

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM PARA UN CONJUNTO MOTOR-
COMPRESOR DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AMONACO EN LA
EMPRESA ALQUERÍA S.A.

JOSÉ LUIS PALACIOS CIFUENTES
CHRISTIAN EFRÉN FORERO TRIANA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2018

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM PARA UN CONJUNTO MOTOR –
COMPRESOR DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AMONACO EN LA
EMPRESA ALQUERÍA S.A.

JOSÉ LUIS PALACIOS CIFUENTES
CHRISTIAN EFRÉN FORERO TRIANA

Monografía de grado para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

DIRECTOR
DANIEL ORTIZ PLATA
INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

Dedico este logro a Dios, mi familia amigos y aquellas personas que han puesto su granito de arena y creyeron en mí, para crecer profesionalmente.

José Luis

Dedico este proyecto a Dios, a mi madre, mi esposa e hijas y hermanas, porque han forjado en mí una persona íntegra de la cual hoy me siento muy feliz y satisfecho por este logro profesional.

Christian Efrén

AGRADECIMIENTOS

A Dios, como fuente de amor y paz, porque haz mirado en mí la posibilidad de hacer un hombre íntegro y feliz.

A mi madre por su esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos por su apoyo moral y ánimo para salir adelante.

Al ingeniero Daniel Ortiz quien creyó en nosotros y nos orientó para sacar este proyecto adelante.

José Luis Palacios Cifuentes

Te doy gracias señor Jesucristo porque siempre has estado conmigo y has hecho todo posible.

A mi Madre por su esfuerzo, apoyo, porque siempre ha creído en mí.

A mi esposa y mis hijas porque son el motivo para esforzarme cada día y superarme integralmente.

A mis hermanas por el ánimo para seguir adelante.

Al ingeniero Daniel Ortiz y mi compañero José Luis Palacios por la confianza y colaboración.

Christian Efren Forero Triana

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	18
1. ASPECTOS GENERALES.....	19
1.1 HISTORIA DE ALQUERÍA	19
1.2 FILOSOFÍA ORGANIZACIONAL	22
1.2.1 Misión:.....	22
1.2.2 Visión:	22
1.2.3 Propuesta de Valor:	22
1.3 COBERTURA	23
1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	24
1.4.1 Organigrama Colombia:	24
1.5 QUIEN ES ALQUERÍA HOY POR HOY	25
1.6 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS	26
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	27
3. OBJETIVOS.....	29
3.1 OBJETIVO GENERAL	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
4. JUSTIFICACIÓN.....	30
5. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA	31
5.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.....	31
5.1.1 Definición de mantenimiento:.....	31

5.1.2 Historia del mantenimiento:.....	31
5.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	32
5.3.1 Mantenimiento de conservación:	36
5.3.1.1 Mantenimiento correctivo:	36
5.3.1.2 Mantenimiento preventivo:	36
5.3.2. Mantenimiento de actualización:.....	36
6. POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO	38
6.1 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN EL FALLO.....	38
6.2 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA DURACIÓN DE VIDA DEL SISTEMA.....	38
6.3 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA INSPECCIÓN.....	39
6.4 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA OPORTUNIDAD	39
7 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.	41
7.1 TAXONOMÍA IMPLEMENTADA EN EL RCM.....	43
7.2 FUNCIONES.....	46
7.3 FALLAS FUNCIONALES	48
7.4 MODOS DE FALLA	49
7.5 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS (EFECTOS) Y DE RIESGOS (CRITICIDAD)	52
8. GENERALIDADES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AMONACO PARA LA EMPRESA DE ALQUERÍA S.A.	55
8.1 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.	55
8.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	64

8.2.1 Compresor de Tornillo MYCOM serie V	64
8.2.2 Bomba de aceite	65
Fuente; BOMBA DE ACEITE Mycom Oil Pump Service Manual, september 2011	166
8.2.3 Tanque estratificador de agua	67
8.2.4 Motor jaula de ardilla de 455 HP	68
8.2.5 Condensadora Evaporativa.....	69
8.2.6 Intercambiador de placas.....	70
9. GENERALIDADES DEL AMONIACO	71
9.1 AMONIACO	71
9.1.1. Protección respiratoria	72
9.1.2. Almacenamiento	73
9.1.3. Comportamiento en el ambiente	74
9.1.3.1. Suelo.....	75
9.1.3.2. Aire.....	76
9.1.3.3. Agua.....	77
10. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS AL CONJUNTO MOTOR – COMPRESOR DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AMONIACO DE LA EMPRESA ALQUERÍA S. A.	78
10.1 DEFINICIÓN DE LAS FRONTERAS DEL SISTEMA QUE SERÁN CASO DE ESTUDIO.....	78
10.2 DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES	78
10.3 DESCRIPCIÓN DE LA FALLA FUNCIONAL	79
10.4 MODO DE FALLA.....	79

10.5 DESCRIPCIÓN DE EFECTOS	80
10.6 FALLA OCULTA	80
10.7 VALORACIÓN DEL RIESGO.....	81
10.8 DESCRIPCIÓN DE LA TAREA.....	81
11. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	82
12. TAREAS DE MANTENIMIENTO.....	83
NORMA LEGAL	84
CONCLUSIONES	86
BIBLIOGRAFÍA.....	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Índice de peligrosidad de algunas sustancias químicas.....	28
Tabla 2. Propiedades físicas para el Amoniaco	72
Tabla 3. Protección respiratoria mínima para Amoniaco en el aire.....	73
Tabla 4. Usos, generación y control de emisiones de Amoniaco.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Historia de la Alquería.....	20
Figura 2. Historia de la Alquería.....	20
Figura 3. Historia de la Alquería.....	21
Figura 4. Historia de Alquería	23
Figura 5. Estructura Organizacional.....	24
Figura 6. Evolución de las técnicas del mantenimiento.	35
Figura 7. Ejemplo de un modelo básico de una Matriz de Valoración de Riesgos	54
Figura 8. Refrigeración con amoniaco	56
Figura 9. Compresor de tornillo Mycom	65
Figura 10 Bomba de aceite	66
Figura 11. Tanque estratificador de agua	67
Figura 12. Motor jaula de ardilla de 455 HP.....	68
Figura 13. Condensadora Evaporativa.	69
Figura 14. Intercambiador de placas.....	70
Figura 15 Frontera del sistema	78

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Tipos de Mantenimiento	35
Diagrama 2. Enfriamiento de agua red Hidráulica	57
Diagrama 3. Enfriamiento de agua red Hidráulica	58
Diagrama 4. Enfriamiento de agua red Hidráulica	59
Diagrama 5. Enfriamiento de agua red Hidráulica	60
Diagrama 6. Enfriamiento de agua red Hidráulica	61
Diagrama 7. Enfriamiento de agua red Hidráulica	62
Diagrama 8. Enfriamiento de agua red Hidráulica	63

LISTA DE ANEXOS

Nota: Los siguientes anexos se encuentran en el CD-ROM

ANEXO A: Taxonomía

ANEXO B: Diagrama de decisión

ANEXO C: Definición de funciones

RESUMEN

TITULO: PLAN DE MANTENIMIENTO RCM PARA UN CONJUNTO MOTOR – COMPRESOR DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AMONIACO EN LA EMPRESA ALQUERÍA S.A

Autores: José Luis palacios Cifuentes

Christian Efren Forero Triana

Palabras claves: RCM, Amoniac, plan de mantenimiento.

Esta monografía se enfoca en el diseño de un plan de mantenimiento para un compresor de amoniac de la empresa Alquilería S.A. Se realiza la evaluación de los posibles modos de falla que pueda presentar el conjunto motor-compresor y asesorados por expertos en operación, mantenimiento e ingeniería de diseño de los mismos, se procede a proponer las tareas de mantenimiento más adecuadas para evitar que estos fallos provoquen paradas inesperadas.

De manera adicional y en complemento a las tareas de mantenimiento, se proponen algunas actividades y frecuencias de inspección que servirán al personal operativo para tener el control de las variables y funcionamiento del equipo.

ABSTRACT

TITLE: RCM MAINTENANCE PLAN FOR A MOTOR SET, COMPRESSOR OF A COOLING SYSTEM WHICH USES AMMONIA, IN ALQUERIA'S S. A COMPANY.

Author José Luis palacios Cifuentes

Christian Efren Forero Triana

Keywords: RCM, ammonia, maintenance plan.

This study is focused on the design of a maintenance plan for a ammonia compressor of Alqueria's S.A company. An assessment is carried out based on the possible failure modes the motor-compressor set could develop. It is assessed by an expert group and maintenance and design engineering. Thus, some corresponding tasks are proposed to avoid unforeseen shutdowns.

In addition to the maintenance tasks, some activities are proposed and their inspection frequency that may help the operational staff control the variables and operation of the equipment.

INTRODUCCIÓN

La conservación de la materia prima en este caso la leche, es de vital importancia para Alquería S.A., de este resultado depende la producción y rentabilidad de negocio. Dentro de los procesos que se desarrollan al interior de la compañía, cuentan con un sistema de refrigeración por amoníaco, el cual es primordial para mantener las temperaturas idóneas.

Hacia el año 2001 Alquería S.A. desarrolla novedosos productos con envases económicos, ecológicos y asépticos; como leches especializadas, sorbetes, bebidas lácteas y avena; aun cuando la empresa cuenta con el sistema de refrigeración por amoníaco, nace la idea de crear un mantenimiento basado en la metodología RCM con el fin tener una mejor confiabilidad.

Dentro de las fronteras del sistema que se analizaran, se definieran equipos y componentes como objeto de estudio, su función y su modo de falla, se catalogarán y priorizarán según la escala de la valoración de riesgos, con el fin de plantear la solución y mejorar la confiabilidad de los equipos del sistema de refrigeración; para los que se establecerán rutinas como técnicas y procedimientos, con el fin detectar de manera temprana las consecuencias potenciales que pueden afectar al proceso y personal operativo.

Para el conjunto motor- compresor se crearán tareas para realizar inspección por rutinas, tales como cambios, monitoreo, reacondicionamiento y en algunos casos correr a falla.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 HISTORIA DE ALQUERÍA

Fundada en 1959 por Jorge Cavelier Jiménez y su hijo Enrique Cavelier Gaviria, Alquería nació con el generoso propósito de llevar nutrición a los colombianos a través de un buen vaso de leche.

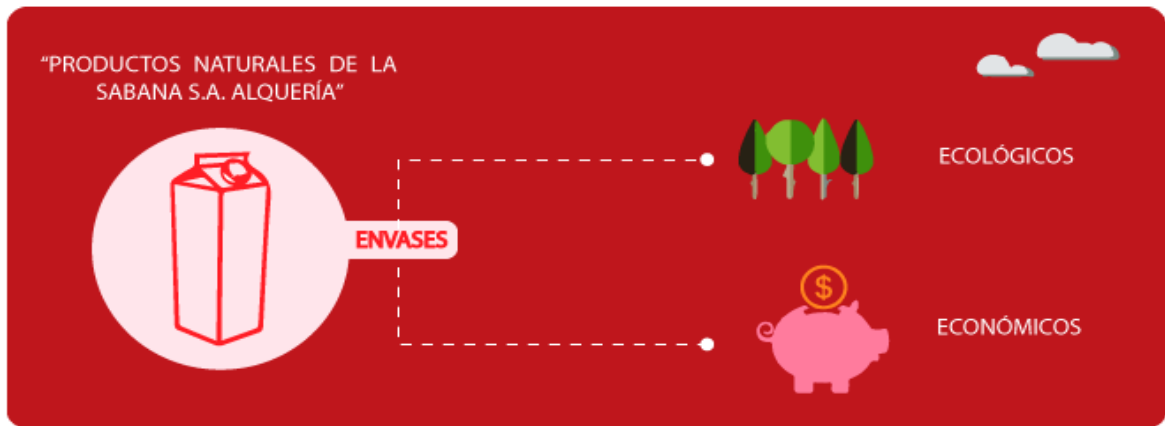
Nació como una empresa familiar y con las personas que la vieron crecer; es una historia con grandes hechos de orgullo de constancia y trabajo diario, una historia donde las crisis se han superado gracias a un trabajo en equipo motivado por la convicción de servir.

En 1962 después de varios años de trabajo, obtuvo un reconocimiento a la innovación, primero fue el empaque de cartón parafinado, luego la bolsa plástica que enamoró a los colombianos.

En 1995 inicio el proyecto de productos 'Larga Vida' con la planta de ultra pasteurización más moderna de mayor capacidad en el área Andina de igual manera se lanzaron nuevos productos como chocolate, cremas de leche y Jugos Citrus

En 2001 Cambia de razón social y renueva la imagen con "PRODUCTOS NATURALES DE LA SABANA S.A. ALQUERÍA". Presenta novedosos productos con envases económicos, ecológicos y asépticos; como leches especializadas, sorbetes, bebidas lácteas y avena.

