobre la seguridad ni la producción, de modo que solo originan cambios de elementos que se puedan ejecutar de una manera rápida y programada y sola con el coste directo de la reparación

Tareas de mantenimiento preventivo: *son aquellas que ayudan a decidir qué hacer para prevenir una consecuencia de falla. El que una tarea sea técnicamente factible depende de las características de la falla y la tarea.*

Tareas preventivas: se dividen según el MCC en tareas no asociadas con el envejecimiento (tareas a condición) y tareas asociadas con el envejecimiento (tareas de reacondicionamiento cíclico y tareas de sustitución cíclica).

Tareas a condición: las tareas "A Condición" consisten en chequear los equipos si están fallando de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para prevenir la falla funcional o para evitar las consecuencias de las mismas, con estas tareas los elementos que se inspeccionan se dejan en funcionamiento a condición de que continúe desempeñando satisfactoriamente las prestaciones asociadas al equipo. Las tareas a condición son cíclicas y se hacen con cierta frecuencia, y ésta a su vez depende del intervalo P-F; para explicar el concepto de este intervalo hay que definir lo que es una falla potencial.

Tareas de reacondicionamiento cíclico: en estas tareas los equipos son

revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. Las tareas de reacondicionamiento cíclico son técnicamente factibles sí: Existe una edad a partir de la cual se incrementa la probabilidad condicional de falla, la mayoría de los elementos sobreviven a esta edad, y si las fallas, afectan a la seguridad o al medio ambiente, todos los elementos deben soportar esta edad, se puede conseguir su estado original realizando la tarea.

Acciones a “Falta de”: son tareas que deben realizarse si no se pueden encontrar tareas preventivas adecuadas, con este tipo de tareas se completan los siete pasos principales del MCC.

Tareas cíclicas de búsqueda de fallas: estas consisten en chequear una función oculta a intervalos regulares para ver si ha fallado, no se consideran como preventivas porque su objeto es evitar las fallas múltiples que pueden ocurrir si la falla oculta permanece inadvertida; un claro ejemplo de este tipo de tareas es el chequeo continuo de detectores de incendio.

Ningún mantenimiento preventivo: consiste en dejar en servicio al equipo hasta que se produzca una falla funcional. Es aplicable sólo si el mantenimiento preventivo es más costoso que el monto involucrado en las consecuencias operacionales y/o el costo de reparar la falla.

El rediseño: comprende una modificación de las especificaciones de un componente, la adición de un elemento nuevo, la sustitución de una máquina entera por una de otra marca o tipo, o el cambiar una máquina de sitio.

4. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE AGUA FRÍA

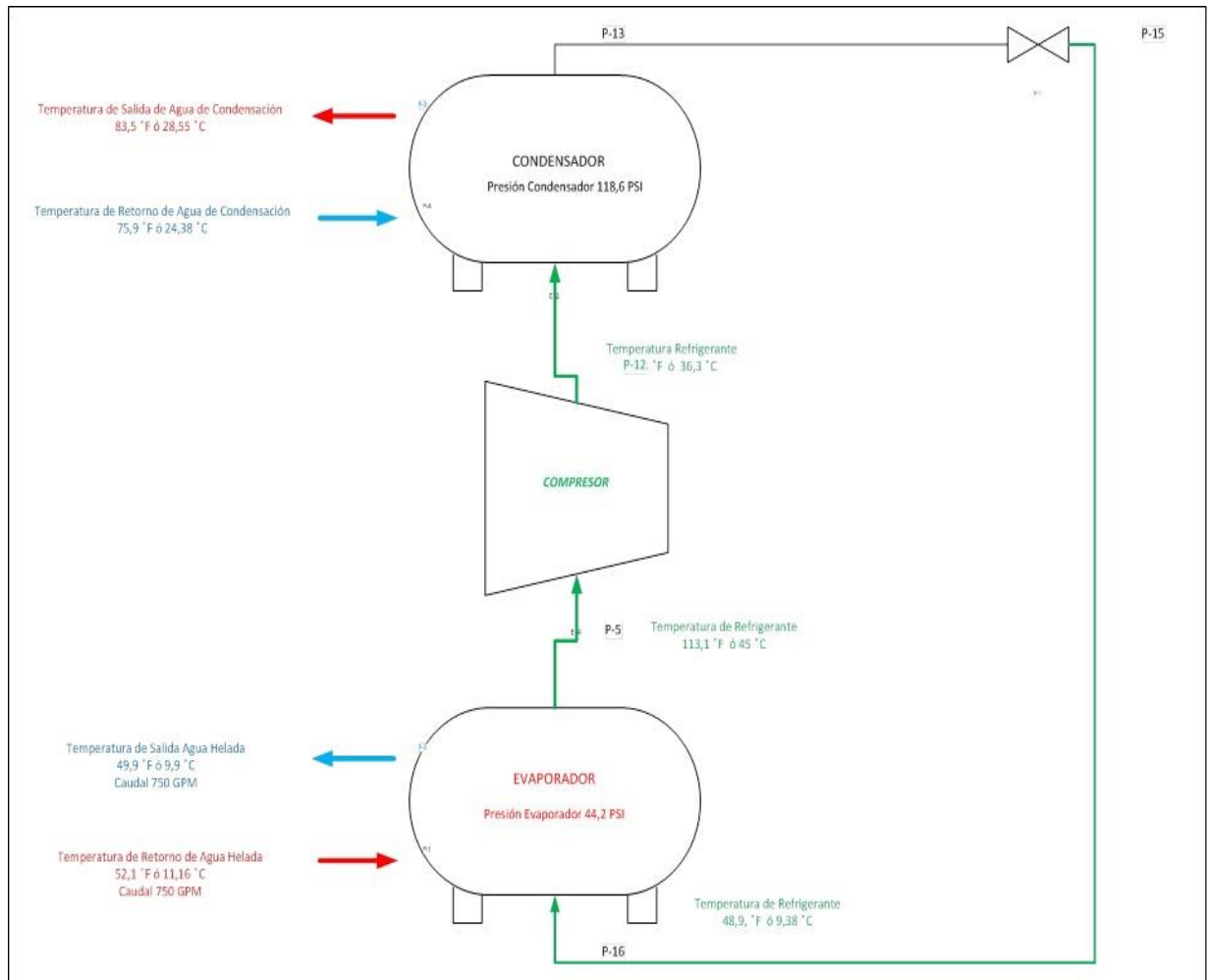
Para las áreas comunes del centro comercial Parque Caracolí se tiene un sistema de agua fría para la cual la parte de condensación está conformada por dos torres de enfriamiento conectadas en paralelo y con su respectivo sistema de bombeo con bomba dual en línea que permite tener una bomba de back up, las redes para la circulación del agua de condensación son en tubería de polibuteno.

4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA DE AGUA FRÍA

- El sistema cuenta con válvulas de corte y balanceo en cada una de las torres con el propósito de poder independizar su funcionamiento, esto da la opción de poder utilizar el 50% de la capacidad total instalada a pesar que una de ellas se encuentre fuera de operación.
- El sistema consta de válvulas de drenaje tanto en las tuberías como en las piscinas de las torres.
- Planta de agua fría del sistema de climatización de zonas comunes.

Los enfriadores de agua están ubicados en el cuarto técnico del sistema clima ubicado en la cubierta del centro comercial (P7-N2) están destinados al enfriamiento de las zonas comunes mediante unidades evaporadoras tipo manejadoras de agua fría y unidades tipo cassette para agua fría.

Figura 42. Esquema chillers planta de Agua Fría

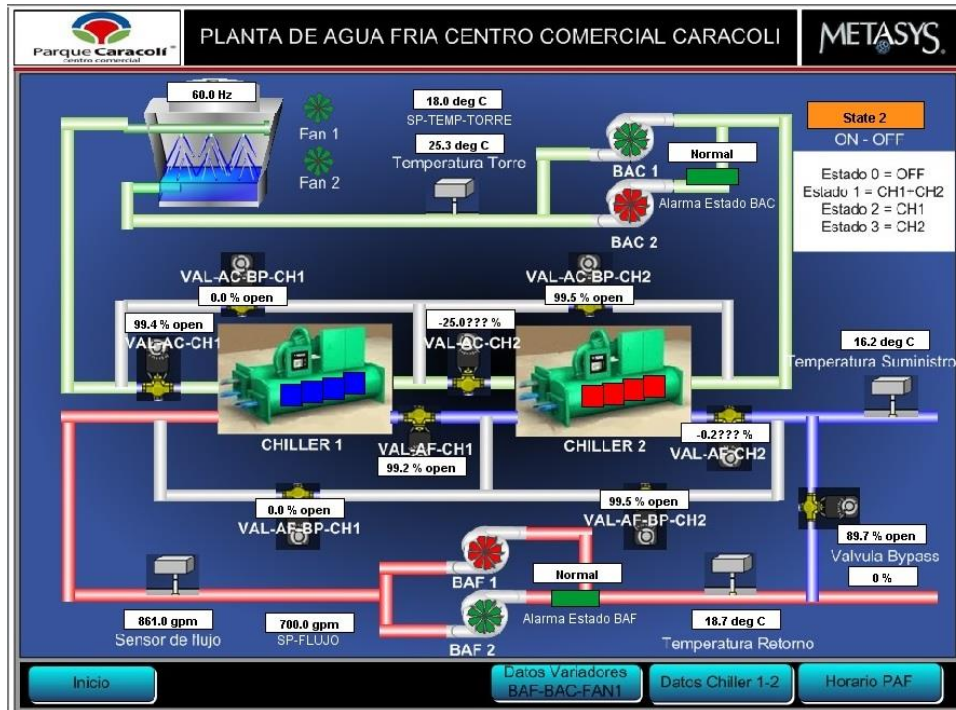


Fuente: Autor

4.1.1 Lógica de operación del sistema

Para realizar el enfriamiento se cuenta con dos sistemas, los cuales podrán ser seleccionados como sistema principal y sistema de respaldo (bombas y válvulas). La prioridad de operación la tiene el sistema seleccionado desde el HMI como principal, y el sistema de respaldo actuará en casos de falla o de mantenimiento del sistema principal. El sistema principal y el sistema de respaldo nunca deberán trabajar en forma simultánea para la misma unidad, sólo puede trabajar uno a la vez, es de tener en cuenta que el circuito de enfriamiento de agua cruda puede operar por los dos ramales.

Figura 43. Sistema de Control Planta de Agua Fría



Fuente: Parque Arauco

4.2 CHILLERS PARQUE CARACOLÍ.

La planta de enfriamiento de agua fría consiste en dos chillers de 296 TR cada uno del tipo tornillo condensados por agua los cuales funcionan en paralelo para suplir la capacidad de enfriamiento requerida para las zonas comunes, cuenta con sus respectivos arreglos de bombas de recirculación para los circuitos de condensación y agua fría, la parte de condensación es servida por medio de torres de enfriamiento con las capacidades y características especificadas.

Chillers

CH 01 50% de carga térmica en zonas comunes

CH 02 50% de carga térmica en zonas comunes

Figura 44. Chillers 1 y 2 Parque Caracolí



Fuente: Parque Arauco

Tabla 9. Características operativas Chiller 1

CH 01					
Unit Tag	Qty	Model No.	Net Capacity (tons)	Power	Refrigerant
PARQUE BUCARAMANGA OPCIII	1	YRTD046C	225	440/3/60	R-134A
Units Dats		Evaporator		Condenser	
EWT (°F)		60.20		91.16	
LWT (°F)		52.15		99.22	
Flow Rate (gpm)		670		783	
Pressure Drop (ft)		17.4		15.6	
Fluid Type		WATER		WATER	
Circuit No. of Passes		2		2	
Fouling Factor (A ² °F h/BTU)		0.00010		0.00025	
Tube No. / Description:		271 - 0.025" Enchaced Copper		260 - 0.025" CSL Enhanced Copper	
Design Working Pressure (pag)		150		150	
Entering Water Nozzle a location		C		R	
Leaving Water Nozzle a location:		B		S	

Water Box Weight, ea (lb)	166	128			
Cover Plate Weight, ea (lb):	N/A	N/A			
Return Head Weight (lb)	132	101			
Water Weight (lb)	417	419			
Water Volume (gal)	50	50			
Performance Data					
Electrical Data					
Other					
KW:	129	RLA:	191	Operating Wt (lb)	14396
KW/Ton	0.573	LRA:	1423	Per Isolator (lb)	3599
IPLV (I)	0.000	Inrush Amps:	669	Refrigerant Wt (lb)	465
		Min Circuit Ampacity (Amp)	243	Oil Charge (gal)	10
		Max Fuse Breaker:	400	Motor Wt (lb)	N/A
				Compressor Wt (lb)	4385
				Starter Wt (lb)	200
				Ship Wt (lb)	13960
				Type Starter: Solid State Starter	

Fuente: Manual Chiller YORK Model YR TD TD T0 - 46C

Tabla 10. Características operativas Chillers 2

CH 02

Unit Tag	Qty	Model No.	Net Capacity (tons)	Power	Refrigerant
PARQUE BUCARAMANGA OPCIII	1	YRTD TDT0-46C	200	440/3/60	R-134A
Units Dats		Evaporator		Condenser	
EWT (°F)		52.15		84.00	
LWT (°F)		45.00		91.16	
Flow Rate (gpm)		670		783	
Pressure Drop (ft)		17.9		15.9	
Fluid Type		WATER		WATER	
Circuit No. of Passes		2		2	
Fouling Factor (A ² °F h/BTU)		0.00010		0.00025	
Tube No. / Description:		271 - 0.025" Enhanced Copper		260 - 0.0025" CSL Enhanced Copper	
Design Working Pressure (pag)		150		150	
Entering Water Nozzle a location		C		R	
Leaving Water Nozzle a location:		B		S	
Water Box Weight, ea (lb)		166		128	
Cover Plate Weight, ea (lb):		N/A		N/A	

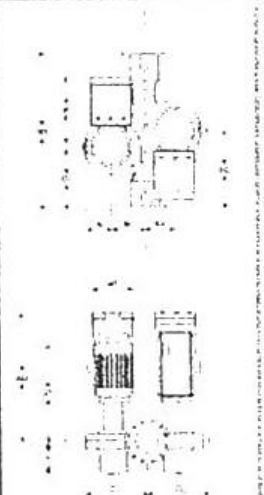
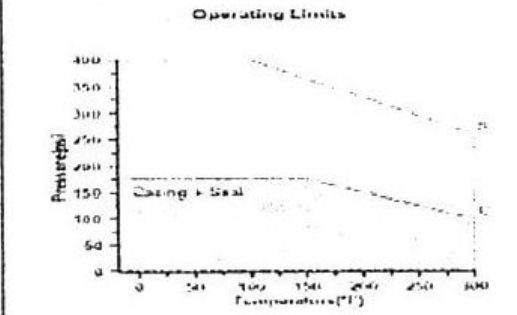
Return Head Weight (lb)	132	101			
Water Weight (lb)	417	419			
Water Volume (gal)	50	50			
Performance Data		Electrical Data	Other		
KW:	115	RLA:	173	Operating Wt (lb)	14396
KW/Ton	0.575	LRA:	1423	Per Isolator (lb)	3599
NPLV (l)	0.503	Inrush Amps:	669	Refrigerant Wt (lb)	465
		Min Circuit Ampacity (Amp)	243	Oil Charge (gal)	10
		Max Fuse Breaker:	350	Motor Wt (lb)	N/A
				Compresor Wt (lb)	4385
				Starter Wt (lb)	200
				Ship Wt (lb)	13960

Fuente: Manual Chiller YORK Model YR TD TD T0 - 46C

4.2.1 Circuito de Condensación.

Para el circuito de condensación de los chillers se tiene 1 bomba centrífuga dual con las especificaciones listadas a continuación.