Figura 1. Historia de la Alquería



Fuente: Historia de Alquería [En línea] disponible <http://www.alqueria.com.co/compania/historia-de-alqueria/>

En el año 2005 se abrió la nueva sede en Cali y Palmira, para el año 2008 expandió las líneas del negocio al aliarse con DANONE quien es especialista en yogures.

Figura 2. Historia de la Alquería



Fuente: Historia de Alquería [En Línea] disponible en <http://www.alqueria.com.co/compania/historia-de-alqueria/>

De los años 2009 al 2011 obtiene la mayor oferta para el mercado en productos, bajos en grasa, deslactosados y de alto impacto para el sistema digestivo; de igual manera se adquirió la procesadora San Martín en Medellín y con éxito terminaron la construcción de envases plásticos de la sabana.

En el año 2012 Incursionan en el mundo del arequipe. Hacia el año 2013 Inauguran la planta en Santa Marta, expandiéndose en la costa atlántica con presencia en Guajira, Cesar, Sucre, Bolívar, Atlántico y Magdalena.

En el año 2014 se posicionan como empresa líder en innovación de empaques y productos de la categoría de leches en Colombia con la practijarra; ese mismo año, lanzan el yogurt con tapa novedosa (junto con DANONE-ALQUERÍA) en diferentes formatos como bebible y tapa pitillo.

Figura 3. Historia de la Alquería



Fuente: Historia de Alquería [En Línea] disponible en <http://www.alqueria.com.co/compania/historia-de-alqueria/>

En el año 2015 Adquieren “Freska Leche” para fortalecer la presencia en los Santanderes; de igual manera construyen la planta en las instalaciones de Cajicá para duplicar la producción de arequipe y renovar la imagen de los productos de Antaño.

Abrieron regional Sabana Norte y Sur, para mayor cubrimiento y servicio a los clientes.

1.2 FILOSOFÍA ORGANIZACIONAL

1.2.1 Misión: Contribuir a través de un modelo de Valor Compartido al crecimiento, desarrollo, progreso y calidad de vida de todos los miembros de la Familia Alquería, que incluye también a nuestros proveedores de leche, nuestros clientes y consumidores, nuestros pobladores cercanos y nuestros accionistas, dentro de un entorno medioambiental sostenible.

1.2.2 Visión: La visión tiene que ver con generar en el año 2020 un ebitda de \$200 MM donde las innovaciones representarán el 15% de las ventas y serán reconocidos como líderes en la mente y el corazón de clientes y consumidores.

1.2.3 Propuesta de Valor: Dentro de las convicciones de Alquería hay creencias fundamentales que guían a la conducta y las relaciones en su desarrollo laboral, están basados en su propuesta de valor las cuales tiene como base 5 ejes.

Construir desarrollo; allí se escoge como se vive en la ruta de aprendizaje para ir creciendo constantemente.

Liderar el futuro; Se escoge cómo se gestiona el liderazgo para construir futuro.

Armonizar la vida; se debe buscar el balance entre la vida y el trabajo, dándole valor al tiempo siempre en pro de la vida de los colaboradores.

Vivir experiencias positivas; se debe buscar la manera de sacar provecho de las experiencias día a día.

Prosperar con amor; Se debe escoger los beneficios, disfrutar de los premios y reconocimientos.

1.3 COBERTURA

Como resultado de un trabajo constante a través de los años, y gracias al esfuerzo conjunto de los colaboradores, proveedores y clientes, Alquilería tiene hoy presencia y alcance en las distintas regiones del país. Son más de 13.000 ganaderos asociados, 21 centros de distribución y 150.000 tenderos en todo el país. Así, logran brindar satisfacción y alimento a 5 millones de hogares colombianos.

Figura 4. Historia de Alquilería

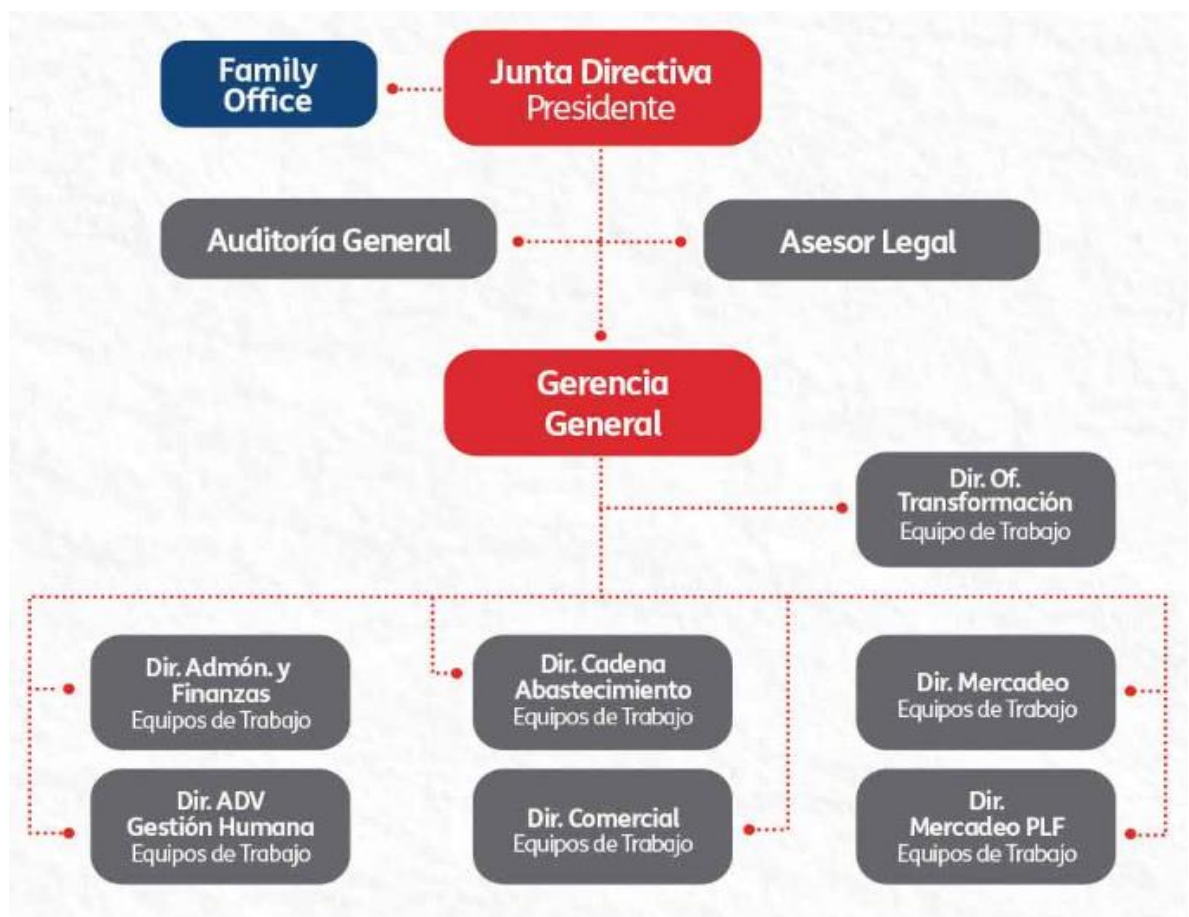


Fuente: Historia de Alquilería [En línea] disponible en <http://www.alqueria.com.co/compania/historia-de-alqueria/>

1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

1.4.1 Organigrama Colombia: La estructura organizacional de Alquilería está definida según la siguiente figura.

Figura 5. Estructura Organizacional



Fuente: Estructura Organizacional [En línea] disponible en <http://www.alqueria.com.co/filosofia/>

1.5 QUIEN ES ALQUERÍA HOY POR HOY

Como compañía que nació en 1959 con el sueño de llevar bienestar y nutrición a los colombianos: “Una botella de leche, una botella de salud”, fue el lema de sus fundadores Jorge Cavelier Jiménez y su hijo Enrique Cavelier Gaviria.

Hoy, con más de medio siglo de tradición, Alquería es la materialización de ese sueño: son una de las marcas más queridas por los colombianos y sus productos siguen brindando alimento y satisfacción en las distintas regiones del país. Día a día, sus acciones demuestran que están comprometidos para lograr una sociedad con mejor calidad de vida.

Durante estos años de trabajo y continua innovación, también ha crecido toda la familia Alquería, de la que hacen parte sus colaboradores, proveedores, contratistas y consumidores. Para Alquería siempre ha sido esencial su crecimiento personal y profesional, por lo que aportan con distintos programas al interior y fuera de la compañía para que sus sueños y los de sus familias se hagan realidad.

Y para asegurar el bienestar de las futuras generaciones, respetan y cuidan el ambiente y sus recursos naturales, por lo que hoy son reconocidos como una compañía ejemplar en responsabilidad ambiental.

En Alquería, además, tiene una cultura organizacional de disciplina con flexibilidad. Conscientes de la coyuntura social de Colombia, están comprometidos a impulsar el desarrollo del campo colombiano en este momento histórico de transformación hacia una sociedad en paz.

1.6 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS

Son fabricantes y distribuidores de alimentos derivados de la leche y extracción de frutas, los cuales tiene una cobertura en gran parte del país.

- ✓ Leches y alimentos lácteos
- ✓ Avena
- ✓ Chocolate
- ✓ Yogurt y alimentos lácteos fermentados
- ✓ Cremas
- ✓ Leche condensada
- ✓ Suero Costeño
- ✓ Arequipe
- ✓ Jugos
- ✓ Bebidas Vegetales
- ✓ Tangelo
- ✓ Compotas

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para algunas empresas del sector manufacturero que desean mantener su materia prima o producto bajo condiciones higiénicas y a temperatura de conservación, las cuales oscilan entre los 2 y 6 grados centígrados necesitan contar con sistemas de enfriamiento eficientes y económicos. Bajo ese panorama y estas condiciones el gas amoníaco resulta ser la mejor alternativa a implementar. Este gas comparado con otros gases usados en refrigeración industrial presenta ventajas como bajo costo, es biodegradable y su rendimiento energético es muy superior.

De manera casi contradictoria su implementación también suele ser una de las más arriesgadas, ya que se encuentra valorada como una de las cinco sustancias más peligrosas usadas a nivel industrial¹ (Tabla 1), además, el proceso de compresión del amoníaco implica el uso de equipos especializados que requieren de la aplicación de un mantenimiento centrado en la eficiencia, disponibilidad y confiabilidad. Por esta razón, se debe lograr que el conjunto motor – compresor definido como el corazón del sistema de refrigeración - se mantenga funcional y seguro para el usuario.

¹ SUAREZ, Medina Oscar, NARVAEZ, Rincón Paulo. Perfil Nacional de sustancias químicas en Colombia VOL. II. Linca Publicidad. p. 44

Tabla 1. Índice de peligrosidad de algunas sustancias químicas.

Tabla 17. Priorización de las sustancias químicas de uso industrial de teniendo en cuenta solamente el índice de peligrosidad (caso 1 de la tabla 16) - 20 primeras sustancias de la lista de sustancias químicas de uso industrial unificada para cada clase de peligro

Posición	Priorización por peligros		
	Físicos $A_{PF}=1, A_{PA}=0, A_{PS}=0$	Ambientales $A_{PF}=0, A_{PA}=1, A_{PS}=0$	Para la salud $A_{PF}=0, A_{PA}=0, A_{PS}=1$
1	Metanal (formaldehído)	Tetracloruro de carbono	Dicromato de potasio
2	Nitroglicerina (Nitroglicerol)	Gases refrigerantes (freón)	1 Cloro 2,3 epoxipropano (epiclorhidrina)
3	Nmetil N, 2, 4,6 tetranitroanilina (tetril)	Acetato de cobre	Dicromato de sodio
4	Acetileno	Acetato de plomo	Bicromato de amonio
5	Amoniacó anhidro	Ácido clorhídrico - muriático	Cromato de sodio
6	Butano natural	Acido crómico (trióxido de dicromo)	Metanal (formaldehído)
7	Butanos	Amoniacó anhidro	Acrilonitrilo
8	Cloruro de polivinilo	Amoniacó líquido	Ciclohexanona
9	Cloruro de vinilo	Bromo	Éter dietílico (óxido de dietilo)
10	Etano natural	Carbonato de cobalto	Acido crómico (trióxido de dicromo)

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un plan de mantenimiento RCM para el conjunto motor – compresor de un sistema de refrigeración por amoníaco en la empresa Alquería S.A

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Describir la funcionalidad del sistema de refrigeración por amoníaco de la empresa Alquería S.A. ubicada en el municipio de Cajicá.
- ✓ Realizar el análisis de modos de falla y sus efectos al conjunto motor – compresor del sistema de refrigeración por amoníaco de la empresa Alquería S.A.
- ✓ Realizar el análisis de criticidad para el conjunto motor – compresor del sistema de refrigeración por amoníaco de la empresa Alquería S.A.
- ✓ Determinar las tareas de mantenimiento basadas en confiabilidad para el conjunto motor – compresor

4. JUSTIFICACIÓN

El principal objetivo de este trabajo es prevenir la ocurrencia de fallas que comprometan la seguridad de las personas y el desempeño del conjunto motor – compresor de un sistema de refrigeración por amoníaco.