Tabla 11. Bomba centrifuga Torre 1 BAC 1-2

PUMP DESIGN DATA		MOTOR DESIGN DATA	
Tag Num	BAC-1 Y 2	Motor Supplier	Factory Choice
Service		Motor Size	40 hp
Location		Mtr Frame Num	324TC
City	1	Motor Enclosure	TEFC
Duty Flow	783 USgpm	Power Supply	480/3/60
Duty Head	130 ft	Insulation Classes	Class F Insulation
Pipe Orientation	Single	Inverter Motor Type	Inverter Ready
Pump Run Qty	1	Motor RPM	1800
Suction Pressure	0 ft	Motor Efficiency	NEMA Prem (12.12) 64.1%
Fluid:Percent	Water	MECHANICAL SEAL DESIGN DATA	
Op Temp	60 F	Manufacturer	Armstrong
Viscosity	31 SSU	Seal Type	Outside Balanced
Specific Gravity	1.0000	Manu. Code	AB2
Suction (inches)	8	Rotating Face	Carbon
Discharge	6	Stationary Seat	Silicon Carbide
MATERIALS OF CONSTRUCTION		Secondary Seal	Viton
Construction	BF	Springs	Stainless Steel
Rating	ANSI-125	Rotating Hardware	Stainless Steel
Casing (Volute)	Cast Iron (A48-30)	Fluid Type	Non-Potable Fluid
Impeller	Bronze (BF84-B44)	Seal	A1: Armstrong Type AB2
Pump Shaft	SS ASTM A276 Type 416		
Flush Line	Copper		
Casing Gasket	Confined Non-Asbestos Fiber		
Size	8x8x13		
<p>Operating Limits</p> 			
<p>Pump casings are hydrostatically tested to 150% of maximum pump working pressure</p>			

Fuente: Manual Bombas Armstrong

4.2.2 Circuito de Agua Fría.

Para el circuito de recirculación de agua fría de los enfriadores se tienen 2 bombas centrifugas en línea con las especificaciones listadas a continuación, las bombas BAF 01 y BAF 02 sirven al enfriador número 1 y al enfriador número 2, se pueden usar de manera alternada de manera que siempre va a haber una bomba de reserva en caso de falla o parada de mantenimiento.

Tabla 12. Bombas

PUMP DESIGN DATA						MOTOR DESIGN DATA		
Tag Num	BAF-1 Y 2					Motor Supplier	Factory Choice	
Service						Motor Size	40 hp	
Location						Mtr Frame Num	324TC	
Qty	2					Motor Enclosure	TEFC	
Duty Flow	670 USgpm					Power Supply	460/3/60	
Duty Head	110 ft					Insulation Classes	Class F Insulation	
Pipe Orientation	Single					Inverter Motor Type	Inverter Ready	
Pump Run Qty	1					Motor RPM	1800	
Suction Pressure	0 ft					Motor Efficiency	NEMA Prem (12, 12) 64.1%	
Fluid: Percent	Water					DRIVE DATA		
Op Temp	80 F					Sensorless Control : Not selected		
Viscosity	31 cSt					* Minimum System Pressure To Be Maintained : _____		
Specific Gravity	1.0000					Field Bus Protocol : BACnet MS/TP		
Suction (inches)	8					Enclosure : UL Type 4X with Weather Shield		
Discharge	8					EMC/RFI Control : Integrated Filter Designed to meet EN61800-3		
DESIGN ENVELOPE CAPABILITY DATA						Harmonic Suppression : Integrated DC Link Reactor (<6% THD)		
Model	BEPFlow	BEPHead	EFF%	Moto	RPM	Cooling : Fan-Cooled Through Back Channel		
0813-0400	1475.0 USgpm	245.9	79.1	40 hp	1800	Ambient Temperature : -10 C to +45 C up to 1000 meters above sea level (-14 F to +113 F, 328Cft)		
MATERIALS OF CONSTRUCTION						Analog Inputs : 2, Current or Voltage		
Construction	DF					Analog Outputs : 1, Current		
Rating	1A/50-170					Digital Inputs : 4 Programmable		
Casing (Volute)	Cast Iron (A48-50)					Digital Outputs : 2 Programmable (Can be Configured as Additional Digital Inputs)		
Impeller	Bronze (B584-944)					Pulse Inputs : 2 Programmable		
Pump Shaft	35 ASTM A276 Type 416					Relay Outputs : 2 Programmable		
Flush Line	Braided Stainless Steel					Communication Port : RS 485		
Casing Gasket	Confined Non-Asbestos Fiber					** Expansion Card Option : None		
Size	8x6x13					* Minimum Bombard system pressure is not known, due to 4% of design head. ** Maximum 1 expansion card option per pump		
MECHANICAL SEAL DESIGN DATA						CHASSIS SIZE		
Manufacturer	Armstrong					Model	hp	
Seal Type	Outside Balanced							VDS Chassis Size
Manu. Code	AB2						380-480V	
Rotating Face	Carbon					0813-0400	40 hp	82
Stationary Seat	Silicon Carbide							
Secondary Seal	Viton							
Springs	Stainless Steel							
Rotating Hardware	Stainless Steel							
Fluid Type	Non-Potable Fluid							
Seal	A1: Armstrong Type AB2							

Fuente: Manual Bombas Armstrong

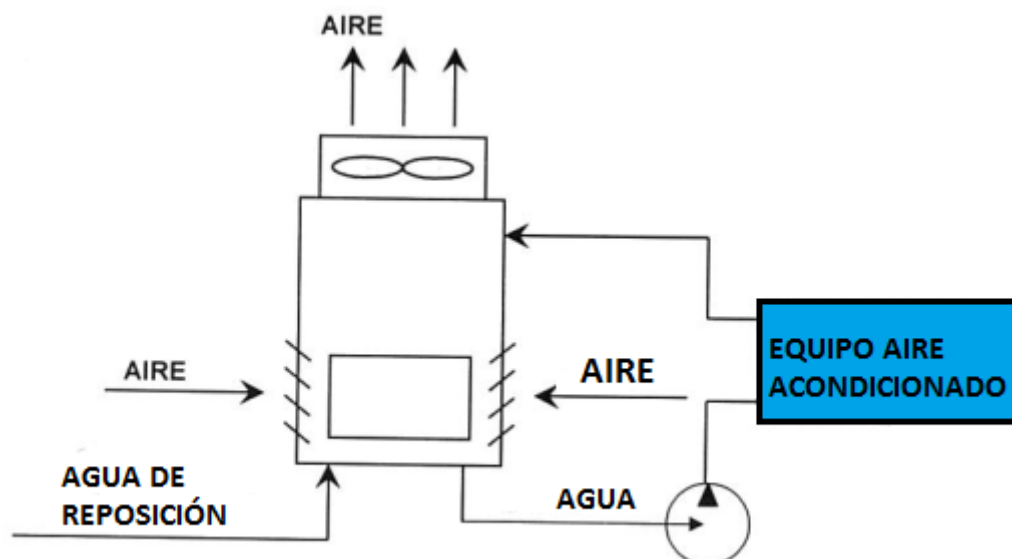
4.2.3 Torre de Enfriamiento.

Son uno de los elementos más importantes en los sistemas de aire acondicionado de condensación por agua, siendo uno de los elementos más económicos y eficientes de remoción de calor de las aguas provenientes de los equipos.

En procesos típicos de acondicionamiento de aire se encuentra el circuito cerrado donde, el agua caliente de los equipos acondicionadores es enviada a la torre de enfriamiento, el agua sale de la torre y es enviada de regreso a los equipos donde vuelve a adquirir calor para posteriormente regresar y cerrar el ciclo. La fuente de agua de reposición es empleada para recuperar el agua perdida por evaporación y por arrastre de caudal de aire de los ventiladores.

El enfriamiento se logra al pasar el agua caliente (dispersa en gotas finas), en flujo en contracorriente por un caudal de aire frío, aumentando la superficie de contacto mediante relleno modular multicelda fabricado en CPVC colocado en el cuerpo medio de la torre, que retarda la caída del agua y aumenta el tiempo de contacto con el aire.

Figura 45. Sistema Abierto Torre Enfriamiento



Fuente: Dismec

- **Descripción del Equipo**

Las torres de enfriamiento de tiro inducido en contra flujo marca REYMSA fabricada en resina marca REYMSA fabricada en resina de polyester reforzada en fibra de vidrio.

Posee unos ventiladores axiales con aletas de perfil aerodinámico y paso ajustable, estática y dinámicamente balanceado, accionado por un motor-reductor eléctrico a prueba de interperie. El conjunto motor está situado en la parte superior de la torre y provee el aire necesario para enfriar el agua caliente.

El tanque de agua tiene sus respectivas conexiones para entrada de agua fresca con flotador, drenaje, rebose, retorno y succión.

La sección de enfriamiento está constituida por relleno tipo multicelda construido en cloruro de polivinilo incombustible, retarda el paso de agua por la torre y maximiza el área de contacto con el aire.

Tabla 13. Parámetros operativos Torre de Enfriamiento 1

		<i>HRFG SERIES</i> ENGINEERING DATA	
Project Name :	Model :	Qty:	HP Total :
C.C. PARQUE BUCARAMANGA	HRFG - 708110	2	20
Performance Data :			
EW(T (°F)		99,2	
LWT (°F)		84	
WBT (°F)		76	
Total Required Flow Rate (GPM)		873	
Total Nominal Flow Rate (GPM)		876	
Nominal Flow Rate per Unit (GPM)		438	
Unit Data :			
Quantity of Motors		1	
Motor HP		10	
Quantity of Fans		1	
C.F.M		37,779	
Basin Capacity (Gallons)		380	
Shipping Weight (LBS)		2.717	
Operating Weight (LBS)		6.230	
Type		SINGLE FAN	

Fuente: Manual Torre de Enfriamiento Reymsa

4.2.4 Unidades Manejadoras de Agua Fría.

Para suplir las zonas comunes se tienen unidades manejadoras marca Johnson Controls y para las oficinas administrativas unidades tipo cassette marca TRANE.

La regulación de la temperatura de los espacios acondicionados se realiza por medio de la apertura de válvulas de dos vías ON/OFF manejadas por señales generadas por el sistema de control centralizado del Edificio.

Estos equipos se encuentran ubicados en los mezanine de cada uno de los pisos y sirven a las áreas relacionadas a continuación.

Tabla 14. UMAS Parque Caracolí

UMA	UBICACION	CFM
101	P1-N2	14.000
102	P1-N3	12.000
103	P1-N4	12.000
201	P2-N2	11.500
202	P2-N3	9.000
203	P2-N4	9.000
301	P3-N2	13.500
302	P3-N3	12.000
303	P3-N4	11.500
401	P4-N2	13.000
402	P4-N3	12.500
403	P4-N4	12.500
UCW 01/03	P7-N3	48.000 (BTU)
UCW 4	P7-N3	24.000 (BTU)
UCW 05/06	P7-N3	18.000 (BTU)

Fuente: Dismec

5. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM II) PARA LA PLANTA DE AGUA FRÍA

5.1 DESCRIPCIÓN CODIFICACIÓN

5.1.1 Clases.

Las clases son una forma de agrupar objetos que poseen atributos similares, estos atributos son las características. En general las clases se pueden asimilar a familias de objetos, por ejemplo: Bombas, compresores, ventiladores, escaleras mecánicas, ascensores, etc.

Las clases están asociadas a una categoría de clases y no puede ser utilizada en otra distinta a la que fue definida.

Las categorías de clase que se utilizan en SAP PM son: 002 clases para Equipos y 003 clases para ubicación técnica.

Las clases deben ser asignadas a un grupo de clases con el fin de poder buscarlas en forma rápida.

Tabla 15. Clases

Transacciones Funcionales	Descripción
C CL02	Gestión de clases (Crear, modificar y visualizar)
IL CL6A	Índice de clases
IL CL20N	Asignar objeto a clases

Fuente: Parque Arauco

En Anexos se encuentra el listado de clases definidas por el área de Servicio e Infraestructura de Parque Arauco.

5.1.2 Características.

Las características son los atributos que componen las clases que tendrán valores específicos para el equipo o ubicación técnica clasificada. Por ejemplo para la clase MOTOR_ELECTRICO se deberán crear al menos las siguientes características: Potencia, Tensión, Corriente nominal, RPM.

Debido a que las características son transversales a los distintos módulos pertenecientes a SAP, para distinguir las creadas específicamente para mantenimiento (modulo SAP PM), se asociaran con un “grupo de características” particular.

Las características pueden tener formato Char, Num, Date, Curr. En el caso de formato Num (numérico) se debe definir la unidad de medida, además las cifras de valoración no puede tener más de 15 números entre enteros y decimales. Para el formato Char (Caracteres) acepta hasta 30 caracteres en su valoración.

Tabla 16. Características

Transacciones Funcionales	Descripción
C CT04	Gestión de características
IL CL31	Búsqueda objeto categ.cl.
IL CT10	Directorio de características

Fuente: Parque Arauco

En Anexos se encuentra el listado de Clases definidas por el área de Servicio e Infraestructura de Parque Arauco.

5.1.3 Grupos de clases.

Agrupación que sirve para buscar en forma rápida las clases definidas por mantenimiento.

Tabla 17. Grupo de Clases

Configuración	Ruta
SPRO	Componentes multiaplicaciones → Sistema de clasificación → Clases → Definir grupos de clases

Fuente: Parque Arauco

El grupo de clases será: MANTTO.

5.1.4 Grupos de características.

Agrupación que sirve para buscar en forma rápida las características definidas por mantenimiento.

Tabla 18. Grupo de Características

Configuración	Ruta
SPRO	Componentes multiaplicaciones → Sistema de clasificación → Características → Definir grupos de características

Fuente: Parque Arauco

El grupo de características será: MANTTO

5.1.5 Clase de Objeto.

Es un campo en el maestro de equipos y ubicaciones técnicas que permite una agrupación rápida de los objetos técnicos. Normalmente se utiliza este campo para analizar el comportamiento de grupos de equipos.

Tabla 19. Ruta

Configuración	Ruta
---------------	------

SPRO	Mantenimiento y servicio al cliente → Datos maestros en mantenimiento y servicio al cliente → Objetos técnicos → Datos generales → Especificar clases de objetos técnicos
------	---

Fuente: Parque Arauco

Tabla 20. Las clases de objetos corresponderán a las áreas técnicas

Clase de objeto técnico (10)	Denominación (20)
0001	Climatización
0002	Ventilación
0003	Electricidad
0004	TI
0005	Transporte vertical
0006	Equipos de respaldo
0007	Seguridad
0008	Detección extinción
0009	Estacionamiento
0010	Infraestructura
0011	Voz, audio evacuación
0012	Equipos móviles
0013	Puertas

Fuente: Parque Arauco

5.1.6 Indicador ABC.

El indicador ABC define la criticidad relativa de los Objetos Técnicos y permite seleccionar que requerimiento de mantención debe ser atendido con mayor celeridad dentro del total de las órdenes y/o avisos de mantenimiento.

Tabla 21. Indicador ABC

Indicador ABC	Texto indicador ABC
A	Críticos
B	Importantes
C	No relevante

Fuente: Parque Arauco

5.1.7 Catálogos.

Los catálogos en SAP PM representan una serie de conceptos predefinidos que ayudan a identificar y posteriormente analizar los distintos fenómenos, partes y acciones que tomaron parte en una intervención de mantenimiento.

Dentro del manejo de la catalogación hay que tener en cuenta los siguientes conceptos:

- **Perfiles de catálogos:** corresponden a los distintos catálogos y grupos de códigos que se manejarán en el perfil. Ejemplo: compresor. El perfil de catálogo es asignado a cada equipo en la pestaña organización.

Los perfiles de catálogos se definirán por familias de equipos y se le asignarán los catálogos de causas (5), partes objeto (B) y síntomas (C) con los grupos de códigos específicos para cada familia de equipos. Ejemplo: para catálogo Causa (5) se le asignará el grupo de códigos Compreso (el nombre aparece solo con 8 caracteres)

- **Catálogos:** Los grupos de códigos relacionados según el contenido se agrupan en catálogos. Estos catálogos se identifican por un número o una letra. Los catálogos que se utilizan en la gestión de los avisos son los siguientes:

- 2 Medidas
- 5 Causas
- A Acciones
- B Parte objeto
- C Síntomas

- **Grupos de códigos:** contienen los códigos que se manejarán para identificar un concepto dentro de un grupo de objetos técnicos similares.
- **Códigos:** valor unívoco que describe un concepto.

Por ejemplo para el caso de un compresor se creará un perfil llamado “COMPRESOR”, este perfil estará compuesto por los catálogos 5 (causas) y grupos de códigos “COMPRESO”; B (parte objeto) y grupo de códigos “COMPRESO”; C (síntoma) y grupo de códigos “COMPRESO”. Ahora bien, el perfil de catálogo se asignará a los datos maestros de los equipos que sean compresores, de esta forma cuando se cree un aviso a uno de esos equipos, en la sección posiciones del aviso, solo se podrán encontrar códigos relativos a los compresores en las causas, partes objeto y síntomas.

Tabla 22. Creación de perfiles de catálogos

Configuración	Ruta
OQN6	Mantenimiento y servicio al cliente → Gestión de mantenimiento y servicios → Avisos de mantenimiento y de servicio → Apertura de aviso → Contenido del aviso → Definir perfil de catálogo

Fuente: Parque Arauco

Tabla 23. Creación de grupos de códigos y códigos

Configuración	Ruta
SPRO	Mantenimiento y servicio al cliente → Gestión de mantenimiento y servicios → Avisos de mantenimiento y de servicio → Apertura de aviso → Contenido del aviso → Actualizar catálogos

Fuente: Parque Arauco

Tabla 24. Perfiles de catálogos a nivel de avisos de mantenimiento

Configuración	Ruta
SPRO	Mantenimiento y servicio al cliente → Gestión de mantenimiento y servicios → Avisos de mantenimiento y de servicio → Apertura de aviso → Contenido del aviso → Modificar catálogos y perfil de catálogo para clase de aviso

Fuente: Parque Arauco

5.1.8 Ubicación técnica.

La ubicación técnica (UT) es una unidad organizativa jerárquica dentro de Logística que estructura los objetos de mantenimiento de una empresa de acuerdo con criterios funcionales, relativos al proceso o espaciales. Una UT representa el lugar en el que se encuentran equipos a los que se debe efectuar una medida de mantenimiento. También se puede realizar mantenimiento a nivel de UT, pero en estos casos no se pueden identificar en forma individual los costos incurridos por cada objeto (equipo) intervenido.

Las UT son elementos jerárquicos que reflejan los costos de los niveles inferiores. Todas las UT para poder satisfacer los requerimientos de jerarquía, y por lo tanto la transferencia de costos, están regidas por una máscara de edición.

Las UT no pueden ser trasladadas a otra ubicación.

Tabla 25. Ruta

Configuración	Ruta
OIPK	Mantenimiento y servicio al cliente → Datos maestros en mantenimiento y servicio al cliente → Objetos técnicos → Ubicaciones técnicas → Crear indicador estructura para ubicaciones refer./ubic. técnicas

Fuente: Parque Arauco

Tabla 26. Estructura a utilizar

Indicador	Texto ind-estructura	Estructura
PARQA	Parque Arauco	AA-AA-AAA-XXX-XXXX-XXXXX-XXXXX

Fuente: Parque Arauco

Tabla 27. Mascara de codificación

	Estructura
Máscara codificación	AA-AA-AAA-XXX-XXXX-XXXXX-XXXXX
Nivel jerárquico	1 2 3 4 5 6 7

Fuente: Parque Arauco

Niveles de la estructura

1 – Grupo: PA (Parque Arauco)

2 – País: CL, PE o CO (Chile, Perú o Colombia)

3 – Centro Abreviado: PAK, MAM, PAE, CON, CUR, BOM, PER, ASA, MAQ, LAM, LAR, LOC, ARB, BUC, COQ

4 – Grupo de interés del mantenimiento:

001 Climatización	012 Locales
002 Ventilación	013 Proyectos
003 Electricidad	014 Equipos móviles
004 TI	
005 Transporte vertical	
006 Equipos de respaldo	
007 Seguridad	
008 Detección y extinción	
009 Estacionamiento	
010 Infraestructura	
011 Voz y audio evacuación	

5 - Familia:

- ASCE Ascensores
- ESME Escalera mecánica
- MONT Montacargas
- ROFT Roof top
- CHIL Chiller
- FANC Fan coil
- UMAS Uma
- SPLI Split
- MINI Split
- INST Instalaciones
- CORA Cortinas de aire
- VEXT Extractores de aire
- VINA Inyectores de aire
- TABL Tableros eléctricos
- TRAN Transformadores
- MEDI Medidores

BACO Banco de condensadores
CELD Celdas
MALL Malla a tierra
REDA Redes de datos
RETE Red telefónica
PARO Pasillo rodante
SALE Salva escalas
ASMO Ascensor montacargas
GRUP Grupo electrógeno
UPSS Ups
CCTV Control centralizado de TV
BARR Barrera de intrusión
EREC Equipos de reconocimiento
ALAR Alarmas
SEXT Sistema de extinción
SDET Sistema de detección
PARL Parlantes
AMPL Amplificadores
EQSO Equipo de sonido
CAJE Cajeros
BARE Barreras
ISLA Islas
CLPR Cámaras LPR
SPPL Sistema plaza
SERV Servidores
PANT Pantallas
PAVE Pavimento exterior
PAVI Pavimento interior
MURO Muros
TABI Tabiques
CIEL Cielos
CRIS Cristales
ARVE Área verde
REVE Revestimiento
TECH Techumbre
AGUL Aguas lluvias
INSA Instalaciones sanitarias
ALCA Alcantarillado
TEGA Tendido gas sector xxxx

PAUT Puerta automática
MAMP Mampara
PILE Pileta
EQMO Equipos móviles

6 – Ubicación Estas ubicaciones corresponden prácticamente a los emplazamientos. Se definen nuevos términos para representar a los locales que contienen objetos a los cuales se les presta asistencia por parte de mantenimiento, como ejemplo: LOC01, LOC02, LOCnn estas nuevas definiciones se colgarán de la familia LOCA. (ALPAR, RIPLE, MALL1, MALL2, ES-10, ES-20, etc.)

Ejemplo de ubicaciones: MALL1	Mall 1
MALL2	Mall 2
MALL3	Mall 3
MALL4	Mall 4
BOULEVARD1	Boulevard 1
BOULEVARD2	Boulevard 2
BOULEVARD4	Boulevard 4
BOULEVARD5	Boulevard 5
FOOD COURT	Food Court
DIST. LUJO	Distrito Lujo
EST. OR -6	Estacionamiento Oriente -6
EST. OR -5	Estacionamiento Oriente -5
EST. OR -4	Estacionamiento Oriente -4
EST. OR -3	Estacionamiento Oriente -3
EST. OR -2	Estacionamiento Oriente -2
EST. OR -1	Estacionamiento Oriente -1
EST. OR 1	Estacionamiento Oriente 1
EST. PO -4	Estacionamiento Poniente -4
EST. PO -3	Estacionamiento Poniente -3

EST. PO -2 Estacionamiento Poniente -2
 EST. PO -1 Estacionamiento Poniente -1
 EST. PO -0 Estacionamiento Poniente -0

7 – Unidad (ASC01, ESC02, TRAN1, TAB01, etc.)

Tabla 28. Transacciones

Transacciones Funcionales	Descripción
IL01	Creación UT
IL02	Modificación UT
IL03	Visualización UT
IL04	Tratamiento de lista Crear UT
IL05	Tratamiento de lista Modificar UT
IH06	Tratamiento de lista Visualizar UT
IL07	Tratamiento de lista (VarNiv) Visualizar UT
IH01	Representación estructura

Fuente: Parque Arauco

5.1.9 Equipos.

Los equipos son objetos físicos individuales que deben mantenerse en forma independiente. Estos se montan sobre las ubicaciones técnicas o sobre un equipo, pasando en este caso a llamarse sub equipos. Los equipos y sub equipos pueden ser desmontados y montados en otras ubicaciones técnicas u otros equipos conservando su historial. Los sub equipos son tratados igual que los equipos, esto quiere decir que no son objetos jerarquizados, por lo tanto los sub equipos no reflejan los costos de sus intervenciones en los equipos superiores, si lo hacen en la UT del equipo superior.

El tipo de equipo utilizado por SAP en forma estándar es el tipo M.

La numeración de los equipos puede ser asignada internamente por el sistema, situación recomendada por SAP, y también se puede configurar para que esta numeración sea asignada externamente.

5.1.10 Tipos de equipos.

Debido a que el inventario de equipo se llevará a cabo paralelamente en Chile, Perú y Colombia y ellos serán codificados en terreno se decide asignar rangos de número a cada país, para lo cual se hace necesario crear dos tipos de equipos más, como copia del estándar M asignado a Chile. Estos tipos de equipo serán A para Perú y B para Colombia.

Tabla 29. Tipos

Configuración	Ruta
SPRO	Mantenimiento y servicio al cliente → Datos maestros en mantenimiento y servicio al cliente → Objetos técnicos → Equipos → Tipos de equipo → Actualizar tipo de equipo

Fuente: Parque Arauco

Tabla 30. Rangos de números

Configuración	Ruta
OIEN	Mantenimiento y servicio al cliente → Datos maestros en mantenimiento y servicio al cliente → Objetos técnicos → Equipos → Tipos de equipo → Especificar rangos de números

Fuente: Parque Arauco

Tabla 31. Rangos por países

Tipo equipo	Rango interno	Rango externo
M (Chile)	-	10000000 - 29999999
A (Perú)	-	30000000 - 39999999
B (Colombia)	-	40000000 - 49999999

Fuente: Parque Arauco

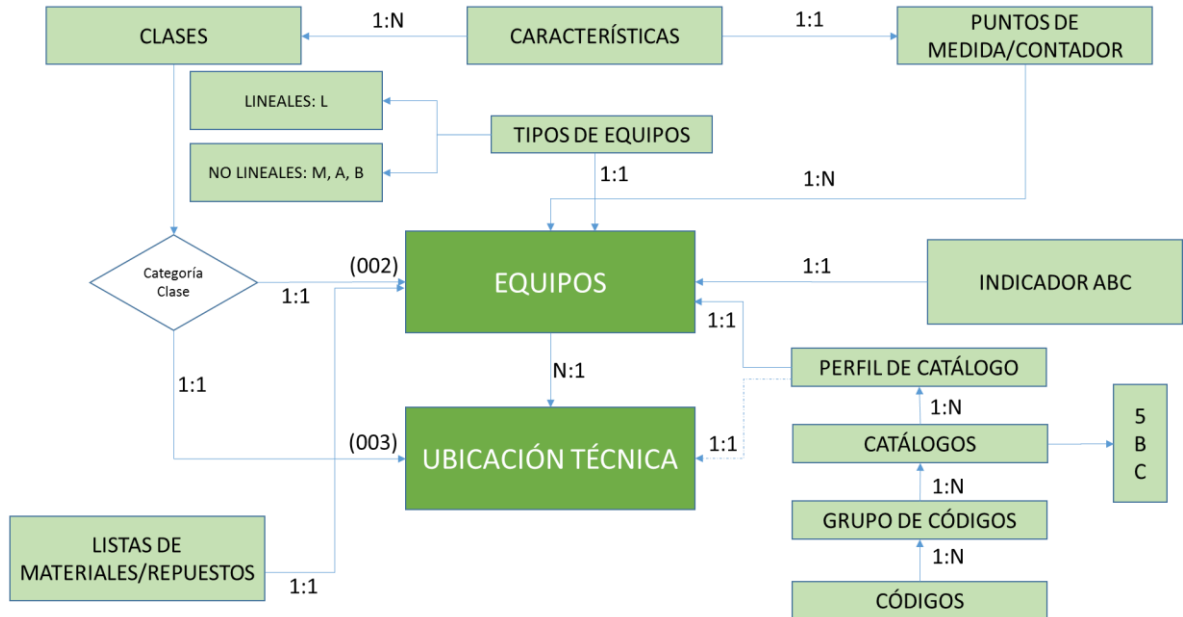
Tabla 32. Transacciones Funcionales

Transacciones Funcionales	Descripción
IE01	Crear equipo en general
IE02	Modificar equipo
IE03	Visualizar equipo
IE10	Crear equipo tratamiento de lista
IE05	Modificar equipo tratamiento de lista
IH08	Visualizar equipo tratamiento de lista
IE07	Visualizar equipos (VarNiv)
IH03	Representación estructura

Fuente: Parque Arauco

A continuación se muestra la relación entre los diferentes datos maestros a nivel de modelo conceptual.

Figura 46. Modelo Conceptual Datos Maestros



Fuente: Parque Arauco

Tabla 33. Codificación de equipos planta de Agua Fría

EQUIPO	COD. UBICACION	COD. EQUIPO
CHILLER 1	PA-CO-BUC-001-CHIL-CUBN7-CHIL1	40004429
CHILLER 2	PA-CO-BUC-001-CHIL-CUBN7-CHIL2	40004520
TORRE DE ENF. 1	PA-CO-BUC-001-CHIL-CUBN7	40004411
TABLERO ELECTRICO	PA-CO-BUC-003-TABL-CUBN7-TAB12	40004431
BAC 1	PA-CO-BUC-001-INST-CUBN7-BOMB1	40004425
BAC 2	PA-CO-BUC-001-INST-CUBN7-BOMB2	40004428
BAF 1	PA-CO-BUC-001-INST-CUBN7-BOMB3	40004480
BAF 2	PA-CO-BUC-001-INST-CUBN7-BOMB4	40004482

Fuente: Parque Arauco

5.3 CRITICIDAD DE EQUIPOS

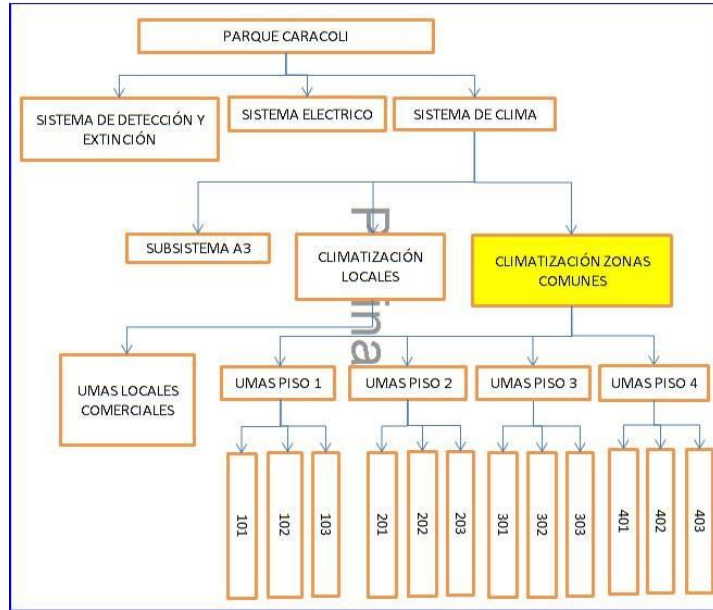
5.3.1 Nivel de Análisis.