Adicionalmente se establecerán técnicas y procedimientos para detectar de manera temprana la aparición de fugas de gas amoníaco y sus consecuencias en el personal manipulador u operativo.

5. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

5.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

Las empresas buscan un mantenimiento manejado con criterio económico y enfocado a un ahorro en los costos generales de producción, donde se pueda, llevar a cabo una inspección sistemática de todas las instalaciones, con intervalos de control para detectar oportunamente cualquier desgaste o rotura, manteniendo los registros adecuados, mantener permanentemente los equipos e instalaciones, en su mejor estado para evitar los tiempos de parada que aumentan los costos.

Efectuar las reparaciones de emergencia lo más pronto, empleando métodos más fáciles de reparación y prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones al máximo.

5.1.1 Definición de mantenimiento: Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

5.1.2 Historia del mantenimiento: Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones.

Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción. Con la llegada de la primera guerra mundial y de la implantación de la producción en serie, fue instituida por la compañía Ford-Motor Company, fabricante de vehículos, las fabricas pasaron a establecer programas mínimos de producción, luego nació la necesidad de crear equipos de que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción.

Con la primera guerra mundial, las máquinas trabajaron a toda su capacidad y sin interrupciones, por este motivo la máquina tuvo cada vez mayor importancia. Así nació el concepto de mantenimiento preventivo que, a pesar de ser costoso era necesario.

A partir de 1950 gracias a los estudios de fiabilidad se determinó que a una máquina en servicio siempre la integraban dos factores: la máquina y el servicio que esta proporciona; de aquí surge la idea de preservar, o sea, cuidar que este dentro de los parámetros de calidad deseada.

De esto se desprende el siguiente principio: el servicio se mantiene y el recurso se preserva por esto se hicieron estudios cada vez más profundos sobre fiabilidad y mantenibilidad.

Así nació LA INGENIERÍA DE CONSERVACIÓN (preservación y mantenimiento). El año de 1950 es la fecha en que se toma a la máquina como un medio para conseguir un fin, que es el servicio que ésta proporciona.

5.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento ha evolucionado a través de tres generaciones.

La Primera Generación

La Primera Generación cubre el periodo hasta la II Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los periodos de paradas no importaban mucho; la maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado, esto hacia que fuera fiable y fácil de reparar; como resultado no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados y la necesidad de personal calificado era menor que ahora.

La Segunda Generación

Durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente, los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase, mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización a tal punto que hacia el año 1950 se habían construido máquinas de todo tipo y cada vez más complejas. La industria había comenzado a depender de ellas.

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más patente. Esto llevó a la idea de que los fallos de la maquinaria se podían y debían de prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del mantenimiento preventivo. En el año 1960 esto se basaba primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costes de funcionamiento; como resultado se comenzaron a implantar sistemas de control y planificación del mantenimiento. Estos han ayudado a poner el mantenimiento bajo control y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo.

La Tercera Generación.

Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio en la industria ha cobrado incluso velocidades más altas; los cambios pueden clasificarse bajo los títulos de nuevas expectativas, nueva investigación y nuevas técnicas.

Nuevas Expectativas: El crecimiento continuo de la mecanización significa que los periodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente; esto se hace más importante con el movimiento mundial hacia

los sistemas de producción “justo a tiempo”, en el que los reducidos niveles de stock en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta.

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

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

Finalmente, el coste del mantenimiento todavía está en aumento, en términos absolutos y en proporción a los gastos totales, en algunas industrias, es ahora el segundo gasto operativo de coste más alto y en algunos casos incluso el primero. Como resultado de esto, en solo treinta años lo que antes no suponía casi ningún gasto se ha convertido en la prioridad de control de coste más importante.

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

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

- Técnicas De "Condition Monitoring"

- Sistemas Expertos
- Técnicas De Gestión De Riesgos
- Modos De Fallos Y Análisis De Los Efectos
- Fiabilidad Y Mantenibilidad

Figura 6. Evolución de las técnicas del mantenimiento.



Fuente; Estructura Organizacional [En línea] disponible en

<http://ugmamantenimiento12011.blogspot.com/2011/10/evolucion-del-mantenimiento.html>

5. 3 TIPOS DE MANTENIMIENTO

En las operaciones de mantenimiento pueden diferenciarse las siguientes definiciones:

Diagrama 1. Tipos de Mantenimiento



5.3.1 Mantenimiento de conservación: Está destinado a compensar el deterioro de equipos sufrido por el uso, de acuerdo a las condiciones físicas y químicas a las que fue sometido a su vez se divide en

5.3.1.1 Mantenimiento correctivo: Es el encargado de corregir fallas o averías observadas.

Mantenimiento correctivo inmediato: Es el que se realiza inmediatamente de aparecer la avería o falla, con los medios disponibles, destinados a ese fin.

Mantenimiento correctivo diferido: Al momento de producirse la avería o falla, se produce un paro de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.

5.3.1.2 Mantenimiento preventivo: Dicho mantenimiento está destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por algún deterioro

Mantenimiento programado: Realizado por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, etc.

Mantenimiento predictivo: Es aquel que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.

5.3.2. Mantenimiento de actualización: Tiene como propósito compensar la obsolescencia tecnológica o las nuevas exigencias que en el momento de construcción no existían o no fueron tenidas en cuenta pero que en la actualidad sí deben serlo.

Los sistemas de amoniaco han venido ganando un amplio campo de aplicación- en la industria por sus características físicas y químicas, las cuales representan ventajas de costos y eficiencia. Las empresas del sector alimenticio son en gran

medida quienes lideran la implementación de estos sistemas para poder conservar su materia prima y producida dentro de condiciones aceptables de conservación. Algunos de estos sistemas cuentan con sistemas automatizados de control y cuentan con una referencia automática y dinámica para el control de la presión de descarga de los compresores del sistema, los cuales se realizan mediante el monitoreo de la temperatura del bulbo húmedo que permite determinar el rango de temperaturas en las cuales es posible condensar un fluido, con el fin de aprovechar de la manera más eficiente la capacidad evaporativa del ambiente y condensar a temperaturas mucho menores².

Con su implementación también ha nacido la necesidad de hacer estos sistemas más eficientes y seguros. Su eficiencia radica en la metodología de aplicación de técnicas de mantenimiento, el seguimiento que se haga de las mismas mediante sistemas de software especializado de mantenimiento y el control de las actividades que realizan los técnicos. Algunas empresas prefieren ejecutar estas actividades de mantenimiento por outsourcing o tercerizadas para garantizar la correcta ejecución de las actividades planeadas y no poner en riesgo la hermeticidad ni el funcionamiento de los equipos.

La seguridad pasa a ser un aspecto importante por la misma naturaleza del gas que se está comprimiendo. El Amoniaco es una sustancia altamente irritante para las mucosas. En forma líquida causa quemaduras al contacto con la piel y los ojos. Es también una sustancia venenosa y puede ser fatal por inhalación en grandes cantidades. Todos los síntomas pueden tener efecto retardado.

Este trabajo está centrado en brindar soluciones a los dos planteamientos, buscando ser, por medio de la política de mantenimiento basada en Confiabilidad, o RCM, una alternativa que otorgue seguridad y confianza a un sistema que, hoy por hoy, crece junto con la industria nacional.

6. POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

6.1 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN EL FALLO

La política de mantenimiento basada en la presentación del fallo constituye un método en que se realizarán tareas de mantenimiento correctivo tras ocurrir el fallo, con el fin de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema considerado. Por consiguiente, este método de mantenimiento se puede describir como de reparación de averías posterior al fallo o no programado. Por lo general esta política de mantenimiento se aplica a elementos cuya pérdida e funcionalidad no repercute en la seguridad de usuario y/o del entorno o en las consecuencias económicas del fallo.

6.2 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA DURACIÓN DE VIDA DEL SISTEMA

Según la política de mantenimiento basada en la duración de vida del sistema, se realizan tareas de mantenimiento preventivo a intervalos fijos de tiempo, que son función de la distribución de vida de los elementos considerados. Como el principal objetivo es evitar el fallo y sus consecuencias, este método de mantenimiento es a menudo llamado política de mantenimiento preventivo. Otro nombre que puede encontrarse en la literatura para esta política, es el de mantenimiento planificado. La razón es que las tareas de mantenimiento se realizan en un tiempo operativo predeterminado, lo que significa que es posible planificar todas las tareas y proporcionar todo el apoyo preciso.

Esta política de mantenimiento puede aplicarse con efectividad a elementos o sistemas que cumplen algunos de los siguientes requisitos:

- Al realizar una tarea se reduce la probabilidad de producción de fallos en el futuro

- El costo total de aplicar esta política es sustancialmente menor que el de la política basada en el fallo.
- La observación de la condición del elemento no es técnicamente factible o es económicamente inaceptable.

6.3 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA INSPECCIÓN

Tradicionalmente, las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo han sido las favoritas entre los directores de mantenimiento. Si durante los últimos veinte años, muchas organizaciones industriales han reconocido los inconvenientes de estos métodos. Por tanto, la necesidad de proporcionar seguridad y de reducir el coste de mantenimiento ha llevado a un interés creciente en el desarrollo de políticas de mantenimiento alternativas. El método que parece más atractivo para minimizar las limitaciones de las tareas de mantenimiento existentes es la política de mantenimiento basada en la inspección. Este procedimiento de mantenimiento admite que la razón principal para realizar el mantenimiento es el cambio en la condición y/o prestaciones, y que la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo debe estar basada en el estado real del elemento o sistema. Mediante el control, de ciertos parámetros sería posible identificar el momento más conveniente en el que se deben realizar las tareas de mantenimiento preventivo.

6.4 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA OPORTUNIDAD

En un sistema existen muchos elementos heterogéneos que requieren una sustitución en grupo por alguna de las siguientes razones:

- Necesidad de seguridad en la operación del sistema, tanto para los usuarios como para el entorno.

- Limitaciones en la tecnología o el diseño del sistema.
- En la mayoría de los casos el fabricante recomienda una sustitución en grupo, incorporándolo en sus manuales de mantenimiento.

Con el fin de evitar interrupciones costosas, también es posible emprender sustituciones de grupo que afecten a los elementos heterogéneos, de modo que, cuando uno de ellos falle, se sustituyan todos los elementos del grupo. De esta forma las tareas de mantenimiento se realizan en elementos que no han causado el fallo. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento adicionales es consecuencia de la oportunidad surgida durante el tiempo de baja obligatoria, causada por la realización de la tarea de mantenimiento correctivo del elemento averiado. Esta política de mantenimiento se conoce como mantenimiento basado en la oportunidad y es apropiado para sistemas de costes elevados de inmovilización o indisponibilidad.

7 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.

El mundo del mantenimiento es un mundo cambiante, como resultado de nuevas expectativas, nuevos patrones de fallas de equipo y nuevas técnicas. Además, explica cómo estos cambios han generado otros requerimientos en la industria, que siente la necesidad de innovar las estrategias o enfoques de la función mantenimiento.

Una buena revisión de las estrategias de mantenimiento debe partir de cero e incluir la revisión de los requerimientos de mantenimiento de cada una de las partes o componentes de los equipos en funcionamiento. Esto, debido a que los requerimientos de mantenimiento han cambiado dramáticamente en los últimos tiempos y la evaluación de políticas, así como la selección de las tareas de mantenimiento que se deben llevar a cabo, son aspectos que realizan constantemente la mayoría de los ingenieros, pero nuevas técnicas y nuevas opciones aparecen a un ritmo tan acelerado, que estas evaluaciones y selecciones no se pueden llevar a cabo de forma aleatoria e informal.

La aplicación de RCM resuelve el problema anterior con una estructura estratégica que le permite llevar a cabo la evaluación y selección de procesos que se pueden implementar en forma rápida y segura. Esta técnica es única en su género y conduce a obtener resultados extraordinarios en cuanto a mejoras y rendimiento del equipo de mantenimiento donde quiera que sea aplicado.

El RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas y lo hace de esta manera:

- Integra una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspectos de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y

el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.

- Mantiene la atención en las actividades de mantenimiento que más incidencia tienen en el desempeño o funcionamiento de las instalaciones. Esto garantiza que cada peso gastado en mantenimiento se gasta donde más beneficio va a generar.

El RCM reconoce que todo tipo de mantenimiento es válido y da pautas para decidir cuál es el más adecuado en cada situación. Al hacer esto, ayuda a asegurarse de que el tipo de mantenimiento escogido para cada equipo sea el más adecuado y evita los dolores de cabeza y problemas que siguen a la adopción de una política general de mantenimiento para toda una empresa.

Si RCM se aplica a un sistema de mantenimiento existente, reduce la cantidad de mantenimiento rutinario que se ha hecho generalmente a un 40% a 70%. De otro lado, si RCM se aplica para desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.

El RCM fue elaborado con el fin de ayudar a las líneas aéreas a establecer un sistema de mantenimiento para nuevos tipos de aviones, antes de que estos entraran en funcionamiento. Como resultado, el RCM es una forma ideal para desarrollar planes de mantenimiento en equipos complejos y para los que no existe mucha documentación al respecto, Lo anterior ahorra errores y pruebas, costosos y dispendiosos tan comunes al desarrollar planes de mantenimiento.

Otra de las fortalezas del RCM es que su lenguaje técnico es sencillo y fácil de entender a todos los que tengan que ver con él, esto le permite al personal involucrado saber qué pueden y qué no pueden esperar de esta aplicación y qué se

debe hacer para conseguirlo. Además, le da confianza al trabajador y mejora su efectividad y su moral.

Una revisión RCM de los requerimientos de mantenimiento para cada uno de los equipos existentes y que opera en las instalaciones, permite tener una base firme para establecer políticas de trabajo, y decidir qué repuestos se deben tener en el inventario.

El RCM ha sido aplicado en una cantidad de empresas alrededor del mundo y con gran éxito. No obstante, es reciente en la industria, lo que quiere decir que las compañías que lo están aplicando tienen una ventaja comparativa, debido a que el mantenimiento afecta la competitividad.

A pesar de ser nuevo en la industria en general, el RCM ha venido siendo aplicado hace aproximadamente 30 años en la que es probablemente el área más exigente del mantenimiento, la aviación civil. Se deduce que ha sido puesto a prueba y refinado en este campo, más que ninguna otra técnica existente.

7.1 TAXONOMÍA IMPLEMENTADA EN EL RCM

La taxonomía trata los principios, métodos y fines de la clasificación, los criterios sobre cada uno de los escalones de la jerarquía de sistemas y equipos, tales como:

- ✓ Planta: Grupo de sistemas que funcionan conjuntamente para suministrar una salida o producto, mediante el proceso y manipulación de una materia prima o elementos almacenados. Moubray (1991), en su RCM II, se refiere a una planta como un centro de costos.
- ✓ Sistema: Grupo de subsistemas y/o equipos que realizan una serie de funciones claves, que pueden resumirse como una función principal que

requiere una planta. (Ejemplo: suministro de agua, suministro de vapor, alimentación de agua).

- Equipo: Grupo de componentes que forman un conjunto identificable, y que realizan al menos una función importante, por sí solo. (Ejemplo: bomba, válvula, motor). En esta definición, se recomienda que una válvula de disparo puede ser clasificada como un objeto o elemento de estudio para MCC, pero no su actuador. El actuador solo tiene una función como parte de la válvula. Otra forma de visualizar el elemento de estudio es aquel conjunto de componentes a los cuales se les generan las órdenes de trabajo de mantenimiento.

- ✓ Componente: El menor nivel al cual un equipo puede ser mantenido y desensamblado sin que se le cause daño. En algunos casos muy particulares, dada la complejidad, modelo de gestión o cualquier otro factor, un componente podrá ser definido como elemento de estudio para MCC.
- ✓ Parte: parte de un componente que se reemplaza tras una intervención, implicando el desarme, apertura o desacoplamiento y obliga a su detención operativa.
- ✓ Repuesto: por lo general asociado a Parte, sin embargo, dependiendo del nivel de complejidad de las instalaciones, el modelo de gestión de mantenimiento sobre los activos y las exigencias operacionales del negocio, un componente puede llegar a manejarse como un repuesto “reparable”.

El elemento de estudio para MCC corresponderá al análisis particular de cada instalación y modelo de gestión, pudiendo llegar a ser un equipo, un componente o un grupo de componentes sin que sean un equipo en sí.

Una vez establecido o definido el elemento de análisis para MCC, se prosigue con la delimitación de las fronteras y lo que a través de esas fronteras fluye (energía, líquidos, sustancias, señales, etc.). Un ejemplo de esta delimitación es la definición

de si un acople es un componente o una parte que se asigna al motor o a la bomba (por lo general se asigna al conducido).

De otro lado, conectores, bridas, borneras, acoples, son, entre otros, ejemplos de lo que identifica el límite o el comienzo de un elemento de estudio. En el caso de los manómetros o termómetros locales, como componentes del elemento de estudio (ya que no desempeñan una función principal por si solos) deben ser incluidos dentro de la frontera del elemento de estudio. Componentes que en ocasiones se olvidan son las acometidas (cableados) eléctricas, los cuales pueden incluirse y analizarse en algún elemento o tomar, de acuerdo con la condición y montaje, la decisión de establecerlas como un elemento particular de análisis.

Algunas fronteras no son muy claras o identificables cuando se tratan de equipos que tienen una influencia del medio ambiente. Ante ambientes corrosivos como los marinos, una frontera puede ser la misma superficie del equipo que entra en contacto con el aire o las aguas circundantes. En esos casos, aunque no se nombren, deben ser tenidas en cuenta porque esas condiciones implicarán en muchas ocasiones modos de falla por las cuales se pierde la función.

Las reglas generales para establecer las fronteras y las interfaces son:

- Establezca fronteras por la condición física
- Describa qué se incluye y qué no se incluye
- Algunas partes no necesariamente se están uniendo
- Los equipos o componentes que queden fuera de la frontera no van a ser de interés del estudio en particular, serán tema o parte de otro elemento en un estudio adicional.
- Identifique interfaces sobre la base de:
 - Qué entra y qué sale del sistema
 - Qué conexiones tiene el sistema

- Si están perfectamente disponibles
- Permiten ser valorables o cuantificables en cada entrada o salida.

7.2 FUNCIONES

Todos los elementos de estudio tienen por sí mismos una función que cumplir dentro de cualquier proceso. Su pérdida llega a afectar la disponibilidad con la consecuente pérdida económica, daño a las personas y/o afectación al medio ambiente.

Este es un punto muy importante de la metodología ya que, por muy iguales que sean los equipos, cada particular aplicación implicará que se comporte de una manera diferente, por lo tanto, debería tener un plan de mantenimiento diferente. Por ejemplo, es diferente si un equipo de transmisión eléctrica se desempeña al lado del mar, en un ambiente salino, a si ese mismo tipo de equipo se desempeña en un ambiente seco, lejos de cualquier efecto marino o contaminante.

Existe una serie de funciones adicionales, en casi todos los equipos, que no son de fácil apreciación pero que en la mayoría de los casos llevan a decretar la detención del equipo para reparar, generan lesiones a las personas o afectan el medio ambiente. A continuación, se listan las características que definen a las funciones que algunos llaman secundarias:

- Usualmente son menos obvias pero su falla puede tener consecuencias graves. Ayudan a
- cumplir o soportar la función principal.
- Son auxiliares o soportan funciones esenciales.
- Dan aislamiento o permiten la contención.
- Entregan protección y/o integridad ambiental.

- Dan protección: higiene, seguridad / Integridad estructural.
- Permiten el control del equipo o de componentes.
- Generan datos o señales (información, por el contexto donde estén).
- Facilitan el monitoreo de condición, calibración, alarmas, etc.
- Dan aspecto
- Aportan a la economía y eficiencia del proceso.
- Aparentemente cumplen funciones superfluas.

Sin excepción, la regla para la redacción de las funciones es la siguiente:

**Verbo + Sujeto (Cerrar flujo, contener fluido, transmitir señal, comprimir aire, bombear agua)
+ Características de la función (complemento cualitativo / cuantitativo).**

Al final del ejercicio, todas las funciones, las primarias y las secundarias, deberán ser analizadas por igual sin demeritar ninguna. Solo la evaluación que se haga de los efectos y la valoración de los riesgos hará que una función de mayor o menor importancia.

Algunos conceptos que se deben tener en cuenta para la definición de funciones son:

- el contexto operacional,
- el Tipo de proceso,
- la instalación de Redundancia,
- los estándares de calidad,
- las condiciones del Medio ambiente,
- los riesgos de seguridad,

- los ciclos de trabajo,
- los productos en proceso,
- la disponibilidad o confiabilidad exigida, y
- el abastecimiento de materias primas.

Importante tener en cuenta que hasta este paso puede cubrir alrededor de la tercera parte del tiempo del análisis.

7.3 FALLAS FUNCIONALES

Tras definir las funciones, el siguiente paso es identificar la pérdida de esa función. Diferentes definiciones se han dado sobre el término, casi una por norma y libro de referencia, pero la mayoría coinciden con las siguientes características:

- Es un evento real o probable, en el momento del análisis
- Genera la pérdida de una o varias capacidades para cumplir una o varias funciones a la vez
- La pérdida de la capacidad puede ser parcial o total, dependiendo del estándar de funcionamiento definido por el usuario.
- Pérdida total de la capacidad, esto es, definitivamente el equipo deja de funcionar y se detiene por completo: “no hace”
- Pérdida parcial de la capacidad, esto es, aunque sigue funcionando, el desempeño no alcanza a cumplir con lo esperado por el usuario: “Hace más o hace menos”
- Funcionamiento erróneo, esto es, el equipo realiza otra actividad que no se tenía previsto realizar o no se deseaba que la hiciera en ese momento: “hace otra cosa”

Los momentos en que se presentan esas fallas son otra forma de clasificación. En esto tenemos:

- la falla se presente durante la operación continua del equipo
- la falla se presenta cuando el equipo debe operar en algún momento determinado
- la falla se presenta al momento de requerirse la detención del equipo
- la falla se presenta por la operación del equipo cuando no lo debiera hacer

Las reglas creadas para la definición y redacción de las fallas funcionales son:

- Describir qué se pierde de la función y no el porqué
- Incluir las fallas que sean razonablemente probables AL NO HACER MANTENIMIENTO o las
- que se han estado evitando con el mantenimiento preventivo actual
- La descripción no debe contener un componente o una pieza
- La descripción es relativamente corta, por lo general menor a 10 palabras
- La descripción debe basarse en lo definido en la función.

Nota: En algunos casos podría parecer tonta la redacción si se mira con respecto a la definición de la función, por ejemplo, si la función es “bombear...”, la falla funcional es “no bombea...”

7.4 MODOS DE FALLA

Estas son las dos definiciones de las principales normas que regulan la metodología. De igual forma, John Moubray en su RCM II lo define como:

Hechos que de manera razonablemente posible pueden haber causado cada estado de falla

De todas las definiciones se destacan los siguientes conceptos:

- primero, que es un evento o hecho “razonablemente” creíble por la cual la falla funcional se presentó o se puede presentar;
- segundo, que es la razón por la cual se da la falla funcional; y, tercero, que está referenciado sobre un elemento que falla.

Un llamado de atención especial requiere la definición presentada por la norma ISO 14224, la cual expresa:

Efecto por el cual una falla es observada sobre el elemento que falla (Effect by which a failure is observed on the failed item) (ISO 14224)

Difiere bastante de las anteriores ya que para los primeros es un “evento” y para este último es un “efecto”. Se recomienda hacer una revisión y análisis de lo expuesto por la ISO antes de la utilización “al pie de la letra” de sus recomendaciones.

Así, con estas definiciones, las reglas para redactar el modo de falla deberán ser las siguientes:

- La descripción del modo de falla debe tener como mínimo un sustantivo y un verbo más una

descripción del mecanismo de falla, ejemplo:

- ✓ Motor quemado por bajo aislamiento en el devanado (o deterioro del aislamiento)
 - ✓ Tubería obstruida con sedimentos
 - ✓ Válvula pegada en posición abierta
 - ✓ Recipiente roto por corrosión.
- Evite usar los verbos: Falla, Daño, Mal funcionamiento. Use uno que indique la causa precisa

- La descripción del modo de falla debe tener un nivel de detalle que facilite la selección de tareas de mantenimiento adecuadas. Este depende de la importancia operacional.
- Si la descripción contiene el nombre del elemento o parte donde se presenta el evento redundará posteriormente a favor de la estructuración de la tarea.

Es posible que se requieran definir más de un modo de falla diferenciándose por el mecanismo que los genera, como podría ser el caso en los motores eléctricos quemados. Su inclusión permitirá definir diferentes tareas de mantenimiento, resultado un mejor plan de mantenimiento.