El Sistema de climatización de Parque Caracolí se divide en dos grandes grupos:

- Climatización de zonas comunes
- Climatización de locales comerciales

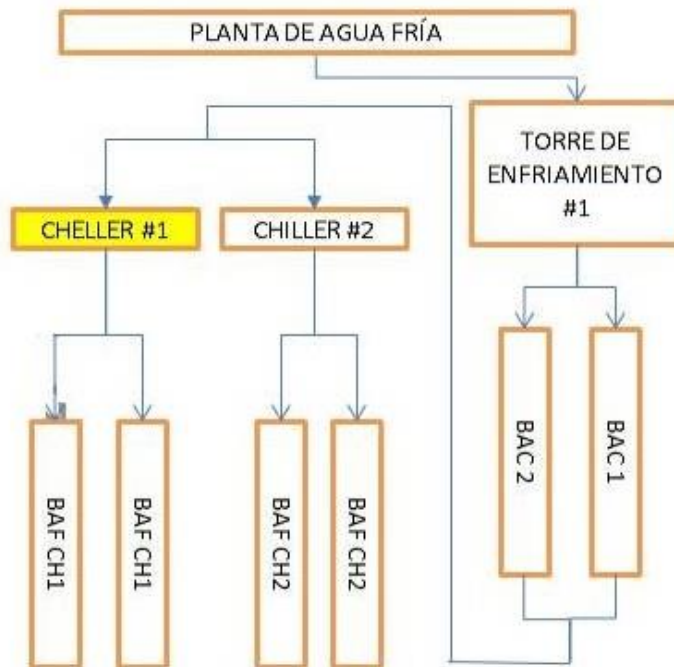
Para este trabajo en concreto vamos a trabajar en el sistema de clima de zonas comunes, y específicamente en la planta de Agua fría, nuestro objetivo es mejorar la confiabilidad de los equipos de la planta para disminuir las paradas inesperadas ya que estas fallas afectan directamente, nuestra operación e influyen de manera directa en los ingresos de la compañía.

Figura 47. Sistemas Relevantes Parque Caracolí



Fuente: Autor

Figura 48. Planta de Agua fría



Fuente: Autor

5.3.2 Definición de criticidad.

La estimación de la frecuencia de falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos:

Estimación de la frecuencia de la falla funcional: Para cada equipo puede existir más de un modo de falla, el más representativo será el de mayor impacto en el proceso o sistema. La frecuencia de ocurrencia del evento se determina por el número de eventos por año.

Tabla 34. Categoría frecuencia de ocurrencia

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de Fallas	Interpretación
5	TPEF < 1 Año	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año
4	$1 \leq \text{TPEF} < 5$ Años	$0.2 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 5 años, pero es poco probable que ocurra en un año
3	$5 \leq \text{TPEF} < 10$ Años	$0.1 < \lambda \leq 0.2$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 5 años
2	$10 \leq \text{TPEF} < 15$ Años	$0.06 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 15 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años
1	TPEF ≥ 20 Años	$0.06 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 20 años

Fuente: Autor

Para la estimación de las consecuencias o impactos de la falla, se emplean los siguientes criterios y sus rasgos preestablecidos.

Los daños al personal, impacto a la población y al ambiente serán categorizados considerando los criterios que se indican en la tabla Categoría de los Impactos.

Los Impactos en la Producción (IP) cuantifican las consecuencias que los eventos no deseados generan sobre el negocio. Este criterio se evaluara considerando los siguientes factores:

Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR), Producción Diferida, Costos de Producción (aceite y gas).

$$IP = (\text{Producción Diferida} \times \text{TPPR} \times \text{Costo Unitario del Producto})$$

El valor resultante permitirá categorizar el IP de acuerdo con los criterios de la tabla Categoría de los Impactos. Los impactos asociados a Daños de las instalaciones (DI) se evaluarán considerando los siguientes factores:

- Equipos afectados
- Costos de Reparación
- Costos de Reposición de Equipos

$$DI = (\text{Costos de Reparación} + \text{Costos de Reposición de Equipos})$$

El valor resultante permitirá categorizar el DI de acuerdo con los criterios de la tabla categoría de los Impactos.

Tabla 35. Categorías de impactos

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o mas miembros de las empresas	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor 1 MM	De 40 mil a 50 mil
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa	Incapacidad parcial permanente, daños enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 750 mil a 1 MM	De 30 mil a 40 mil

3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral	Puede resultar al menos en la hospitalización de 1 a 3 personas	Daños ambientales arreglables sin violación de leyes y regulaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 500 mil a 750 mil	De 20 mil a 30 mil
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones	De 150 Mil a 500 MM	De 10 mil a 20 mil
1	Sin impacto en el personal de la planta	Sin efecto en la población.	Sin daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones	Hasta 100 mil	Hasta 10 mil

Fuente: Autor

Asignará a las consecuencias, y este se empleara para realizar el cálculo del nivel de criticidad. El impacto o consecuencia total de una falla se determina sumando los valores de las categorías correspondientes a cada columna o criterio multiplicado por el valor de la categoría obtenida de la tabla que determina la frecuencia de ocurrencia de falla.

5.3.3 Cálculo del nivel de criticidad.

Para determinar el nivel de criticidad de una instalación, sistema, equipo o elemento se debe emplear la fórmula:

Criticidad = Frecuencia x consecuencia

Para las variables se utilizan los valores preestablecidos como “categorías” de las tablas **Categoría Frecuencias de Ocurrencia y Categoría de impactos**, respectivamente.

Una vez obtenido el valor de la criticidad, se busca en la Matriz de Criticidad diseñada para PEP, para determinar el nivel de criticidad de acuerdo con los valores y la jerarquización establecidos.

■ **CHILLERS**

- Impactos en la producción

IP = (Producción Diferida x TPPR x Costo Unitario del Producto)

IP = (1 x 1.061.290) = 1.061.290

- Daños de las instalaciones
- Equipos afectados
- Costos de Reparación
- Costos de Reposición de Equipos

DI = (Costos de Reparación + Costos de Reposición de Equipos)

DI = 5000 + 41.000 = 46.000

Tabla 36. Criticidad Chillers

CHILLERS						
Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto Ambiental	Pérdida de Producción	Daños a la instalación	Total
5	5x3	5x2		5x4	5x4	73
4			4x2			
3						
2						
1						

Fuente: Autor

CRITICIDAD TOTAL = (Daños al personal x frec. + Efecto en la población x frec + Impacto ambiental x frec + Pérdida de producción x frec + Daños a la instalación x frec)

CRITICIDAD TOTAL CHILLERS = 73

■ **TORRE DE ENFRIAMIENTO 1**

- Impactos en la producción

IP = (Producción Diferida x TPPR x Costo Unitario del Producto)

IP = (1 x 253.763) = 253.763

- Costos de Reposición de Equipos

DI = (Costos de Reparación + Costos de Reposición de Equipos)

DI = 2000 + 19.000 = 21.000

Tabla 37. Criticidad Torre de Enfriamiento 1

TORRE DE ENFRIAMIENTO 1						
Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto Ambiental	Perdida de Producción	Daños a la instalación	Total
5						41
4						
3	3x2	3x1	3x4		3x4	
2				2x4		
1						

Fuente: Autor

CRITICIDAD TOTAL TORRE DE ENFRIAMIENTO 1 = 41

■ **TABLERO ELÉCTRICO**

- Impactos en la producción

IP = (Producción Diferida x TPPR x Costo Unitario del Producto)

IP = (1 x 161.290) = 161.290

- Daños de las instalaciones

DI = (Costos de Reparación + Costos de Reposición de Equipos)

DI = 3000 + 29.000 = 32.000

Tabla 38. Criticidad Tablero Eléctrico

TABLERO ELECTRICO						
Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto Ambiental	Perdida de Producción	Daños a la instalación	Total
5	5X1	5X2				41
4					4x4	
3			3x2			
2				2X2		
1						

Fuente: Autor

CRITICIDAD TOTAL TABLERO ELÉCTRICO = 41

■ BOMBA DE AGUA FRÍA

- Impactos en la producción

IP = (Producción Diferida x TPPR x Costo Unitario del Producto)

IP = (1 x 53.763) = 53.763

- Daños de las instalaciones

DI = (Costos de Reparación + Costos de Reposición de Equipos)

DI = 1000 + 5.000 = 6.000

Tabla 39. Criticidad Bomba de Agua Fría

BOMBA DE AGUA FRÍA						
Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto Ambiental	Perdida de Producción	Daños a la instalación	Total
5						21
4	4x2					
3		3X1				
2						
1			1X2	1X4	1X4	

Fuente: Autor

CRITICIDAD TOTAL BOMBA DE AGUA FRÍA = 21

■ **BOMBA DE AGUA CALIENTE**

- Impactos en la producción

IP = (Producción Diferida x TPR x Costo Unitario del Producto)

IP = (1 x 53.763) = 53.763

- Daños de las instalaciones

DI = (Costos de Reparación + Costos de Reposición de Equipos)

DI = 1000 + 5.000 = 6.000

Tabla 40. Criticidad Bomba de Agua Caliente

BOMBA DE AGUA CALIENTE						
Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto Ambiental	Perdida de Producción	Daños a la instalación	Total
5						21
4	4x2					
3		3X1				
2						
1			1X2	1X4	1X4	

Fuente: Autor

CRITICIDAD TOTAL BOMBA DE AGUA CALIENTE = 21

Tabla 41. Clasificación de Criticidad

No.	Equipo	Criticidad	Grado
1.	Chillers	73	Alto
2.	Torre de Enfriamiento	41	Medio
3.	Tablero Eléctrico	41	Medio
4.	Bombas	21	Bajo



Fuente: Autor

Tabla 42. Matriz de Criticidad

CAT.	IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO
25	25	50	75 CHILLERS	100	125
20	20	40	60	80	100
15	15	30 BOMBAS	45 TORRE Y TAB	60	75
10	10	20	30	40	50
5	5	10	15	20	25
	TPEF ≥ 20 Años 1	10 ≤ TPEF < 15 Años 2	5 ≤ TPEF < 10 Años 3	1 ≤ TPEF < 5 Años 4	TPEF < 1 Año 5
PROBABILIDAD					

Fuente: Autor

5.4 HOJA DE INFORMACIÓN CHILLERS

		TEMA		EQUIPO ANÁLISIS		
RCM II HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN © ALADON LTD.		PLANTA DE AGUA FRIA		Cristian Farfán, Jorge Chacón, Gabriel Mendoza		
		SUBSISTEMA		FACILITADOR		
		CHILLERS		Constanza Marchegiani - Ellmann, Sueiro y Asociados		
FUNCION		COD. FF	FALLA FUNCIONAL	CO D. MF	MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA
1	Entregar H2O a un rango de temperatura de 9,9 °C +/- 2 y un caudal (700 - 750 GPM) a la salida del evaporador.	A	Temperatura a la salida del evaporador superior a 11,9 °C.	1	Tubos obstruidos del evaporador.	Aumento de temperatura del H2O a salida del evaporador, afectando la temperatura de confort y por ende la disminución de ingresos por usuarios que abandonen el establecimiento; siendo el costo de reparación promedio de 3 millones y una salida de operación 36 horas.
				2	Casco del evaporador con fugas de refrigerante R-134a.	Aumento de temperatura del H2O a salida del evaporador, afectando la temperatura de confort y por ende la disminución de ingresos por usuarios que abandonen el establecimiento; siendo el costo de reparación promedio de 50 millones y una salida de operación 20 días.
				3	Carcasa de compresor con fugas de refrigerante R-134a.	Aumento de temperatura del H2O a salida del evaporador, escape de refrigerante contaminando medio ambiente, se afecta la temperatura de confort y por ende la disminución de ingresos por usuarios que abandonen el establecimiento; siendo el costo del reemplazo de la unidad en promedio de 40 millones y una salida de operación 3 mes.
				4	Casco del condensador con fugas de refrigerante R-134a.	Aumento de temperatura del H2O a salida del evaporador, afectando la temperatura de confort y por ende la disminución de ingresos por usuarios que abandonen el establecimiento; siendo el costo de reparación promedio de 50 millones y una salida de operación 20 días.
				5	Tubería de transporte refrigerante ingresando al condensador con fugas.	Aumento de temperatura del H2O a salida del evaporador, escape de refrigerante contaminando medio ambiente, se afecta la temperatura de confort y por ende la disminución de ingresos por usuarios que abandonen el establecimiento; siendo el costo del reemplazo de la unidad en promedio de 3 millones y una salida de operación 2 días.

				6	Tubería de transporte refrigerante a la salida del evaporador con fugas.	Aumento de temperatura del H2O a salida del evaporador, escape de refrigerante contaminando medio ambiente, se afecta la temperatura de confort y por ende la disminución de ingresos por usuarios que abandonen el establecimiento; siendo el costo del reemplazo de la unidad en promedio de 3 millones y una salida de operación 2 días.
2	Entregar H2O a un caudal (700 - 750 GPM) a la salida del evaporador.	A	No llega el caudal suficiente	1	Las Torres de Enfriamiento no entregan el caudal suficiente.	Apagado Automático de los chillers por protección
				2	Fuga de agua en la línea de entrega.	Apagado Automático del Equipo por protección
				3	Sensores emiten lecturas erróneas	Apagado Automático del Equipo por protección
				4	Los tanques de reserva están vacíos.	Apagado Automático del Equipo por protección
		B	Falla en línea de circulación de Agua.	1	Aire en el sistema hidráulico.	Golpe de ariete y daño en tuberías
				2	Intercambiador de calor sucio u Obstruido.	Elevación de presión y temperatura
		C	Bomba de Agua no arranca	1	No hay Energía	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Motor de La Bomba con posible defecto	
				3	Bomba con posible defecto	
		3	Operar a una tensión entre (420 y 460 V)	A	Chiller se apaga	1
2	Se apagan todos los equipos del grupo de enfriamiento (Bombas y Torres de Energía)					No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
B	Corto circuito en el Tablero de Control			1	Punto caliente en una de las líneas de la bornera de salida del chiller.	Cortó circuito y posibles daños en el equipo. No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Punto caliente en una de las líneas de la bornera de llegada del chiller.	
				3	Sobre tensión	
				4	Daño de protecciones	Daño en equipos. No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				5	Corto circuito interno del subsistema	
				6	Línea Sulfatada	
7	Aislamiento de Cable roto			Cortó circuito y posibles daños en el equipo. No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.		
					8	Humedad en las líneas
C	Alarma de Sobre-Tensión en el Equipo			1	Sobrecarga de la línea	Baja de Tensión. Se apaga el equipo
				2	Pico de voltaje de baja tensión en línea eléctrica entregada por el proveedor de energía.	Se apaga. Se apaga el equipo
				3	Pico de voltaje de sobre tensión en línea eléctrica entregada por el proveedor de energía.	Activar Alarma por Sobre-Tensión. Se apaga el equipo
D	Corto circuito en la tarjetas de control			1	Punto caliente en una de sus líneas de la bornera de llegada del chiller.	Corto circuito y posibles daños en el equipo
		2	Punto caliente en una de las líneas de la bornera de salida del chiller.			