Otras consideraciones a tener en cuenta en la redacción de los modos de falla son las siguientes:

- Que se haya producido antes en el elemento o en otros elementos de iguales características en el mismo o similar contexto.
- Que ya sean objetivo de tareas de mantenimiento
- Que se consideren razonablemente probables de ocurrir al no realizar el mantenimiento.
- Un técnico de mantenimiento es quien estaría en mayor capacidad de distinguirlo (por lo general, o en la mayoría de los casos, los operadores distinguen es la falla).
- No confundir modo de falla con efecto o mecanismo de falla

Si se desconocen los modos de falla de un equipo, pueden recurrirse a bases de datos o informes de casos similares. Pero, si se trata de identificar los típicos del equipo por sus condiciones operacionales y ambientales particulares, se deberá realizar una investigación al momento de cada falla con los siguientes criterios claves:

- No destruir la evidencia

- Documentar la evidencia
- Iniciar rápidamente la investigación
- Evitar las conclusiones simplistas
- No centrarse solo en el punto de falla
- Reproducir la evolución de la falla o accidente, utilizando evidencias objetivas, entrevistas, registros, datos, etc.

Con estos pasos se podrá establecer correctamente el modo de falla y avanzar en la construcción de barreras costo efectivas para evitar que no se produzcan o de reducir las consecuencias.

Al final de este paso se tendrán, por cada falla funcional, uno o varios modos de falla, lo que significa que por cada función que desempeñe un elemento analizado podremos tener varios modos de falla. Tener un solo modo de falla por función debe generar dudas al equipo de trabajo sobre la identificación del elemento o sobre la definición de la función.

En este punto es donde se encuentran o confunden esta metodología con las metodologías llamadas FMEA y FMECA (por los términos en ingles Failure Mode Effect Analysis y Failure Mode Effect and Criticality Analysis), referenciadas también en la metodología de Análisis de Causa Raíz. De hecho, los diseñadores de la metodología RCM se basaron en el FMEA para su construcción.

7.5 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS (EFECTOS) Y DE RIESGOS (CRITICIDAD)

Toda falla tiene algún efecto, grande o pequeño, pero lo tiene. No hay nada gratis o nada que no genere una consecuencia.

El análisis de efectos debe iniciar con una descripción “lo más completa posible” de lo que le sucede al equipo que falla y/o a los equipos (cuando hay fallas ocultas) que están interactuando con el que presenta la falla. Con esta descripción podremos

analizar la importancia de cada falla y determinar cuáles son los modos de falla críticos que merecen la pena una tarea de mantenimiento o, incluso, un rediseño casi inmediato.

Lo que debe incluir la descripción de los efectos de cada falla, como mínimo, es:

- La evidencia de que el modo de falla se ha presentado. Si es una falla oculta, deberá especificarse como tal.
- Las consecuencias previsibles, creíbles y probables que sobre las personas, el ambiente y la empresa tendrá la falla. Incluir, cuando es una falla oculta, la descripción del impacto sobre todo lo que le rodea incluyendo la imagen de la empresa.
- Los daños en los equipos y la infraestructura con sus costos de reparación o restablecimiento, con los impactos directos en la producción / operación.
- Las acciones que se deben realizar para restablecer la funcionalidad, esto es, el plan de acción o ejecución del correctivo.

Como hasta ahora se menciona el término “falla oculta” es preciso que se haga la exposición de lo que esto es. Para el ejercicio del RCM, una falla oculta es aquella que no es detectable por los operarios en condiciones normales de operación, si se produce por sí sola. Ante la ocurrencia de una falla oculta, son muy altas las probabilidades de tener fallas múltiples con consecuencias altas en aspectos de seguridad, ambiente y costos.

Cuando se recomienda describir los efectos de la forma “ más completa posible” puede llegar a reñir con lo práctico, si no se tiene cuidado. Decir completo no quiere decir alta precisión en los valores de las consecuencias sino identificar la mayor cantidad de efectos con una buena aproximación de la magnitud del impacto, apoyado en lo definido en niveles preconcebidos de la matriz de valoración de riesgos, tal como se muestra en la Figura 4. Con base en estos datos es que se hace la valoración del riesgo, la cual interpreta gráficamente la ecuación:

RIESGO = OCURRENCIA (PROBABILIDAD) X SEVERIDAD (CONSECUENCIAS)

Se necesita, entonces, para el análisis de los efectos, tener (construir si no se tiene) un modelo de valoración de riesgos que a su vez se sintetice en una matriz sencilla y práctica como la que se muestra en la figura 7.

Figura 7. Ejemplo de un modelo básico de una Matriz de Valoración de Riesgos

OCURRENCIA		NIVEL DE RIESGO					
Constante	10	10	20	40	60	80	100
Frecuente	8	8	16	32	64	64	80
Moderado	6	6	12	24	36	48	60
Ocasional	4	4	8	16	32	32	40
Remoto	2	2	4	8	16	16	20
Improbable	1	1	2	4	6	8	10
		1	2	4	6	8	10
		Insignificante	Marginal	Grave	Crítico	Desastroso	Catastrófico
		CONSECUENCIA					

CRITERIO	ACEPTABILIDAD
Aceptable	Hasta 5 %
Tolerable	Del 5 % al 15%
Inaceptable	Del 15% al 35%
Inadmisible	Más del 35%

Fuente; Mantenimiento centrado en confiabilidad MCC, guía práctica Daniel Ortiz -2017

8. GENERALIDADES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AMONIACO PARA LA EMPRESA DE ALQUERÍA S.A.

El sistema de refrigeración por amoniaco para la empresa de Alquería S.A. esta descrito de la siguiente manera:

8.1 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

El sistema de refrigeración para Alquería es utilizado en los procesos de procesamiento de leche cruda, como almacenamiento, pasteurización al igual que en algunas mezclas.

El compresor aspira el gas seco (resultante del evaporador) del separador a la temperatura de evaporación, lo comprime hasta la temperatura de condensación y lleva el gas de descarga recalentado hasta el condensador.

El condensador licua el refrigerante a la vez que disipa el calor del gas refrigerante mediante el sistema de enfriamiento.

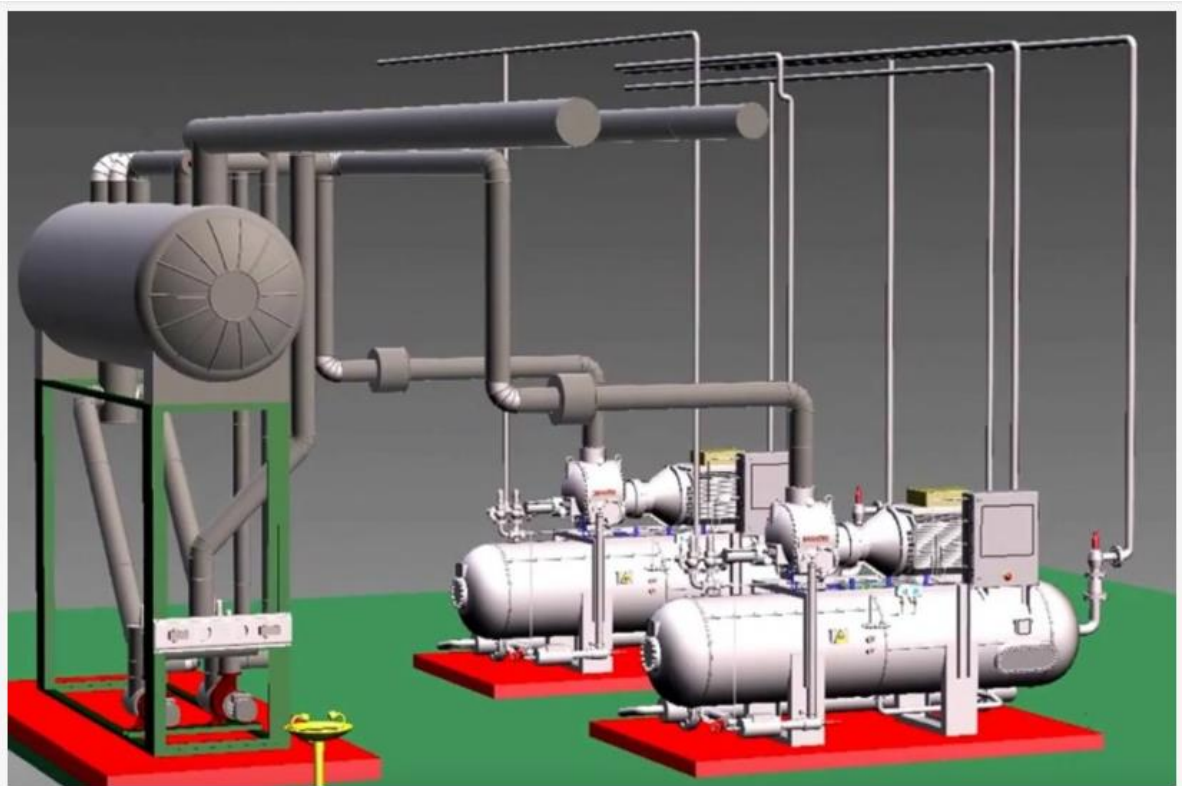
Desde el condensador, el líquido refrigerante llega hasta el dispositivo de expansión a la presión de condensación; en el dispositivo de expansión, el amoníaco se expande hasta la temperatura de evaporación, a continuación, pasa al separador el cual separa el gas líquido del flash gas o llamado liquido con burbujas de gas.

El líquido refrigerante a la temperatura y presión de evaporación, es aspirado por la bomba y enviado hasta el evaporador; la tasa de circulación es generalmente, de 1 a 3; es decir, una parte del flujo se evapora en el evaporador, absorbiendo la capacidad calorífica.

En el evaporador se produce el intercambio de calor, en el separador retorna una mezcla de gas y líquido; el líquido se separa del gas y el compresor puede aspirar el gas seco. De este modo se cierra el circuito.

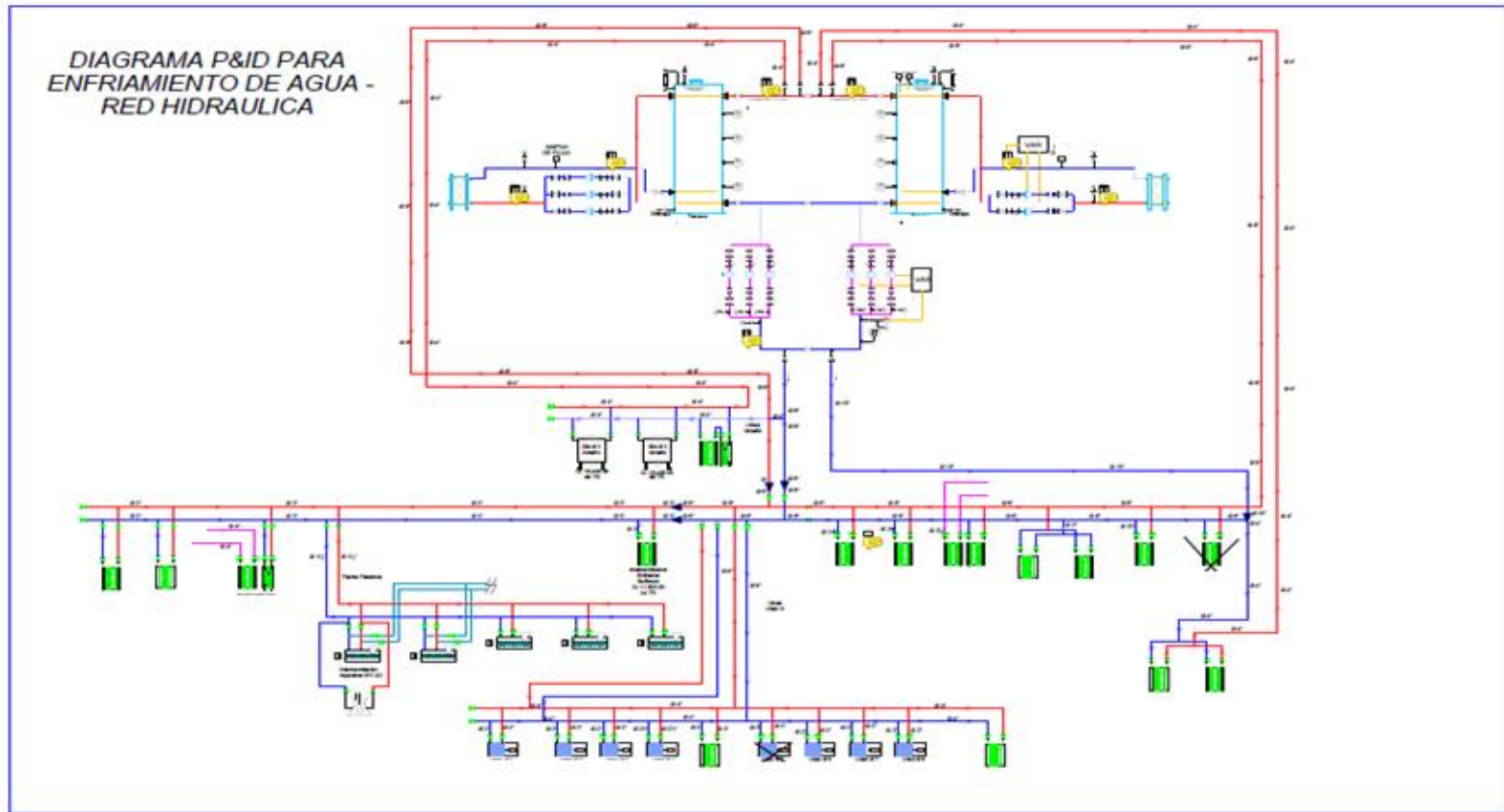
El aceite del compresor no suele ser soluble en amoníaco, por lo que permanece en el sistema y es recogido en el evaporador, esto limita la capacidad y origina averías que se pueden evitar mediante un dispositivo de drenaje de aceite en el colector de aceite del separador.

Figura 8. Refrigeración con amoníaco



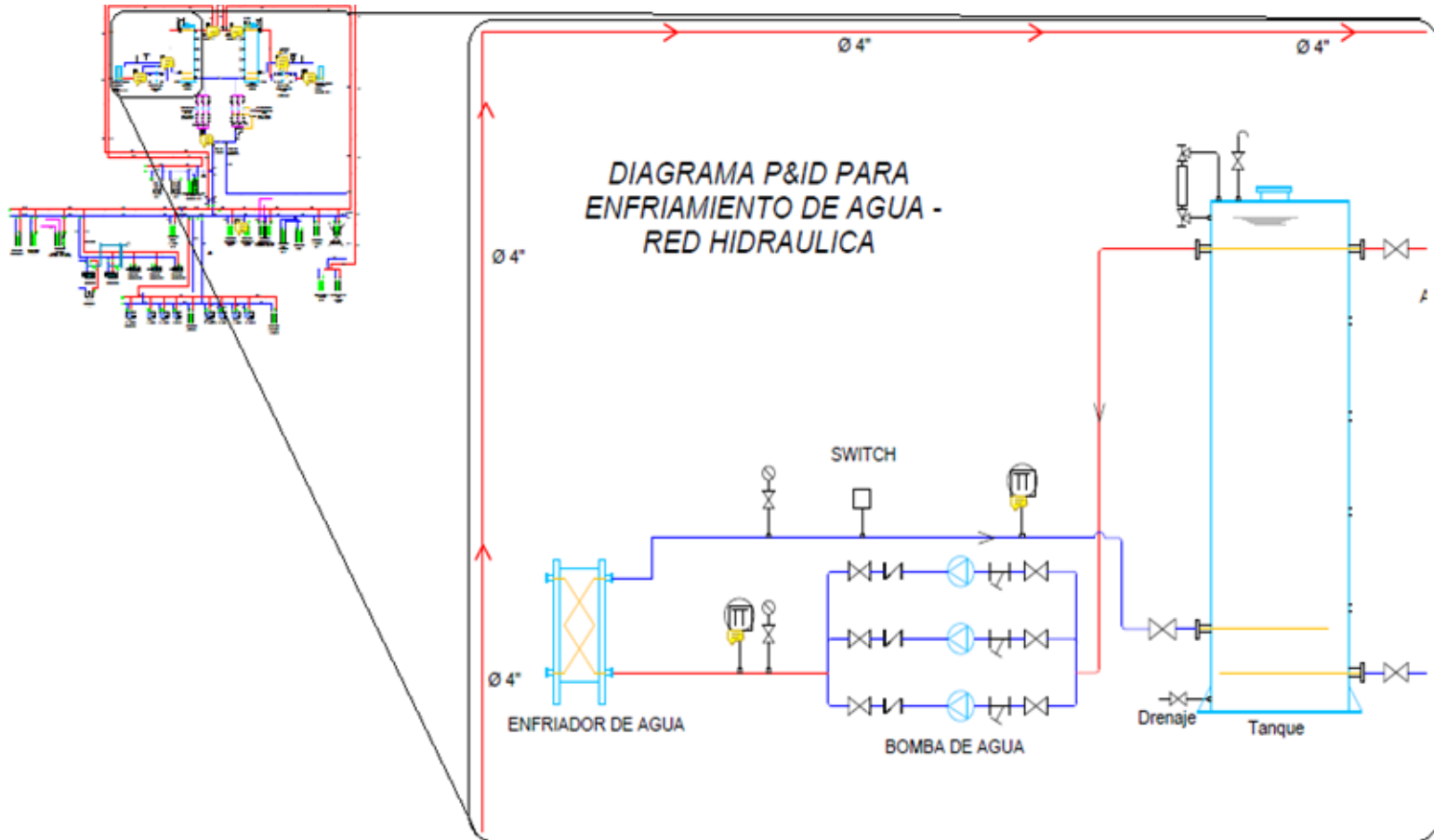
Fuente Manuel Rodríguez [en Línea] <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/refrigeracion-con-amoniaco/>.

Diagrama 2. Enfriamiento de agua red Hidráulica



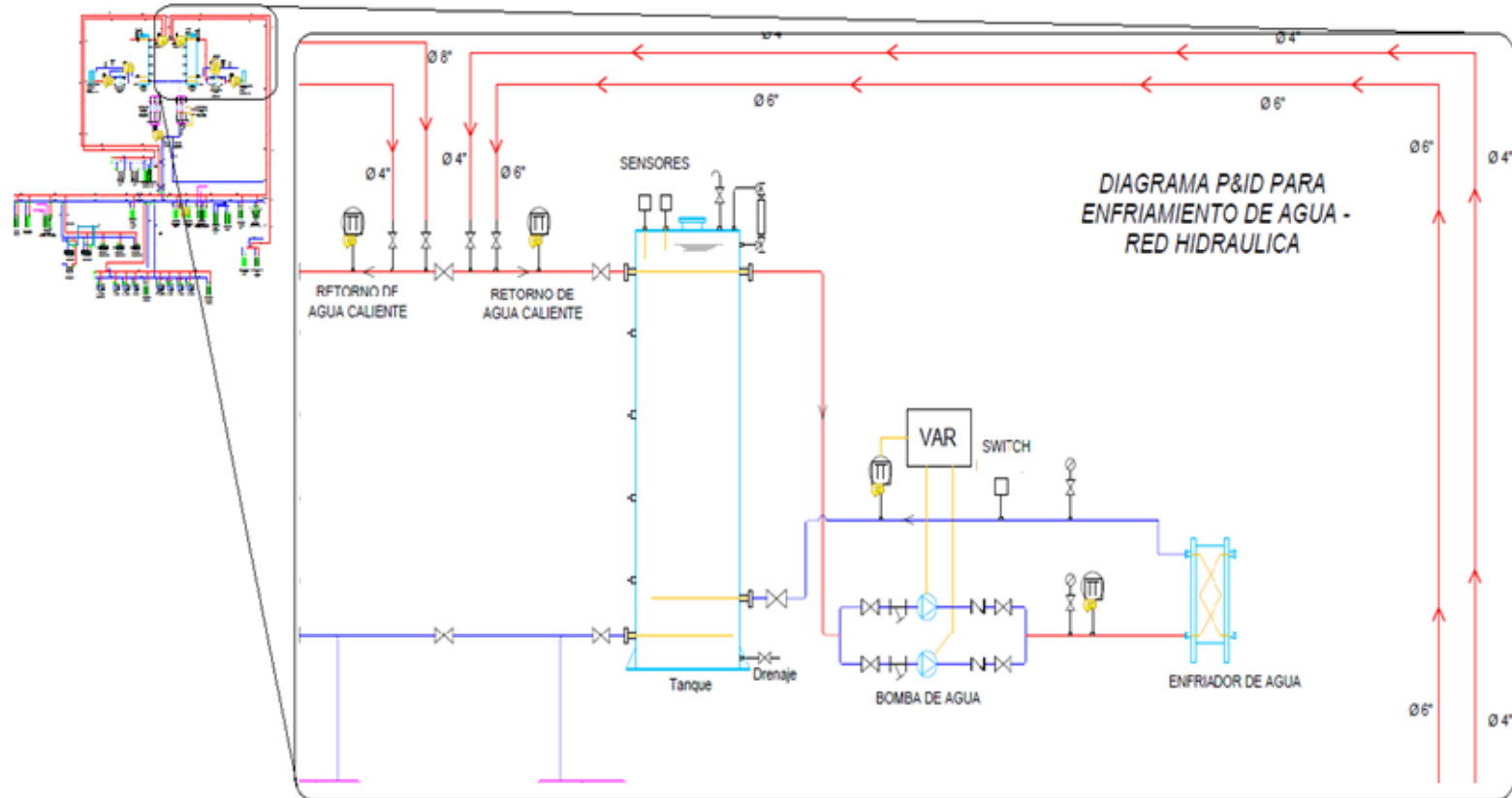
Fuente Productos naturales de la sabana Alquería

Diagrama 3. Enfriamiento de agua red Hidráulica



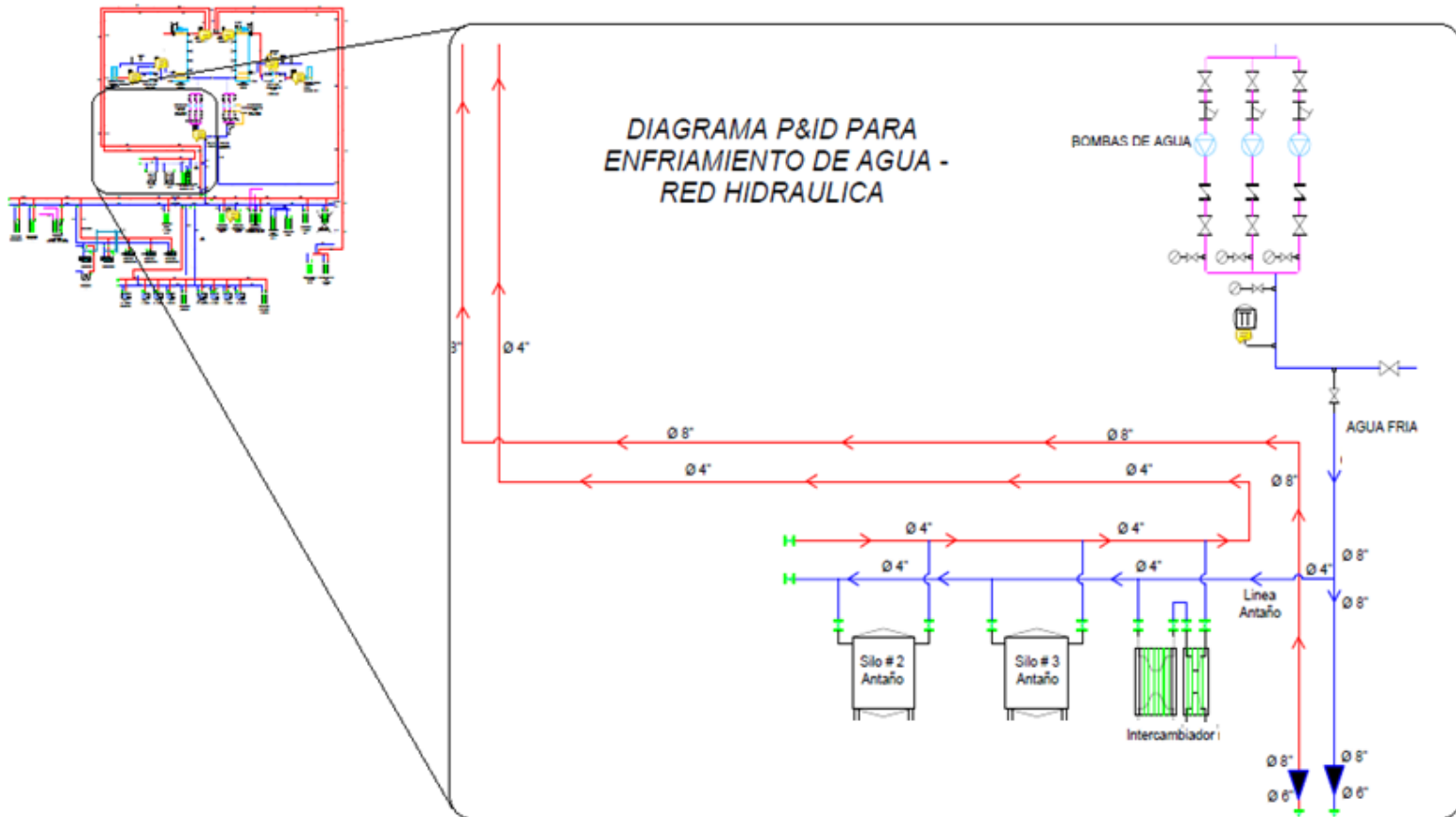
Fuente Productos naturales de la sabana Alquería