			3	Sobre tensión		
			4	Daño de protecciones		
			5	Corto circuito interno del subsistema	Daño en equipos.	
			6	Línea Sulfatada	Perdida de conductividad	
			7	Aislamiento de Cable roto		
			8	Humedad en las líneas	Cortó circuito y posibles daños en el equipo.	
4	Mantener el Chiller en correcto funcionamiento	A	El Chiller no enciende	1	Interruptor térmico desenergizado.	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Voltaje Inadecuado	
		B	El Chiller enciende pero no enfría	1	La temperatura del Agua es inferior al set point	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Baja carga de refrigerante	
		C	El Motor no funciona	1	Nivel de colant por debajo del limite	El equipo se apaga
		D	Pérdida gradual de aceite con un nivel de aceite mínimo en la sección de la mirilla	1	Mantener un nivel demasiado alto de aceite.	Daños en el Equipo por falta de lubricación.
				2	Refrigerante de arrastre o líquido de inyección sobrealimentados.	
				3	Perdida de succión sobrecalentada.	
		E	Válvula de corredera no se mueve	1	Válvula de corredera pegada	Daños en Equipo por sobrepresión
				2	Bloqueo de capacidad de control de Solenoide no energizado	
				3	Bloqueo de capacidad de control de válvulas de servicio no se abre	
				4	Orificios tapados en el bloque de Poder de control	
		F	Insuficiente capacidad de Enfriamiento	1	Compresor con posible defecto	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Contaminación en el sistema hidráulico.	
				3	Condensador obstruido o sucio	Recalentamiento del motor
4	Poca carga de refrigerante					
G	Caída de la fases A, B, C	1	Se genera parada total del Equipo	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.		
H	Corriente Superior a 199 Amp	1	Punto caliente en una de sus líneas de la bornera de llegada.	Se Apaga el Chiller, No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.		
		2	Sobre tensión			
I	Corriente Inferior a 189 Amp	1	Línea Sulfatada	No enciende el Chiller, No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.		
		2	Aislamiento de Cable roto			
		3	Humedad en las líneas			
J	Excesivo ruido y vibraciones en el compresor	1	Rodamiento dañado o excesivo desgaste	Ruido y daños en elementos rotativos debido a las vibraciones		
K	Límite de corriente por encima del limite	1	Picos de voltaje en la red	Equipo no enciende.		

		L	Límite de Corriente Insuficiente	1	Línea Sulfatada	
				2	Sobrecarga en la línea	
				3	Humedad en las líneas	
				4	Corto circuito interno del sistema	
		M	Rango de Carga FLA mayor a 60%	1	Picos de voltaje en la red	Equipo no enciende
				2	Sobrecarga en la red.	
		N	Rango de Carga FLA menor a 15%	1	Proveedor no entrega el voltaje adecuado	
		O	% Carga-Incompleta de Corriente para encender el Motor Amp.	1	Corte de Suministro de voltaje	Equipo no enciende
		P	Carga-Completa Amp. (Solo Encendido E.M.) Mayor a 45%	1	Picos de voltaje en la red	Equipo no enciende
		Q	Carga-Completa Amp. (Solo Encendido E.M.) Menor a 45%	1	Sensor de carga averiado	
R	Corriente fases A,B,C mayor a 189 Amp (Solo SSS)	1	Picos de voltaje en la red.	Chiller No Funciona		
		2	Sobre carga en la red			
S	Corriente fases A,B,C menor a 189 Amp (Solo SSS)	1	Perdidas de corriente			
5	Garantizar Límite de Demanda del Generador durante el funcionamiento del Chiller al 100%	A	El Generador está suministrando un límite de demanda superior al 100%	1	Sobrecarga de la línea	Se Apaga el Chiller, No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Pico de voltaje de baja tensión en línea eléctrica entregada por el proveedor de energía.	
		B	El Generador está suministrando un límite de demanda inferior al 100%	1	Pico de voltaje de sobre tensión en línea eléctrica entregada por el proveedor de energía.	
		C	El Generador se Apaga	1	Punto caliente en una de sus líneas de la bornera de llegada.	

				2	Punto caliente en una de las líneas de la bornera de salida.	
				3	Sobre tensión	
				4	Daño de protecciones	
				5	Línea Sulfatada	
				6	Aislamiento de Cable roto	
				7	Humedad en las líneas	
6	Entregar la Temperatura de Líquido Enfriado – Saliendo a - 17.7°C	A	Temperatura de Líquido Enfriado – Saliendo mayor a 17.7°C	1	La temperatura de agua fría proveniente de las torres de enfriamiento se está entregando a una temperatura mayor a 20.4°C	Temperatura de Acondicionamiento en áreas comunes demasiado alta
		B	Temperatura de Líquido Enfriado – Saliendo menor a - 17.7°C	1	La temperatura de agua fría proveniente de las torres de enfriamiento se está entregando a una temperatura menor a 20.4°C	Temperatura de Acondicionamiento en áreas comunes demasiado baja
7	Mantener en funcionamiento el compresor	A	El Compresor para sin razón	1	Falla en el sistema de Control	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Sobrecalentamiento en Bobina.	
				3	Bobina del contactor no se energiza.	
				4	Contactor defectuoso.	
				5	Temperatura del ambiente es baja	
				6	Compresor Dañado	
				7	Baja carga de refrigerante	
				8	Compresor con posible defecto	
8	Recibir la Temperatura de Líquido Enfriado – Retorno - 49.8°C	A	Se recibe la Temperatura de Líquido Enfriado – Retorno Superior a 49.8 °C	1	El set point está mal posicionado o no está funcionando	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más bajo del establecido.
				B	Se recibe la Temperatura de Líquido Enfriado – Retorno Inferior a 49.8°C	
		2	El set point está mal posicionado o no está funcionando			
		9	Mantener Presión del Evaporador en el intervalo entre 5.5 PSI y 77.4 PSI	A	Presión del Evaporador está por debajo del valor de 5.5 PSI	
2	La Bomba está enviando el agua a una menor presión que el límite establecido					
B	Presión del Evaporador está por encima del valor de 77.4 PSI			1	La Bomba está enviando el agua a una mayor presión que el límite establecido	El chiller se Apaga
				2	El Flujo de Agua está ingresando a una mayor Temperatura y caudal	



10	Mantener la temperatura de Líquido Condensado – Retorno en el intervalo entre (-13.3 °C a 56.3°C)	A	Temperatura de Líquido Condensado de Retorno inferior a -13.3 °C.	1	Ingreso de agua de retorno por debajo del limite	Congelamiento de Tuberías		
				2	Set point dañado			
		B	Temperatura de Líquido Condensado de Retorno superior a 56.3°C.	1	Ingreso de agua de retorno por arriba del limite	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más alto del establecido.		
				2	Set point dañado			
11	Mantener una Diferencia de Temperatura Mínima de (11.7 °F)	A	Diferencia de Temperatura Menor a (11.7 °F)	1	Set Point fuera de los parámetros establecidos	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más bajo del establecido.		
				2	Temperaturas de entrada menores a las establecidas			
		B	Diferencia de Temperatura Mayor a (11.7 °F)	1	Set Point fuera de los parámetros establecidos	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más alto del establecido.		
				2	Tuberías Obstruidas			
				3	Daño en Torre de enfriamiento			
				4	Temperaturas de entrada mayores a las establecidas			
		12	Mantener Presión de Condensación en 126 PSI	A	Presión de condensación Mayor a 126 PSI.	1	El Flujo de Agua está ingresando a una mayor Temperatura	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más alto del establecido.
						2	La Bomba está enviando el agua a una mayor presión que el límite establecido	
B	Presión de condensación Menor a 126 PSI.			1	La Bomba está enviando el agua a una menor presión que el límite establecido	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más bajo del establecido.		
				2	El Flujo de Agua está ingresando a una menor Temperatura			
13	Mantener temperatura de Saturación del Condensador en 99 °F	A	Temperatura de Saturación del Condensador mayor a 99 °F	1	El Flujo de Agua está ingresando a una mayor Temperatura	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más alto del establecido.		
				2	La Bomba está enviando el agua a una mayor presión que el límite establecido			
		B	Temperatura de Saturación del Condensador menor a 99 °F	1	La Bomba está enviando el agua a una menor presión que el límite establecido	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más bajo del establecido.		
				2	El Flujo de Agua está ingresando a una menor Temperatura			
14	Mantener Interruptor de Presión Alta cerrado máximo a un límite de presión del 88.9 %.	A	Interruptor de Presión Alta abierto en un límite de presión inferior a 88.9 %	1	Sensor de presión alta averiado.	Parada de Equipo		
				2	Set point de límite de presión por debajo de 89%.			
		B	Interruptor de Presión Alta cerrado en un límite de presión superior a 88.9 %	1	Sensor de presión alta averiado.	Daños en tuberías, líneas y equipos.		
				2	Set point de límite de presión por encima de 89%.			
15	Mantener Interruptor de Flujo de Líquido del Condensador cerrado máximo a un 35% del límite de flujo	A	Interruptor de Flujo de Líquido del Condensador abierto en un límite de flujo inferior a un 35%.	1	Sensor de flujo averiado.	Daños por sobrepresión y temperaturas		
				2	Set point de límite de flujo por abajo del 35 % del límite de flujo			

		B	Interruptor de Flujo de Líquido del Condensador cerrado en un límite de flujo superior a un 35%.	1	Sensor de presión alta averiado.	Equipo no funciona
				2	Set point de límite de flujo por arriba del 35 % del límite de flujo	
16	Mantener diferencial de Presión de Aceite. 31.2 PSI	A	Diferencial de Presión de Aceite mayor a 31.2 PSI	1	Obstrucción en tuberías	Alarma de Delta de presión
				2	Incremento de Temperatura por falta de líquido refrigerante	
		B	Diferencial de Presión de Aceite menor a 31.2 PSI	1	Perdida de presión por fuga en líneas	Alarma de Delta de presión
				2	Contaminación de aceite	
17	Mantener temperatura del Aceite máximo en 101.2 °F	A	Temperatura del Aceite mayor a 101.2 °F	1	Obstrucción en Tuberías	Alarma por sobrecalentamiento en Equipo
				2	Perdidas de refrigerante	
				3	Sensor de Temperatura Averiado	Daños por sobrecalentamiento en Equipo
		B	Temperatura del Aceite menor a 101.2 °F	1	Set Point fuera de los parámetros establecidos	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más bajo del establecido.
				2	Sensor de Temperatura Averiado	
18	Mantener Temperatura de Descarga 101.6 ° F	A	Temperatura de Descarga mayor a 101.6 ° F	1	Set Point fuera de los parámetros establecidos	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más alto del establecido.
				2	Temperatura de entrada Mayor a la establecida	
		B	Temperatura de Descarga menor a 101.6 ° F	1	Set Point fuera de los parámetros establecidos	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más baja de la establecida.
				2	Temperatura de entrada Menor a la establecida	
19	Mantener Temperatura de Líquido Enfriado a 45 °F	A	Temperatura de Líquido Enfriado superior a 45 °F	1	Obstrucción en Tuberías	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más alto del establecido.
				2	Temperatura de Agua de Entrada superior al limite	
		B	Temperatura de Líquido Enfriado inferior a 45 °F	1	Temperatura de Agua de Entrada inferior al limite	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más bajo del establecido.
				2	Set point mal posicionado o en mal estado	
20	Mantener la temperatura de Líquido Condensado – Saliendo en el intervalo entre (-13.3 °C a 56.3 °C)	A	Temperatura de Líquido Condensado – Saliendo a una temperatura inferior a -13.3 °C.	1	Ingreso de agua de retorno por debajo del limite	Congelamiento de Tuberías
				2	Set point dañado	
		B	Temperatura de Líquido Condensado – Saliendo a una temperatura Superior a 56.3 °C.	1	Ingreso de agua de retorno por arriba del limite	El acondicionamiento de Aire en zonas comunes es más alto del establecido.
				2	Set point dañado	
21	Mantener diferencias de temperatura de +/- 10 °C entre el Líquido refrigerante y el Agua del condensador	A	Diferencia de Temperatura entre el líquido refrigerante y el agua del condensador más alta de lo normal	1	Aire en el condensador	Presión de descarga Alta

		B	Diferencia de Temperatura entre el líquido refrigerante y el agua del condensador más alta de lo normal con presión del evaporador normal	1	Flujo de agua de condensación insuficiente	Daños en Tuberías
22	Mantener diferencias de temperatura de +/- 10 °C entre el agua fría saliendo y el refrigerante en el evaporador.	A	Diferencia de temperatura entre el agua fría saliendo y el refrigerante en el evaporador mayor de lo normal con temperatura de descarga alta	1	Carga de Refrigerante Insuficiente	Presión de succión Baja
				2	Orificio de flujo bloqueado	
		B	Diferencia de temperatura entre el agua fría saliendo y el refrigerante en el evaporador mayor de lo normal con temperatura de descarga normal	1	Tubos del evaporador sucios o obstruidos	Presión de succión Baja
23	Mantener temperatura de agua de salida fría en un rango de +/- 6 °C	A	Temperatura de agua fría demasiado baja con bajo amperaje del motor	1	Sistema de alimentación eléctrica insuficiente	Presión de succión Baja
		B	Temperatura del agua de salida fría Alta	1	Falla de válvula de corredera para abrir	Presión del evaporador alta
2	Sistema sobrecargado					
24	Mantener la temperatura del aceite de retorno en un rango de +/- 8 °C	A	Activar Alarma por aumento de Temperatura del aceite de Retorno sobre el rango establecido	1	Tuberías sucias	Recalentamiento del Equipo
				2	Tuberías Obstruidas	
				3	Fuga de aceite en la línea	
25	Mantener presión del aceite en el rango de +/- 10 PSI	A	Presión del aceite baja	1	Condiciones de encendido inusuales, existe formación de espuma en el depósito y tubos debido a la baja presión del sistema	Compresor enciende, desarrolla presión normal del aceite, fluctuantes por cortes mientras el compresor para y la presión del aceite se corta
		B	La presión del aceite se reduce un 70% de la presión de aceite cuando inicio a trabajar el compresor cuando aparece la tecla de la pantalla OIL PRESURE	1	Filtro de aceite sucio	Presión del aceite decrece gradualmente.
				2	Desgaste extremo de cojinetes	
		C	Aceite refrigerante de retorno no funciona	1	Sucio sistema de retorno de aceite en el filtro.	Se detiene sistema de retorno del aceite.

				2	Tobera u orificio de retorno del aceite obstruido.	
26	No permitir baja descarga del Sobrecalentado	A	Baja descarga de Sobrecalentado	1	Refrigerante con sobrecarga	Baja descarga de sobrecalentado
				2	Refrigerante saturado con aceite	
				3	Orificio variable no funciona adecuadamente	
				4	Nivel de refrigerante establecido incorrectamente	
27	Mantener alarmas del sistema en correcto funcionamiento	A	LED de Almacenamiento en Frio no se activa	1	LED dañado.	Falta de Información del funcionamiento correcto del equipo.
				2	Sensor de almacenamiento en frio averiado.	
		B	No se enciende LED cuando el aceite de retorno va al solenoide.	1	LED dañado.	Falta de Información del funcionamiento correcto del equipo.
				2	Sensor de aceite en el solenoide dañado	
		C	LED no enciende cuando el Motor este Encendido	1	LED dañado.	Falta de Información del funcionamiento correcto del equipo.
				2	Sensor de almacenamiento en frio averiado.	

5.5. DIAGRAMA DE DESICIÓN CHILLERS

RCM II HOJA DE DECISIÓN PARQUE CARACOLI										EQUIPO DE ANÁLISIS: Cristian Farfán, Jorge Chacón, Gabriel Mendoza.												
SUBSISTEMA: CHILLERS										FACILITADOR: Constanza Marchegiani - Ellmann, Sueiro y Asociados												
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea Propuesta	A realizar por	Frecuencia Inicial	Tipo Estrategia	Condición Operativa del Equipo	Duración de la tarea		Tipo de Rediseño	Tarea a condición	
							S1	S2	S3	H4	H5	S4									Intervalo P-F	
F	F	M	H	S	E	O	N1	N2	N3													
1	A	1	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO			Realizar limpieza preventiva de la tubería del evaporador	Técnico Mtto. - Subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	40	Horas	NO	18 meses	10 años	
1	A	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Realizar inspecciones visuales diarias del casco del evaporador, pintarlo regularmente para evitar oxidación y deterioro de la estructura.	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	15	minutos	NO	2 día	30 años	
1	A	3	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Realizar inspecciones visuales diarias de la carcasa del compresor y pintarlo regularmente para evitar oxidación y deterioro de la estructura	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	15	minutos	NO	2 día	30 años	
1	A	4	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Realizar inspecciones visuales diarias del casco del condensador y pintarlo regularmente para evitar oxidación y deterioro de la estructura	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	5	minutos	NO	2 día	30 años	
1	A	5	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Realizar inspecciones diarias de la tubería de transporte del refrigerante que sale del evaporador.	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	5	minutos	NO	2 día	20 años	
1	A	6	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Realizar inspecciones diarias de la tubería de transporte del refrigerante que ingresa al condensador	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	5	minutos	NO	2 día	20 años	

2	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Check list de inspección diario de torres de enfriamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARI A	Tarea a condición	En Operación	5	min utos	NO	2 día	10 años
2	A	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Realizar inspecciones diarias de la tubería de entrega de Agua que alimenta el sistema	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARI A	Tarea a condición	En Operación	5	min utos	NO	2 día	10 años
2	A	3	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Realizar limpieza de sensores de flujo periódicamente para evitar que se colmaten de cal y no cumplan su función de censar el caudal.	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	Tarea a condición	En Operación	30	min utos	NO	4 meses	5 años
2	A	4	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar diariamente los tanques de almacenamiento de agua para reposición	Técnico Mtto. - Subcontratista +O16:W16	DIARI A	Tarea a condición	En Operación	5	min utos	NO	2 día	3 años
2	B	1	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Realizar periódicamente purgas en el lazo cerrado del sistema de climatización que alimenta la planta de Agua fría.	Técnico Mtto. - Subcontratista +O16:W17	TRIME STRAL	Tarea a condición	En Operación	1	hor a	NO	4 meses	20 años
2	B	2	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Se debe realizar limpieza preventiva de la tubería de los chillers	Técnico Mtto. - Subcontratista	ANUA L	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	40	Hor as	NO	18 meses	10 años
2	C	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO			Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Hor as	SI		
2	C	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar el equipo a diario para detectar posibles fallas de funcionamiento, que se puedan llegar a presentar.	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENS UAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hor a	NO	2 meses	10 años
2	C	3	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar el equipo a diario para detectar posibles fallas de funcionamiento, que se puedan llegar a presentar.	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENS UAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hor a	NO	2 meses	10 años
3	A	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO			Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Hor as	SI		
3	A	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO			Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado.	En Operación	300	Hor as	SI		

3	B	8	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hor a	NO	4 meses	15 años
3	C	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	hor as	SI		
3	C	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	hor as	SI		
3	C	3	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	hor as	SI		
3	D	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas de alimentación de las tarjetas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	min utos	NO	4 meses	N/A
3	D	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas de alimentación de las tarjetas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	min utos	NO	4 meses	N/A
3	D	3	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, alimentar las tarjetas con una línea de tensión regulada.	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Hor as	SI		
3	D	4	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, alimentar las tarjetas con una línea de	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	No existe mantenimiento o programado.	En Operación	1	Hor a	NO	4 meses	15 años

4	D	1	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Revisar los niveles de aceite del compresor	Técnico mto - subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	2 meses	4 años
4	D	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Revisar los niveles de aceite del compresor	Técnico mto - subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	2 meses	4 años
4	D	3	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				verificar temperaturas de compresor de la unidad de refrigeración	Técnico mto - subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	2 meses	4 años
4	E	1	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Revisar el estado de las válvulas	Técnico mto - subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	2	horas	NO	18 meses	10 Años
4	E	2	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO				Inspección de funcionamiento del control de Solenoide	Técnico mto - subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	2	horas	NO	18 meses	10 años
4	E	3	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspección del control de válvulas de servicio	Técnico mto - subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	2	horas	NO	18 meses	10 años
4	E	4	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Verificar orificios libres en el bloque de poder de control	Técnico mto - subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	2	horas	NO	18 meses	10 Años
4	F	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar los parámetros de funcionamiento del compresor.	Técnico mto - subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	día	NO	8 meses	15 años
4	F	2	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar pruebas al fluido hidráulico de la unidad de refrigeración, para determinar su estado.	Técnico mto - subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	18 meses	5 años
4	F	3	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar limpieza preventiva de la tubería de los chillers	Técnico Mto. - Subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	40	Horas	NO	18 meses	10 años
4	F	4	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Revisar los niveles de refrigerante	Técnico Mto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	2 meses	5 años

4	G	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEME STRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
4	H	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEME STRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
4	H	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
4	I	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	hora	NO	4 meses	15 años
4	I	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	hora	NO	4 meses	15 años
4	I	3	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	hora	NO	4 meses	15 años
4	J	1	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar inspección por medio de vibraciones mecánicas en los rodamientos, para determinar su estado y predecir su falla.	Técnico Mtto. - Subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	En Operación	30	minutos	NO	18 meses	N/A
4	K	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
4	L	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	hora	NO	4 meses	15 años

4	L	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes y que las fases estén balanceadas.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEME STRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
4	L	3	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	hora	NO	4 meses	15 años
4	L	4	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar por medio de termografía en tablero, tarjetas y líneas de alimentación.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEME STRAL	Tarea a condición	En Operación	2	horas	NO	8 meses	15 años
4	M	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	ingeniera de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
4	M	2	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes y que las fases estén balanceadas.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEME STRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
4	N	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos o trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
4	O	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		
4	P	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos o trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		

4	Q	1	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI				Reemplazar el sensor de carga cuando haya fallado	Técnico Mtto. - Subcontratista		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	Parada en funcionamiento	1	hora	NO	5 años	5.5 años
4	R	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos o trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
4	R	2	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes y que las fases estén balanceadas.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEME STRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
4	S	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		
5	A	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes y que las fases estén balanceadas.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEME STRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
5	A	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos o trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
5	B	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos o trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
5	C	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEME STRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años

5	C	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
5	C	3	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		
5	C	4	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
5	C	5	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
5	C	6	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
5	C	7	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
6	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspección de sensores de temperatura periódica para garantizar que cumplan su función de censar la temperatura de manera adecuada.	técnico mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	3 años
6	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspección de sensores de temperatura periódica para garantizar que cumplan su función de censar la temperatura de manera adecuada.	técnico mto-subcontratista	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	3 años
7	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Revisión y pruebas de funcionamiento de los sistemas de control	técnico mto-subcontratista	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	20	minutos	NO	6 meses	20 años

7	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspección y pruebas de funcionamiento en bobinas de control.	técnico mto-subcontratista	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	20	minutos	NO	6 meses	10 años
7	A	3	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspección y pruebas de funcionamiento en bobinas de control.	técnico mto-subcontratista	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	20	minutos	NO	6 meses	10 años
7	A	4	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspección y pruebas de funcionamiento en contactores y relés.	técnico mto-subcontratista	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	20	minutos	NO	6 meses	10 años
7	A	5	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Revisión de las temperaturas ambientes y puntos de control	técnico mto-subcontratista	Según condición	Tarea a condición	En Operación	1	hora	NO	N/A	N/A
7	A	6	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar rutinas de mantenimiento preventivo al compresor	técnico mto-subcontratista	Según condición	Tarea a condición	En Operación	1	hora	NO	N/A	N/A
7	A	7	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Revisar los niveles de refrigerante	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	2 meses	5 años
7	A	8	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar rutinas de mantenimiento preventivo al compresor	técnico mto-subcontratista	Según condición	Tarea a condición	En Operación	1	hora	NO	N/A	N/A
8	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar set point de temperatura para garantizar el correcto funcionamiento de la Torre	técnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
8	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspección de sensores de temperatura periódica para garantizar que cumplan su función de censar la temperatura de manera adecuada.	técnico mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	3 años
8	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar set point de temperatura para garantizar el correcto funcionamiento de la Torre	técnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
9	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar inspecciones diarias de la tubería de transporte del refrigerante que sale del evaporador.	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	5	minutos	NO	2 día	20 años
9	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar el variador de la bomba para detectar posibles fallas de funcionamiento, que se puedan llegar a presentar.	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	2 meses	10 años

9	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar el variador de la bomba para detectar posibles fallas de funcionamiento, que se puedan llegar a presentar.	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	2 meses	10 años
9	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Realizar inspecciones diarias de la tubería de transporte del refrigerante que sale del evaporador.	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	5	minutos	NO	2 día	20 años
10	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar el variador de la bomba para detectar posibles fallas de funcionamiento, que se puedan llegar a presentar.	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	2 meses	10 años
10	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura para garantizar el correcto funcionamiento de la Torre	técnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
10	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar el variador de la bomba para detectar posibles fallas de funcionamiento, que se puedan llegar a presentar.	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	2 meses	10 años
10	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura para garantizar el correcto funcionamiento de la Torre	técnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
11	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura para garantizar el correcto funcionamiento de la Torre	técnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
11	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura para garantizar el correcto funcionamiento de la Torre	técnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
11	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura para garantizar el correcto funcionamiento de la Torre	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
11	B	2	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO			Realizar limpieza preventiva de la Tubería de los chillers cada 12 meses	Técnico Mtto. - Subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	40	Horas	NO	18 meses	10 años
11	B	3	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura para garantizar el correcto funcionamiento de la Torre	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años

1 1	B	4	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura para garantizar el correcto funcionamiento de la Torre	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
1 2	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura periódicamente.	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
1 2	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar el variador de la bomba para detectar posibles fallas de funcionamiento, que se puedan llegar a presentar.	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	2 meses	10 años
1 2	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar el variador de la bomba para detectar posibles fallas de funcionamiento, que se puedan llegar a presentar.	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	2 meses	10 años
1 2	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura periódicamente.	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
1 3	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura periódicamente.	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
1 3	A	2	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar el variador de la bomba para detectar posibles fallas de funcionamiento, que se puedan llegar a presentar.	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	2 meses	10 años
1 3	B	1	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar el variador de la bomba para detectar posibles fallas de funcionamiento, que se puedan llegar a presentar.	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	2 meses	10 años
1 3	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de temperatura periódicamente.	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
1 4	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar sensor de presión alta periódicamente	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
1 4	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de presión periódicamente.	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años

14	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar sensor de presión alta periódicamente	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
14	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de presión periódicamente.	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
15	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de flujo	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
15	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de límite de flujo	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
15	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de flujo	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
15	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Calibrar set point de límite de flujo	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
16	A	1	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO			Realizar limpieza preventiva de la Tubería de aceite	Técnico Mtto. - Subcontratista	24 meses	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	40	Horas	NO	30 meses	10 años
16	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar niveles de refrigerante y completar de ser necesario e inspeccionar fugas en tubería	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
16	B	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Realizar inspecciones en la tubería de transporte de aceite	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	5	minutos	NO	2 día	20 años
16	B	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Realizar pruebas para medir la calidad del aceite	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	5	minutos	NO	2 día	20 años
17	A	1	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO			Realizar limpieza preventiva de tuberías	Técnico Mtto. - Subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	40	Horas	NO	18 meses	10 años
17	A	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Realizar inspecciones diarias de la tubería de transporte del refrigerante	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	5	minutos	NO	2 día	20 años

17	A	3	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
17	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar set point de temperatura periódicamente.	tecnico mantenimiento	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	5 meses	3 años
17	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
18	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
18	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
18	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
18	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
19	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
19	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
19	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
19	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años

20	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
20	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
20	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
20	B	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Calibrar e inspeccionar funcionamiento del sensor de temperatura	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
21	A	1	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO				Purgar las tuberías del condensador para evitar que haya aire dentro de ellas	tecnico mto-subcontratista	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
21	B	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Realizar inspecciones en la tubería de transporte del condensador y calibrar los sensores de flujo-	Técnico Mtto. - Subcontratista	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	2 día	20 años
22	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar niveles de refrigerante y completar de ser necesario e inspeccionar fugas en tubería	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
22	A	2	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar limpieza de orificio de flujo periódicamente	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	20 años
22	B	1	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar limpieza preventiva de la Tubería de los chillers	Técnico Mtto. - Subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada en funcionamiento	40	Horas	NO	18 meses	10 años
23	A	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento o programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		
23	B	1	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Revisar el estado de las válvulas	Técnico mto - subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación	2	horas	NO	18 meses	10 Años

26	A	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Abrir lentamente la válvula baja del manómetro para dejar salir refrigerante del sistema. - Si la presión del manómetro de baja (azul) indica más de 15 PSI, deje salir el refrigerante lentamente. - Las presiones recomendadas para una refrigeradora son de 5 a 13 PSI. - La temperatura ambiente influye en las presiones de condensación del refrigerante. - Busque antes la presión del trabajo adecuado del sistema, para permitir un escarchado uniforme en el evaporador.	tecnico mto-subcontratista	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	1 año
26	A	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Mantener el sobrecalentamiento apropiado del evaporador y el compresor. Corregir condiciones de carga anormalmente bajas. Colocar acumuladores para detener el retorno descontrolado de líquidos.	tecnico mto-subcontratista	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	1 año
26	A	3	SI	SI	NO	SI							Inspeccionar la válvula de expansión térmica y calibrar si se alimentando demasiado refrigerante (sobrealimentación); o corregir si no estar alimentando suficiente refrigerante (subalimentación); y calibrar para evitar alternación de alimentación de demasiado alta a demasiado baja (fluctuación).	tecnico mto-subcontratista	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	1 año
26	A	4	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar niveles de refrigerante y completar de ser necesario e inspeccionar fugas en tubería	tecnico de mantenimiento	6 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	8 meses	10 años
27	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar funcionamiento de alarmas y led	tecnico mto-subcontratista	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	15	minutos	NO	4 meses	10 años
27	A	2	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspección de funcionamiento de sensores	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIME STRAL	Tarea a condición	En Operación	30	minutos	NO	4 meses	5 años
27	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar funcionamiento de alarmas y led	tecnico mto-subcontratista	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación	15	minutos	NO	4 meses	10 años

6. CONCLUSIONES

- Se desarrolló con éxito el modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II) para la Planta de Agua Fría del sistema de climatización de zonas comunes del Centro Comercial Parque Caracolí, logrando adecuar los formatos y procedimientos válidos, con el apoyo de expertos y operarios con experiencia en la gestión del mantenimiento, en cada uno de los activos, dejando a disposición del área de mantenimiento de Parque Caracolí, toda la información que se reunió durante este trabajo, para que se realice de manera correcta y permitiendo la posibilidad, para modificaciones de mejora a futuro.
- Se identificaron y codificaron los equipos que componen la planta de Agua Fría del Centro Comercial Parque Caracolí a los que se les implementó la metodología RCM II.
- Se realizó el análisis de criticidad a los sistemas y/o equipos que componen la planta de agua fría. Donde se determinó que los equipos con mayor criticidad son los Chillers. Se logra completar las tareas de mantenimiento resultantes de la planilla de decisión, que serán fundamentales, para la implementación de este modelo en el futuro cercano.
- Mediante la implementación de la metodología a los equipos con mayor criticidad, se logró definir las funciones principales y secundarias, así como un análisis de modo de falla y efectos en los sistemas, en los equipos a los cuales se aplicó la metodología.