Diagrama 4. Enfriamiento de agua red Hidráulica



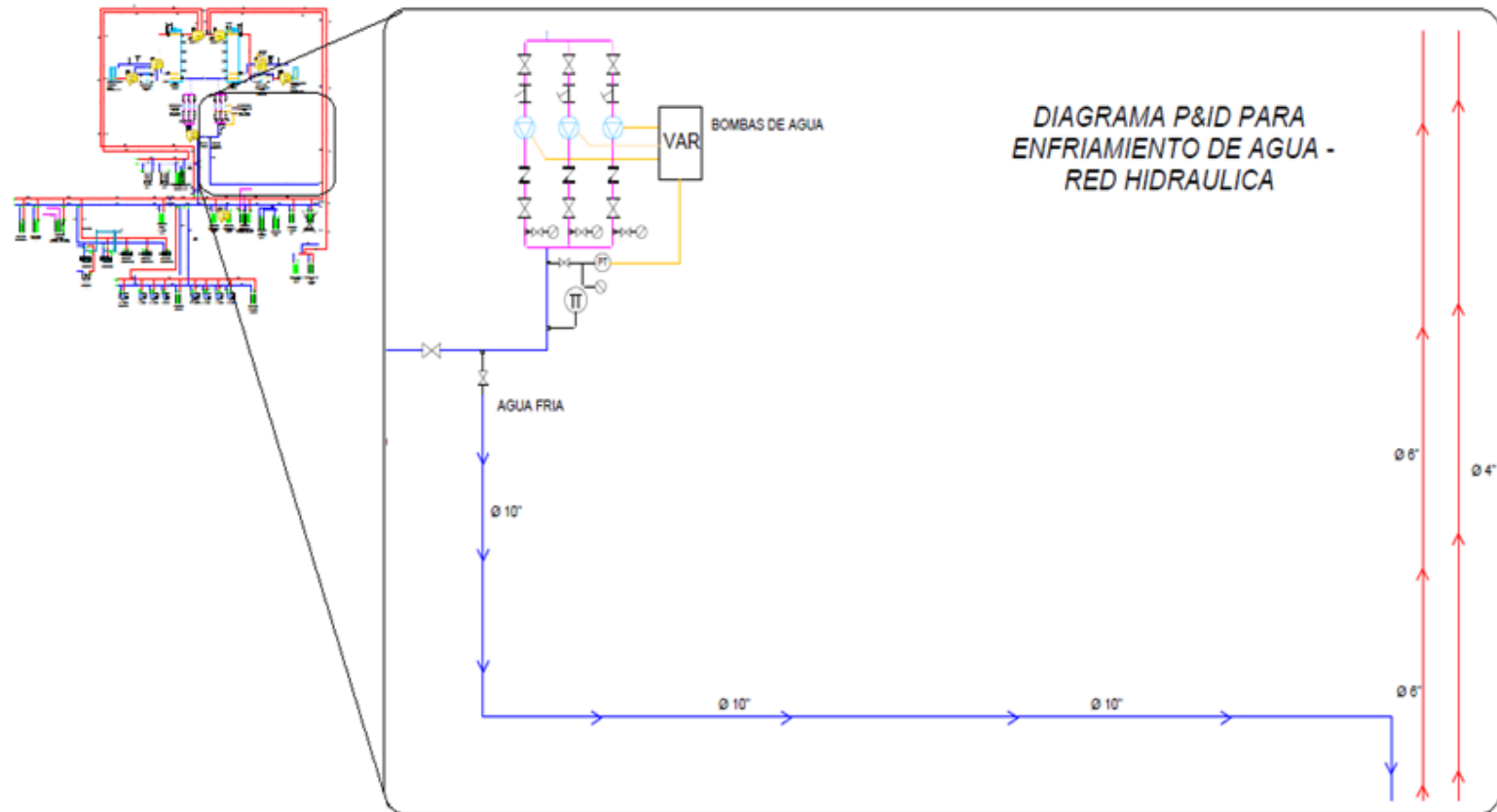
Fuente Productos naturales de la sabana Alquería

Diagrama 5. Enfriamiento de agua red Hidráulica



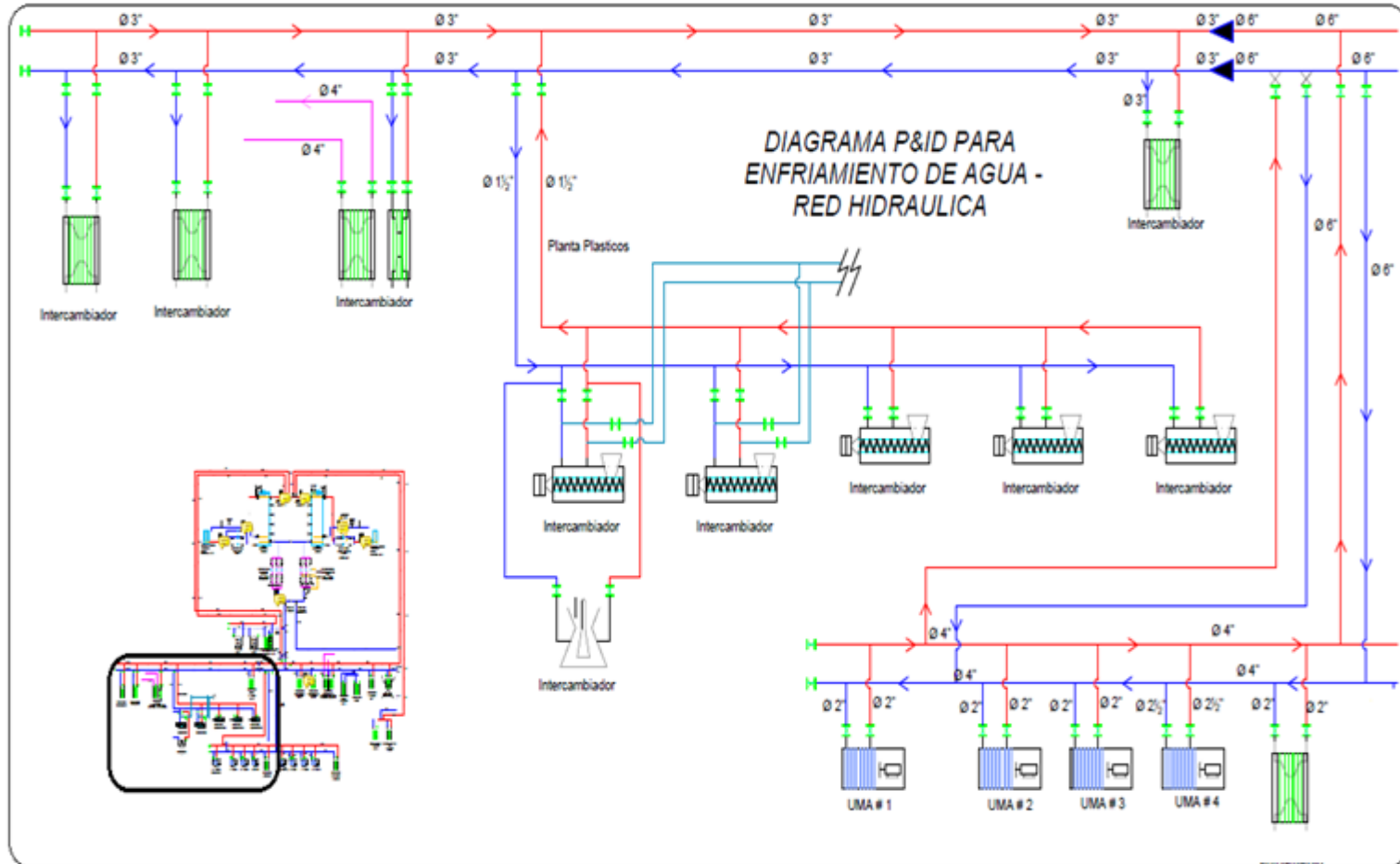
Fuente Productos naturales de la sabana Alquería

Diagrama 6. Enfriamiento de agua red Hidráulica



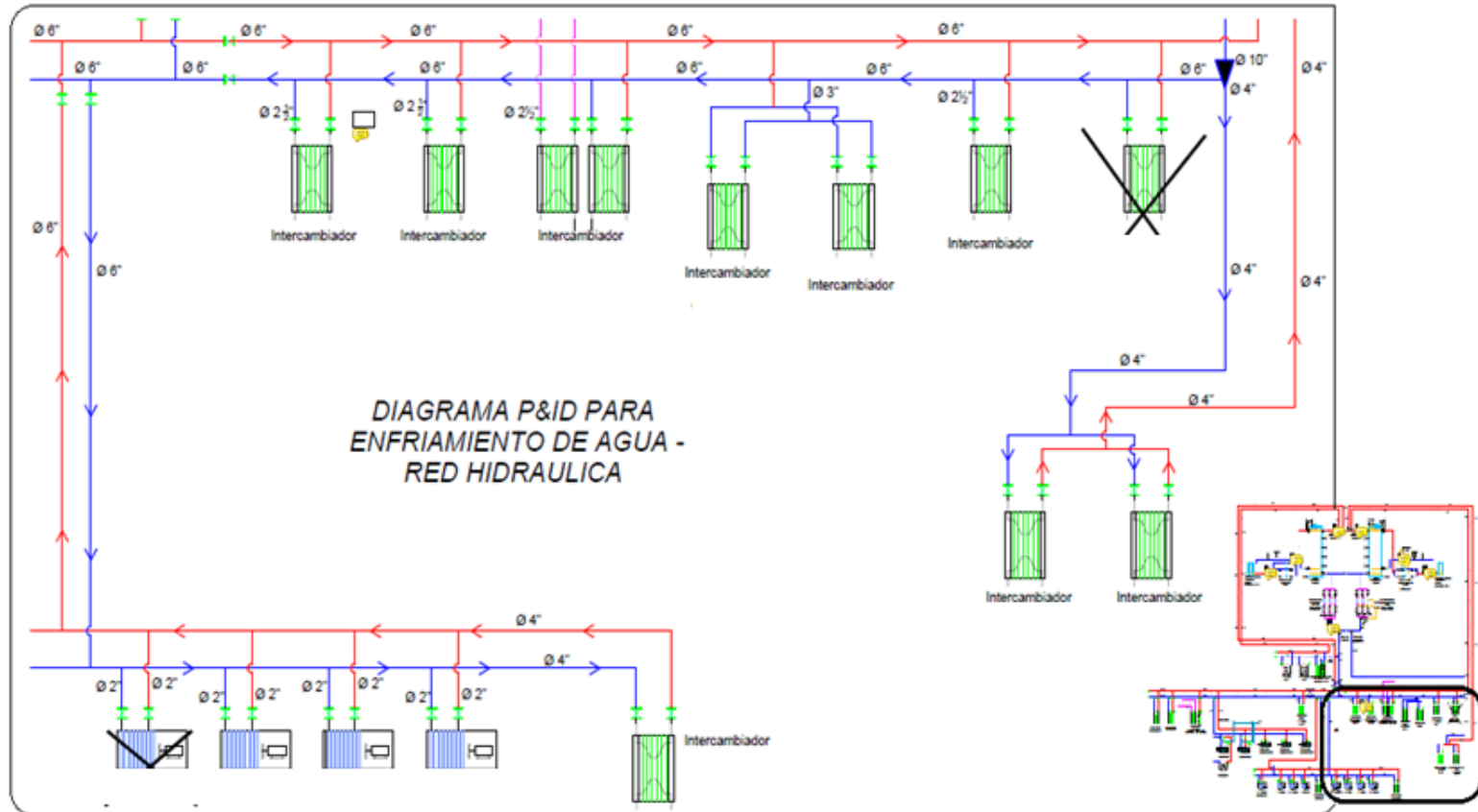
Fuente Productos naturales de la sabana Hidráulica

Diagrama 7. Enfriamiento de agua red Hidráulica



Fuente Productos naturales de la sabana Alquería

Diagrama 8. Enfriamiento de agua red Hidráulica



Fuente Productos naturales de la sabana Alquería.

8.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

El sistema de refrigeración por amoníaco está compuesto compresor de tornillo, bomba de aceite, tanque de agua, motor jaula ardilla de 455 HP, intercambiador de placas, tanque acumulador de amoníaco, tanque estratificados de agua, condensador evaporativa.

8.2.1 Compresor de Tornillo MYCOM2 serie V: Estos compresores tienen un el mecanismo de ajustable V_i (relación volumétrica) puede ajustar fácilmente V_i ideal en casi todas las condiciones de trabajo. Y nuevo perfil de los lóbulos de los rotores (Perfil-O) ha sido adoptado para mejorar el rendimiento.

El compresor de tornillo se clasifica como del tipo rotativo. Comprime el gas refrigerante continuamente cambiando el volumen entre dos rotores rotativos.

El régimen de trabajo en el sistema de refrigeración no es siempre igual. Se utiliza en el sector de aire acondicionado, para cámara frigorífica, para congelación.

² MYCOM EUROPE Refrigeración, S.L.; Manual de instrucción serie V, 2-127.