- Finalmente se desarrolló una hoja de decisión, donde se asignaron las tareas para preservar cada una de las funciones de los equipos.
- La metodología RCM II, en este trabajo, se orientó a buscar la preservación de las funciones operacionales de los Chillers como sistema crítico de la planta de agua fría, para reducir no solo las fallas operacionales imprevistas, sino también, llevando procedimientos fáciles y económicos que eliminan la aparición de cualquier daño prematuro en los equipos.
- RCM II integra un compromiso entre los especialistas de mantenimiento y los técnicos de mantenimiento de los equipos, creando una cultura consciente en el personal, que estimule la prevención y que logre una buena comunicación cuando se tienen fallas y/o anomalías, para que puedan ser atendidas a tiempo.

7. RECOMENDACIONES

La implementación de esta metodología permitirá tener un plan de mantenimiento óptimo y bien documentado, que ayudará a la adquisición de conocimientos profundos y muy estructurados; por todo lo anterior es de vital importancia, realizar un seguimiento detallado, a todo el proceso de manera que ayude a realizar una mejora continua, que se va a ver reflejado, en determinar las mejores estrategias, para preservar las funciones de los activos físicos y administrar las consecuencias de las fallas.

Una vez iniciada la implementación del plan de mantenimiento, recopilar los datos de operación para compararlos con las condiciones iniciales y conocer la desviación real vs propuesta, verificando las tareas y frecuencias de mantenimiento principalmente.

Inspeccionar el plan anualmente, para realizar proceso de mejora, principalmente analizar los periodos de ejecución, para que sean convenientes para la gestión.

BIBLIOGRAFÍA

ARMSTRONG, Pumps Operating instructions, Toronto: Armstrong, 2012. pp 1-132

ARZUAGA CHURIO, José Elías, Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en la flota de equipos de oruga D11N de la empresa minera Drummond Ltda. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011. 121p.

DISMEC, Manual de mantenimiento y planos record proyecto Parque Caracolí. Bogotá: Dismec, 2012. 120p.

JOHNSON CONTROLS, Operating and maintenance rotary screw liquid chillers, York: Johnson Controls, 2011. pp 1-107

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Asheville: Aladon LLC, 2004. pp 1-300.

PARQUE ARAUCO, Manual de usuarios gestión de activos. Santiago: Parque Arauco, 2014. 267p.

REYMSA, The all-fiberglass cooling tower, installation, operation and maintenance manual. Dallas: Reymosa Cooling Tower Inc. 2011. pp 1-30

RODRIGUEZ GALVIS, Angie lissete y PARRA ORTIZ, David Leonardo, Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II) para máquinas rectificadoras sin centros (M017 y M018) en industrias Lavco Ltda. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2014. 318p.

ANEXOS

ANEXO A. LISTADO DE CLASES Y CARACTERITICAS

LISTADO DE CLASES	
ALARMA	MALLA_TIERRA
AMPLIFICADORES	MEDIDOR
ASCENSOR	MINI_SPLIT
BCO_CONDENSADORES	MONTACARGA
BARRERAS	MOTOR
BARRERAS_INTRUSIÓN	MOTOS
BOLARDOS	PASAMANOS
BOMBA_JOCKEY	PASILLO_RODANTE
BOMBA_PRINCIPAL	PAVIMENTO
BOMBAS	PORTONES
CAJEROS	PUERTA_AUTOMÁTICA
CÁMARAS_LPR	RED_HÚMEDA
CÁMARAS	RED_SECA
CAMPANAS	RED_SPRINKLER
CCTV	REJAS_PERIMETRALES
CELDAS	ROOF_TOP
CENTRAL_DETECCIÓN	SALVAESCALAS
CHILLER	SENSORES
COMANDO	SERVIDORES
COMPRESOR	SISTEMA_HIDRÁULICO
CONDENSADOR	SIST_PLAZA_PLAZA
CONDENSADOR	SIST_TRANSMISIÓN
CORTINAS_DE_AIRE	SPLIT
DUCTOS	T3_MOTION
DVR	TABLERO_BY_PASS
EQUIPO_DE_SONIDO	TAB_TRANSF_AUTOM
EQ_RECONOCIMIENTO	TABLEROS
ESCALA_MECÁNICA	TENDIDO
ESTANQUE_AGUA	TORRE_ENFRIAMIENTO
ESTRUCTURA	TRANSFORMADOR
EVAPORADOR	UMA
EXTINTORES_PQS	UPS
EXTRACTOR	VARIADOR_FREQ
FAN_COIL	VENTILADORES
GABINETES	
GRÚA_ALZA_HOMBRE	
GRÚA_HORQUILLA	

GRUPO_ELECTRÓGENO	
ILUMINACIÓN	
INYECTOR	
ISLAS	


LISTADO CARACTERÍSTICAS	
AUTONOMIA	RAZON_DE_CORRIENTE
CANTIDAD_EQUIPOS	RAZON_DE_VOLTAJE
CAPACIDAD	REFRIGERANTE
CAUDAL	SECCION
CORRIENTE	SECTOR
DIAMETRO	TEMPERATURA
DIAMETRO_DE_ASPA	TENSION_DE_ENTRADA
DIAMETROS_CABLES	TENSION_DE_SALIDA
DIAMETROS_POLEAS	TIPO_ILUMINACION
ENFRIADO_POR	TRANSMISION
FUNCION	UBICACION
HORAS_OPERACION	UNIDAD_DE_CAPACIDAD
LARGO	UNIDAD_DE_CAUDAL
MATERIAL	UNIDAD_DE_POTENCIA
MATERIAL_ALETA	UNIDAD_DE_PRESION
MATERIAL_ASPA	UNIDAD_VELOCIDAD
MATERIAL_SERPENTIN	VELOCIDAD_ASCENSO
N_CONDENSADORES	VIBRACION
N_VENTILADORES	VOLTAJE
NUMERO_DE_POLEAS	VOLUMEN
OPERACION	VOLUMEN_ACEITE
POTENCIA	
POTENCIA_MAXIMA	
POTENCIA_PRIME	
POTENCIA_STANDBY	
PRESION	
PROFUNDIDAD	

ANEXO B. HOJAS DE INFORMACION

Hoja de información Torre de Enfriamiento



RCM II
HOJA DE TRABAJO DE
INFORMACIÓN
© ALADON LTD.

SISTEMA	EQUIPO ANÁLISIS	
PLANTA DE AGUA FRIA	Cristian Farfán, Jorge Chacón, Gabriel Mendoza	
SUBSISTEMA	FACILITADOR	
TORRE DE ENFRIAMIENTO 1	Constanza Marchegiani - Ellmann, Sueiro y Asociados	

HOJA DE INFORMACIÓN		TORRE DE ENF. 1				
FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	
1		A	Temperatura a la salida de la torre superior a 25 °C.	1	Ventiladores no funcionan	La torre de enfriamiento no puede entregar el agua a 24 °C por lo que ciclo de acondicionamiento del aire se altera y no se puede climatizar las áreas comunes a la temperatura esperada.
				2	Motor de ventilador fuera de servicio	
				3	Relleno de PVC roto o inexistente	
				4	Switch de vibración se activo	
				5	Louvers rotos o inexistentes	
2	Entregar H2O a un caudal de 876 GPM a la salida de la Torre de Enfriamiento	A	Temperatura a la salida de la torre superior a 25 °C.	1	Agua de reposición no está ingresando al equipo, por fugas en la tubería.	El equipo se apaga al no tener el nivel adecuado.


				2	Agua de reposición no está ingresando al equipo por falta de suministro	
				3	Control de nivel de agua para la reposición, no funciona.	
3	Operar a una tensión entre (420 y 460 V)	A	Torre de enfriamiento se apaga	1	La Torre de Enfriamiento no tiene la carga de energía suficiente para su funcionamiento.	Se apaga la torre de enfriamiento y no puede suministrar agua fría a los Chillers
				2	Se apagan todos los equipos del grupo de enfriamiento (Bombas y tablero)	
		B	Corto circuito en el Tablero de Control	1	Punto caliente en una de las líneas de la bornera de salida de la Torre de enfriamiento	Cortó circuito y posibles daños en el equipo. No entrega agua a los chillers
				2	Punto caliente en una de las líneas de la bornera de llegada a la torre de enfriamiento.	
				3	Sobre tensión	
				4	Daño de protecciones	
				5	Corto circuito interno del subsistema	Daño en equipos. No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				6	Línea Sulfatada	Parada de Equipo. No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				7	Aislamiento de Cable roto	Cortó circuito y posibles daños en el equipo. No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				8	Humedad en las líneas	
		C	Alarma de Sobre-Tensión en el Equipo	1	Sobrecarga de la línea	Baja de Tensión. Se apaga el equipo
				2	Pico de voltaje de baja tensión en línea eléctrica entregada por el proveedor de energía.	Se apaga el equipo
				3	Pico de voltaje de sobre tensión en línea eléctrica entregada por el proveedor de energía.	Activar Alarma por Sobre-Tensión. Se apaga el equipo
		D	Corto circuito en la tarjetas de control	1	Punto caliente en una de sus líneas de las bornera de llegada de la torre de enfriamiento	Corto circuito y posibles daños en el equipo
				2	Punto caliente en una de las líneas de las bornera de salida de la torre de enfriamiento	

				3	Sobre tensión	
				4	Daño de protecciones	
				5	Corto circuito interno del subsistema	Daño en equipos.
				6	Línea Sulfatada	Perdida de conductividad
				7	Aislamiento de Cable roto	Cortó circuito y posibles daños en el equipo.
				8	Humedad en las líneas	
4	Mantener la Torre de enfriamiento en correcto funcionamiento	A	La Torre de enfriamiento no enciende	1	Interruptor térmico desenergizado.	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Voltaje Inadecuado	
		B	Caída de la fases A, B, C	1	Se genera parada total del Equipo	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
		C	Corriente Superior a 199 Amp	1	Punto caliente en una de sus líneas de la bornera de llegada.	Se Apaga la torre de enfriamiento, No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Sobre tensión	
		D	Corriente Inferior a 189 Amp	1	Línea Sulfatada	No enciende la torre de enfriamiento, No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Aislamiento de Cable roto	
				3	Humedad en las líneas	
		E	Excesivo ruido y vibraciones en el compresor	1	Rodamiento dañado o excesivo desgaste	Ruido y daños en elementos rotativos debido a las vibraciones
		F	Límite de corriente por encima del limite	1	Picos de voltaje en la red	Equipo no enciende.
		G	Límite de Corriente Insuficiente	1	Línea Sulfatada	
				2	Sobrecarga en la línea	
				3	Humedad en las líneas	
		H	Rango de Carga FLA mayor a 60%	1	Picos de voltaje en la red	Equipo no enciende
2	Sobrecarga en la red.					

		I	% Carga-Incompleta de Corriente para encender el Motor Amp.	1	Corte de Suministro de voltaje	Equipo no enciende
		J	Carga-Completa Amp. (Solo Encendido E.M.) Mayor a 45%	1	Picos de voltaje en la red	Equipo no enciende
		K	Carga-Completa Amp. (Solo Encendido E.M.) Menor a 45%	1	Sensor de carga averiado	
		L	Corriente fases A,B,C mayor a 189 Amp (Solo SSS)	1	Picos de voltaje en la red.	Chiller No Funciona
				2	Sobre carga en la red	
		M	Corriente fases A,B,C menor a 189 Amp (Solo SSS)	1	Perdidas de corriente	
5	Mantener alarmas del sistema en correcto funcionamiento	A	LED de Almacenamiento en Frio no se activa	1	LED dañado.	Falta de Información del funcionamiento correcto del equipo.
				2	Sensor de almacenamiento en frio averiado.	
		B	LED no enciende cuando el Motor este Encendido	1	LED dañado.	Falta de Información del funcionamiento correcto del equipo.
				2	Sensor de almacenamiento en frio averiado.	

Hoja de información Tablero de potencia



SISTEMA	EQUIPO ANÁLISIS	
PLANTA DE AGUA FRIA	Cristian Farfán, Jorge Chacón, Gabriel Mendoza	
SUBSISTEMA	FACILITADOR	
TABLERO DE POTENCIA	Constanza Marchegiani - Ellmann, Sueiro y Asociados	



HOJA DE INFORMACIÓN		TABLERO DE POTENCIA				
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA	
1	Suministrar tensión entre (420 y 460 V)	A	Planta de Agua fría se apaga	1	El chiller no tiene la carga suficiente para su funcionamiento.	Se Apaga automáticamente para protegerse de la falla. No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Se apagan todos los equipos del grupo de enfriamiento (Bombas y Torres de Energía)	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
		B	Corto circuito en el Tablero de Control	1	Punto caliente en una de las líneas de la bornera de salida del chiller.	Cortó circuito y posibles daños en el equipo. No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Punto caliente en una de las líneas de la bornera de llegada del chiller.	
				3	Sobre tensión	
				4	Daño de protecciones	
				5	Corto circuito interno del subsistema	

				6	Línea Sulfatada	Parada de Equipo. No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.		
				7	Aislamiento de Cable roto	Cortó circuito y posibles daños en el equipo. No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.		
				8	Humedad en las líneas			
		C	Alarma de Sobre-Tensión en el Equipo	1	Sobrecarga de la línea	Baja de Tensión. Se apaga el equipo		
				2	Pico de voltaje de baja tensión en línea eléctrica entregada por el proveedor de energía.	Se apaga. Se apaga el equipo		
				3	Pico de voltaje de sobre tensión en línea eléctrica entregada por el proveedor de energía.	Activar Alarma por Sobre-Tensión. Se apaga el equipo		
		2	Mantener los equipos de la planta de agua fría en correcto funcionamiento	A	Planta de agua fría no enciende	1	Interruptor térmico desenergizado.	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
						2	Voltaje Inadecuado	
				B	Planta de agua fría enciende pero no enfría	1	La temperatura del Agua es inferior al set point	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
2	Baja carga de refrigerante							
C	Planta de agua fría			1	Nivel de colant por debajo del limite	El equipo se apaga		
D	Caída de la fases A, B, C			1	Se genera parada total del Equipo	No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.		
E	Corriente Superior a 199 Amp			1	Punto caliente en una de sus líneas de la bornera de llegada.	Se Apaga la planta de Agua fría, No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.		
				2	Sobre tensión			
F	Corriente Inferior a 189 Amp			1	Línea Sulfatada	No enciende la planta de Agua fría, No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.		
				2	Aislamiento de Cable roto			
				3	Humedad en las líneas			
G	Límite de corriente por encima del limite			1	Picos de voltaje en la red	Equipo no enciende.		
H	Límite de Corriente Insuficiente			1	Línea Sulfatada			
				2	Sobrecarga en la línea			

				3	Humedad en las líneas	Equipo no enciende	
				4	Corto circuito interno del sistema		
		I	Rango de Carga FLA mayor a 60%	1	Picos de voltaje en la red		
				2	Sobrecarga en la red.		
		J	Rango de Carga FLA menor a 15%	1	Proveedor no entrega el voltaje adecuado		
		K	% Carga- Incompleta de Corriente para encender el Motor Amp.	1	Corte de Suministro de voltaje		Equipo no enciende
		L	Carga-Completa Amp. (Solo Encendido E.M.) Mayor a 45%	1	Picos de voltaje en la red		Equipo no enciende
		M	Carga-Completa Amp. (Solo Encendido E.M.) Menor a 45%	1	Sensor de carga averiado		
		N	Corriente fases A,B,C mayor a 189 Amp (Solo SSS)	1	Picos de voltaje en la red.		Planta de Agua fría No Funciona
				2	Sobre carga en la red		
O	Corriente fases A,B,C menor a 189 Amp (Solo SSS)	1	Perdidas de corriente				
3	Garantizar Límite de Demanda del Generador durante el funcionamiento del Chiller al 100%	A	El Generador está suministrandno un límite de demanda superior al 100%	1	Sobrecarga de la línea	Se Apaga la planta de Agua fría, No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.	
				2	Pico de voltaje de baja tensión en línea eléctrica entregada por el proveedor de energía.		
		B	El Generador está suministrandno un límite de demanda inferior al 100%	1	Pico de voltaje de sobre tensión en línea eléctrica entregada por el proveedor de energía.		
		C	El Generador se Apaga	1	Punto caliente en una de sus líneas de las borneras de llegada.		Se Apaga la planta de Agua fría, No hay acondicionamiento de Aire en zonas comunes.
				2	Punto caliente en una de las líneas de la bornera de salida.		
				3	Sobre tensión		

				4	Daño de protecciones
				5	Línea Sulfatada
				6	Aislamiento de Cable roto
				7	Humedad en las líneas





Hoja de información Bomba Centrífuga

		SISTEMA PLANTA DE AGUA FRIA	EQUIPO ANÁLISIS Cristian Farfán, Jorge Chacón, Gabriel Mendoza			
		SUBSISTEMA BOMBA CENTRIFUGA	FACILITADOR Constanza Marchegiani - Ellmann, Sueiro y Asociados			
HOJA DE INFORMACIÓN BOMBA CENTRIFUGA						
FUNCION		COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFFECTO DE LA FALLA
1	Suministrar 783 GPM al circuito de agua fría	A	Suministro por debajo de 783 GPM	1	Altas vibraciones en los rodamientos	Parada de Bomba centrífuga, daño de piezas, daño de los rodamientos
				2	Altas temperaturas en los rodamientos	
				3	Fuga de grasa o aceite	
				4	Cuerpo extraño en el impulsor	Falta de rendimiento del equipo
				5	Perdidas internas	
				6	Daño en el impulsor por desgaste	
				7	Fuga en la carcaza	
				8	Desgaste en la carcaza	Perdida indeseada del líquido bombeado

				9	Fuga excesiva de fluido	
2	Suministrar agua a 130 PSI	A	Suministro de agua inferior a 130 PSI	1	Presión insuficiente	La bomba no puede suministrar el agua a la presión requerida.
				2	Perdidas internas	
3	Mantener Bomba en correcto funcionamiento	A	Bomba se apaga	1	Cuerpo extraño en el impulsor	Se detiene el suministro de agua impulsada por la bomba
				2	Daño en el impulsor por desgaste	
				3	Acople flexible con desalineamiento excesivo	
				4	Desbalance de acoples	
				5	Impulsor roto	
				6	Empaques rotos	
				7	Variador de frecuencia se apaga	

ANEXO C. HOJAS DE DECISION

Hoja de Decisión Torre de Enfriamiento

RCM II HOJA DE DECISIÓN PARQUE CARACOLÍ										EQUIPO DE ANÁLISIS: Cristian Farfán, Jorge Chacón , Gabriel Mendoza.													
SUBSISTEMA: TORRE DE ENFRIAMIENTO										FACILITADOR: Constanza Marchegiani - Ellmann, Sueiro y Asociados													
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tarea Propuesta	A realizar por	Frecuencia Inicial	Tipo Estrategia	Condición Operativa del Equipo	Duración de la tarea		Tipo de Rediseño	Tarea a condición	
							S1	S2	S3													O1	O2
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4											
1	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar mantenimiento preventivo a los ventiladores que consiste en inspección visual de las aspas, limpieza en general del equipo, calibración y balanceo.	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	6 meses	10 años	
1	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar inspección en el motor para verificar estado de sellos y funcionamiento del equipo	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	9 meses	15 años	
1	A	3	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspección visual y física del estado del relleno	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	12 meses	8 años	

1	A	4	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Realizar mantenimiento preventivo a los ventiladores que consiste en inspección visual de las aspas, limpieza en general del equipo, calibración y balanceo.	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	6 meses	10 años
1	A	5	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspección visual y física del estado de louvers	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	12 meses	8 años
2	A	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspección visual y física de la tubería de alimentación de agua	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	En operación	30	minutos	NO	12 meses	50 años
2	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspección de correcto funcionamiento del equipo de presión	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	En operación	30	minutos	NO	12 meses	50 años
2	A	3	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Realizar inspección del control de nivel de agua para la reposición	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	En operación	30	minutos	NO	12 meses	10 años
3	A	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO			Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		
3	A	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO			Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		

3	B	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMES TRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	6 meses	20 años
3	B	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMES TRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	6 meses	20 años
3	B	3	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO			Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		
3	B	4	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMES TRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
3	B	5	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar tableros eléctricos y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMES TRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	4 meses	15 años
3	B	6	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMES TRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
3	B	7	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su	Técnico Mtto. - Subcont	TRIMES TRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años



3	D	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas de alimentación de las tarjetas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMES TRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	4 meses	N/A
3	D	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas de alimentación de las tarjetas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMES TRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	4 meses	N/A
3	D	3	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, alimentar las tarjetas con una línea de tensión regulada.	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		
3	D	4	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, alimentar las tarjetas con una línea de tensión regulada.	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMES TRAL	No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
3	D	5	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las tarjetas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMES TRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	4 meses	15 años

3	D	6	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
3	D	7	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
3	D	8	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
4	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Ajustar borneras de interruptor térmico periódicamente y realizar termografías.	Técnico Mtto. - Subcont ratista	SEMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	8 meses	15 años
4	A	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO			Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
4	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes.	Técnico Mtto. - Subcont ratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
4	C	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes.	Técnico Mtto. - Subcont ratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años

4	C	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
4	D	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
4	D	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
4	D	3	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
4	E	1	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Realizar inspección por medio de vibraciones mecánicas en los rodamientos, para determinar su estado y predecir su falla.	Técnico Mtto. - Subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	En Operación	30	minutos	NO	18 meses	N/A
4	F	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		

4	M	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	ingeniería de diseño fabricante	No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI			
5	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar funcionamiento de alarmas y led	tecnico mto-subcontratista	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	15	minutos	NO	4 meses	10 años
5	A	2	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				inspección de funcionamiento de sensores	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea a condición	En Operación	30	minutos	NO	4 meses	5 años
5	B	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar funcionamiento de alarmas y led	tecnico mto-subcontratista	3 meses	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	15	minutos	NO	4 meses	10 años
5	B	2	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				inspección de funcionamiento de sensores	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea a condición	En Operación	30	minutos	NO	4 meses	5 años

Hoja de Decisión Tablero de potencia

RCM II HOJA DE DECISIÓN PARQUE CARACOLI										EQUIPO DE ANÁLISIS: Cristian Farfán, Jorge Chacón, Gabriel Mendoza.												
										FACILITADOR: Constanza Marchegiani - Ellmann, Sueiro y Asociados												
SUBSISTEMA: TABLERO DE POTENCIA																						
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea Propuesta	A realizar por	Frecuencia Inicial	Tipo Estrategia	Condición Operativa del Equipo	Duración de la tarea		Tipo de Rediseño	Tarea a condición	
							S1	S2	S3	O1	O2	O3									H4	H5
F	F	M	H	S	E	O	N1	N2	N3													
1	A	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energetico.	Ingenieria de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		
1	A	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energetico.	Ingenieria de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		

1	B	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	3 meses	20 años
1	B	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	3 meses	20 años
1	B	3	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energetico.	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		
1	B	4	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
1	B	5	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar tableros electricos y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	4 meses	15 años

1	B	6	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
1	B	7	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
1	B	8	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
1	C	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
1	C	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		

1	C	3	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingenieria de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
2	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Ajustar borneras de interruptor termico periodicamente y realizar termografias.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	15	minutos	NO	8 meses	15 años
2	A	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingenieria de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
2	B	1	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Se debe realizar una inspección periodica para determinar la correcta calibración de las termocuplas y su funcionamiento.	Técnico Mtto. - Subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	2	horas	NO	18 meses	5 años
2	B	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Se debe realizar una inspección periodica para verificar los niveles de refrigerante dentro de los limites permitidos.	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	En Operación	15	minutos	NO	2 día	4 años
2	C	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Se debe realizar una inspección periodica para verificar los niveles de colant dentro de los limites permitidos.	Técnico Mtto. - Subcontratista	DIARIA	Tarea a condición	En Operación	15	minutos	NO	2 día	4 años

2	D	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
2	E	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
2	E	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
2	F	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
2	F	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las líneas y acometidas eléctricas y realizar termografías para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años



2	F	3	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
2	G	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
2	H	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	hora	NO	4 meses	15 años
2	H	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Inspeccionar las fases de conexión electrica, para verificar que no hallan puntos calientes y que las fases esten balanceadas.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
2	H	3	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	hora	NO	4 meses	15 años

2	H	4	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccion termografica en tablero, tarjetas y lineas de alimentaci3n.	T3cnico Mtto. - Subcont ratista	SEMES TRAL	Tarea a condici3n	En Opera ci3n	2	hora s	NO	8 meses	15 a3os
2	I	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos 3 trasientes, para evitar da3os por sobrecargas	Ingenier ia de dise3o fabrican te		No existe mantenimiento programado. Un dise3o nuevo ser3a conveniente.	En Opera ci3n	5	hora s	SI		
2	I	2	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO				Inspeccionar las fases de conexi3n electrica, para verificar que no hallan puntos calientes y que las fases esten balanceadas.	T3cnico Mtto. - Subcont ratista	SEMES TRAL	Tarea a condici3n	Parada fuera de operaci3n comercial	30	minu tos	NO	8 meses	15 a3os
2	J	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos 3 trasientes, para evitar da3os por sobrecargas	Ingenier ia de dise3o fabrican te		No existe mantenimiento programado. Un dise3o nuevo ser3a conveniente.	En Opera ci3n	5	hora s	SI		
2	K	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energ3a se hace necesario, instalar una planta de respaldo energetico.	Ingenier ia de dise3o fabrican te		No existe mantenimiento programado. Un dise3o nuevo ser3a conveniente.	En Opera ci3n	300	Hora s	SI		
2	L	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos 3 trasientes, para evitar da3os por sobrecargas	Ingenier ia de dise3o fabrican te		No existe mantenimiento programado. Un dise3o nuevo ser3a conveniente.	En Opera ci3n	5	hora s	SI		

2	M	1	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI				Reemplazar el sensor de carga cuando haya fallado	Técnico Mtto. - Subcontratista		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	Parada en funcionamiento	1	hora	NO	5 años	5.5 años
2	N	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar daños por sobrecargas	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	5	horas	SI		
2	N	2	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes y que las fases estén balanceadas.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
2	0	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	Ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		
3	A	1	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes y que las fases estén balanceadas.	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	8 meses	15 años
3	A	2	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Instalar un equipo supresor de picos ó trasientes, para evitar	Ingeniería de diseño		No existe mantenimiento programado.	En Operación	5	horas	SI		

3	C	5	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
3	C	6	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años
3	C	7	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Inspeccionar las lineas y acometidas electricas y realizar termografias para monitorear su funcionamiento	Técnico Mtto. - Subcont ratista	TRIME STRAL	Tarea de Hallazgo de Falla	En Operación	1	Hora	NO	4 meses	15 años

Hoja de Decisión Bomba Centrífuga

RCM II HOJA DE DECISIÓN PARQUE CARACOLI										SUBSITEMA: BOMBA CENTRIFUGA						EQUIPO DE ANÁLISIS: Cristian Farfán, Jorge Chacón, Gabriel Mendoza.		FACILITADOR: Constanza Marchegiani - Ellmann, Sueiro y Asociados		 mucho más que comprar			
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas				Tarea Propuesta	A realizar por	Frecuencia Inicial	Tipo Estrategia	Condición Operativa del Equipo	Duración de la tarea	Tipo de Rediseño		Tarea a condición	
							S1	S2	S3	"a falta de"												Intervalo P-F	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4											
1	A	1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Realizar análisis de vibraciones en rodamientos	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea a condición	En Operación	30	minutos	NO	9 meses	5 años	
1	A	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Realizar lubricación periódica a los rodamientos	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea a condición	En Operación	15	minutos	NO	6 meses	5 años	
1	A	3	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI				Sustitución cíclica de estoperas	Técnico Mtto. - Subcontratista	ANUAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	2	horas	NO	12 MESES	15 meses	

1	A	4	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Hacer limpieza para destapar la bomba	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea a condición	En Operación	4	horas	NO	18 meses	5 años
1	A	5	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Inspección visual de fugas	Técnico Mtto. - Subcontratista	MENSUAL	Tarea a condición	En Operación	15	minutos	NO	9 meses	3 años
1	A	6	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Rectificar los alabes del impulsor según especificaciones del fabricante	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEGÚN CONDICION	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	8	Horas	NO	N/A	N/A
1	A	7	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Limpieza de carcasa para retirar cuerpos extraños	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	3	Horas	NO	9 meses	3 años
1	A	8	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Pintura periódica de la carcasa	Técnico Mtto. - Subcontratista	4 años	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	4	Horas	NO	4,5 años	15 años
1	A	9	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO			Inspeccionar las fases de conexión eléctrica, para verificar que no hallan puntos calientes.	Técnico Mtto. - Subcontratista	Semanal	Tarea a condición	En Operación	5	minutos	NO	2 semana	15 meses
2	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO			Rectificar los alabes del impulsor según especificaciones del fabricante	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEGÚN CONDICION	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	8	Horas	NO	N/A	N/A

2	A	2	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Rectificar los alabes del impulsor según especificaciones del fabricante	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEGÚN CONDICION	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	8	Horas	NO	N/A	N/A
3	A	1	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Hacer limpieza para destapar la bomba	Técnico Mtto. - Subcontratista	TRIMESTRAL	Tarea a condición	En Operación	4	horas	NO	18 meses	5 años
3	A	2	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Rectificar los alabes del impulsor según especificaciones del fabricante	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEGÚN CONDICION	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	8	Horas	NO	N/A	N/A
3	A	3	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Medición de alineación	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	12 meses	30 meses
3	A	4	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO				Análisis de vibraciones mecánicas	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	9 meses	30 meses
3	A	5	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Análisis de vibraciones mecánicas	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEMESTRAL	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	1	hora	NO	9 meses	30 meses

3	A	6	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO				Soltar tornillos de prensa empaques	Técnico Mtto. - Subcontratista	SEGÚN CONDICION	Tarea a condición	Parada fuera de operación comercial	30	minutos	NO	N/A	N/A
3	A	7	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO				Para evitar la parada del equipo por corte de energía se hace necesario, instalar una planta de respaldo energético.	ingeniería de diseño fabricante		No existe mantenimiento programado. Un diseño nuevo sería conveniente.	En Operación	300	Horas	SI		