Figura 9. Compresor de tornillo Mycom



Fuente; COMPRESOR DE TORNILLO MYCOM [En línea]

<https://www.google.com.co/search?q=partes+del+Compresor+de+Tornillo+MYCOM+serie+V> 18 agosto 2018

8.2.2 Bomba de aceite: Las bombas de aceite de la serie MP de Mycom están diseñadas para ser bombas de engranajes helicoidales de alta calidad; la bomba incorpora un perfil de rotor especialmente diseñado, un rotor macho con cuatro lóbulos y un rotor hembra con seis lóbulos.

Las características de la bomba de aceite de la serie MP de Mycom:

Alta eficiencia de bombeo

Capacidad y alto rendimiento

La bomba de aceite MP de Mycom tiene un cilindro mayor en comparación con otras bombas de engranajes provisto con el mismo perfil de engranaje y el mismo tamaño,

8.2.3 Tanque estratificador de agua: Es un recipiente diseñado para acumular 25000 litros de agua limpia, está fabricado en acero al carbón con recubrimiento en poliuretano y lamina en acero inoxidable con el fin de aislar el calor.

Figura 11. Tanque estratificador de agua



Fuente; TANQUE ESTRATIFICADOR DE AGUA [En línea]

https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/imagen_id.cmd?idImagen=1030494

8.2.4 Motor jaula de ardilla de 455 HP: Motor trifásico de 455 HP jaula de ardilla Yaskawa es utilizado para transmitir potencia al compresor.

Figura 12. Motor jaula de ardilla de 455 HP



Fuente; MOTOR JAULA DE ARDILLA DE 455 HP [En línea]

https://www.google.com.co/search?q=motor+jaula+de+ardilla+de+455+hp+gigante&tbm=isch&tbs=rimg:CeXExm0r70RGljhJ1uGQk5HkXfQJEmUcVuaFZZBWV6fkNTSk70s3ZV_1tDKXZY8lqVSK8JA84L

8.2.5 Condensadora Evaporativa: La condensadora evaporativa es la parte de refrigeración semiabierto, la cual entre sus haces tubulares circula el fluido a refrigerar en este caso el amoniaco.

Figura 13. Condensadora Evaporativa.



Fuente; CONDENSADORA EVAPORATIVA. [En línea]

https://www.google.com.co/search?q=Condensadora+Evaporativa&tbm=isch&tbs=rimg:CR7JKUBwa_1UGljglrvaljlrGeEppW_1ftXp_1V4KVTRnjjcVCjXGxLYex3yJqH9Sw_15MMglU0n2AMM82NOWK2dmnLW6SoSCQiu9oiW0sZ4Ecn2JLq3BgZ3KhIJSmlb9-

8.2.6 Intercambiador de placas: En el proceso hay intercambio de calor entre el amoníaco y el agua fría, estos fluidos calientes y fríos intercambian entre sí su calor a través de las placas corrugadas.

Figura 14. Intercambiador de placas.



Fuente; INTERCAMBIADOR DE PLACAS. [En línea]

https://www.google.com.co/search?q=intercambiador+de+placas&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi6gujvrMDdAhXtqFkKHXsB-UQ_AUICigB&biw=1366&bih=631

9. GENERALIDADES DEL AMONIACO

9.1 AMONIACO

En condiciones de temperatura y presión ambiente el Amoniacó Anhidro es un gas incoloro, sofocante, de olor irritante y altamente irritante; su olor es familiar al público en general debido a que se emplea en productos de limpieza en forma de soluciones acuosas. Es más liviano que el aire y posee características de inflamabilidad. Es fácilmente comprimido hasta condensar como líquido transparente a condiciones de 10 atmósferas y 25°C. El Amoniacó Anhidro en cualquiera de sus presentaciones es higroscópico.

El Amoniacó se disuelve fácilmente en agua donde genera el Ión Amonio (NH_4^+) y forma soluciones alcalinas. El Ión Amonio no es gaseoso y no se capta por olor en el ambiente. La forma iónica y neutra del Amoniacó permanece en equilibrio en la solución y por tanto dichas soluciones, aún a bajas concentraciones, generan vapores de olor irritante.

Industrialmente el Amoniacó está disponible como gas licuado en cilindros de acero, carro tanques presurizados, barcazas (en todos lleva la etiqueta “Gas Comprimido No Inflamable”) y líneas de tuberías. Gracias a su solubilidad en agua, esta sustancia es ampliamente vendida y usada en forma de solución acuosa, que por lo general es del 25% al 30% (peso a volumen). A esta concentración el Amoniacó forma solución saturada en agua.

En la naturaleza el Amoniacó se encuentra en forma de soluciones de diferentes concentraciones en ríos, lagos, pozos y suelos húmedos. Es un nutriente prioritario para algunas plantas y por tanto vital en las cadenas alimenticias donde ellas se encuentran³⁴.

² CONSEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD. Guías para manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias químicas. 109 p

Tabla 2. Propiedades físicas para el Amoniaco

PROPIEDAD	VALOR
Estado físico	Gas; puro Líquido; solución
Peso Molecular (g/mol)	17,03
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	-33,35
Punto de Fusión (°C)	-77,7
Presión de Vapor (mmHg)	6080 (20 °C anhidro) 447 (20 °C aq al 28%)
Gravedad Específica (Agua = 1)	0,6818 (Líquido a -33,35 °C)
Densidad del Vapor (Aire = 1)	0,59
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No disponible
Constante de la Ley de Henry (atm*m3/mol)	1,6X10-5; 25 °C
Solubilidad en Agua (g/ml)	0 °C 895 g/litro 20 °C 529 g/litro 40 °C 316 g/litro 60 °C 168 g/litro
Límites de Inflamabilidad (% vol)	16% - 25%
Temperatura de Auto ignición (°C)	650
Punto de Inflamación (°C)	No disponible
pH	11,6; solución acuosa 1N

Fuente; Manejo Seguro de 25 sustancias químicas 1

9.1.1. Protección respiratoria: Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

Tabla 3. Protección respiratoria mínima para Amoniaco en el aire

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m ³ (OSHA)
Concentración de gas de hasta 100 ppm	Cualquier respirador de cartucho químico con cartucho para amoniaco. Cualquier respirador con suministro de aire proveído externamente. Cualquier aparato de respiración.
Concentración de gas de hasta 300 ppm	Un respirador de cartucho químico con pieza facial completa y un cartucho para amoniaco.
Concentración de gas hasta 500 ppm	Una máscara de gases de tipo mentón o un cilindro para amoniaco frontal o trasero. Cualquier respirador de suministro aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa
Concentración de gas mayor de 500 ppm o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier máscara de gases que provea protección contra amoniaco Cualquier aparato de respiración autocontenido para evacuación.

Fuente; OSHA Occupational Safety and Health Guid 1

9.1.2. Almacenamiento: Debe almacenarse en un lugar separado de materiales oxidantes, ácidos, halógenos y en general de los materiales incompatibles con él mencionados en la sección de propiedades químicas. Debe mantenerse en un lugar fresco y con buena ventilación lejos de fuentes de calor y de la acción directa de los rayos solares.

Los contenedores de Amoniaco se deben rotular adecuadamente. La zona de almacenamiento debe estar alejada del área de trabajo para minimizar posibles accidentes que se puedan presentar.

Tabla 4. Usos, generación y control de emisiones de Amoniacó

Uso / Generación	Control
Usado en la síntesis orgánica e inorgánica de ácido nítrico, urea, plástico, fibras, resinas, farmacéuticos, pesticidas, explosivos, amidas, cianuros, aminas, pigmentos, retardantes de llama y limpiadores domésticos.	Ventilación local, equipos de protección personal
Usado en la minería y la metalurgia, tratamiento de chatarras, soldadura de hidrógeno.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal
Usado en la refinación de petróleo como agente de neutralización, manufactura y recuperación de catalizadores de crackeo y en el des encerado de aceites lubricantes.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal
Uso como refrigerante en instalaciones de alimentos, producción de hielo, almacenamiento en frío.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal
Usado en el revelado de fotos y como reactivo de laboratorio.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal

Fuente; Manejo Seguro de 25 sustancias químicas 2

9.1.3. Comportamiento en el ambiente: El Amoniacó es una sustancia de presencia común en el medio ambiente y se puede encontrar en el suelo, el agua y el aire. El Amoniacó se recicla de forma natural en el medio ambiente como uno de los pasos del ciclo del Nitrógeno.

A causa de su reactividad, esta sustancia no dura mucho en su forma pura.

El Amoniacó atmosférico puede sufrir cuatro tipos de reacciones:

- ✓ Reacciones en fase acuosa: La oxidación del Óxido de Azufre acuoso en presencia de Amoniacó genera la formación de aerosoles de sulfato de

Amonio atmosféricos. Este proceso se favorece por la presencia de alta humedad, altas concentraciones de Amoniacó y bajas temperaturas.

- ✓ Reacciones térmicas: incluyen La interacción de Amoniacó Anhidro con Dióxido de Azufre gaseoso para generar de nuevo aerosoles de sulfato de Amonio. Cuando la interacción se da con Ozono, se genera nitrato de Amonio en aerosol.
- ✓ Reacciones fotoquímicas: Se produce una degradación fotolítica y una reacción posterior con radical hidroxilo (OH.) fotolíticamente generados en la troposfera.
- ✓ Reacciones heterogéneas: Se generan varios complejos de Amonio por la interacción de Amoniacó gaseoso con superficies que contienen Óxidos de Nitrógeno.

9.1.3.1. Suelo: El suelo obtiene el Amoniacó a partir de fertilización natural o artificial, por excretas animales, descomposición de materia orgánica o por fijación a partir de la atmósfera. Las concentraciones normales en el suelo se encuentran entre 1 y 5 ppm. Estas concentraciones pueden ser mayores en suelos abonados con compuestos de Amoniacó empleados para fines agrícolas; la cantidad de Amoniacó en ese suelo disminuye a niveles bajos en el plazo de algunos días por causa de volatilización y de absorción por plantas y bacterias.

Cuando se libera Amoniacó en el suelo, la transformación de este puede ocurrir por vía de plantas o de microorganismos.

En el caso de los microorganismos, éstos desempeñan cuatro procesos en el ciclo del Nitrógeno que resultan en la transformación y producción de Amoniacó: fijación de Nitrógeno, nitrificación, desnitrificación y amonificación.

En la fijación de Nitrógeno, éste es convertido a Amoniacó. La desnitrificación los Óxidos de Nitrógeno se reducen en condiciones anaerobias a Nitrógeno molecular

(N₂) y Oxido Nitroso (N₂O). La nitrificación es la oxidación biológica de Nitrógeno amoniacal hasta nitrato. La amonificación es la conversión del Nitrógeno orgánico a Amoniac. Las plantas toman al Amoniac del suelo y lo asimilan como nutriente transformándolo en compuestos orgánicos nitrogenados. No obstante, concentraciones muy elevadas de Amoniac en el suelo pueden llegar a convertirse en factores de toxicidad para las plantas, microorganismos y otras especies.

9.1.3.2. Aire: Normalmente el Amoniac esta presente en el aire en concentraciones que dependen del área de análisis. En zonas urbanas la concentración de Amoniac puede estar entre 5 y 25 mg/m³; en áreas rurales la concentración puede ir entre 2 y 6 µg/m³; para zonas con alto uso de abonos la concentración puede ser tan grande como 200 µg/m³. Las concentraciones aumentan a causa de volatilización de Amoniac del suelo o de fuentes de agua en áreas donde se aplica como fertilizante. Este fenómeno es más marcado en áreas de pH altos y temperaturas elevadas.

El Amoniac liberado en el aire en forma de vapores y gases reacciona con sustancias ácidas del ambiente (Acido sulfúrico, clorhídrico o Nítrico) para producir aerosoles amoniacales, los que pueden sufrir deposición por vía seca o vía húmeda.

La deposición de Amoniac por vía seca predomina en áreas de alto contenido de Amoniac, mientras que la vía de deposición húmeda se da con más frecuencia para zonas con bajas concentraciones de Amoniac. Además de las reacciones con sustancias ácidas, el Amoniac se lava del aire rápidamente con ayuda de las lluvias gracias a su alta compatibilidad en este solvente. Por causa de estos mecanismos de transformación del Amoniac en el aire, su vida media puede ser de algunos días dependiendo si la zona de liberación es industrializada o si se trata de zonas rurales, la vida media puede durar algún tiempo más.

9.1.3.3. Agua: El Amoniacó se puede liberar en el agua a través de efluentes de plantas industriales, derrames en líneas de agua y filtración en el suelo desde campos fertilizados con compuestos amoniacaes. Los niveles de Amoniacó normales en el agua están alrededor de 6 ppm pero de nuevo este valor puede variar dependiendo el lugar específico de medida; para el caso de campos altamente abonados la concentración puede llegar a 12 ppm.

La transformación del Amoniacó en el agua ocurre por procesos microbiológicos de nitrificación y desnitrificación, los cuales generan compuestos iónicos de Nitrógeno y a partir de ellos se regenera Nitrógeno elemental. La remoción de los compuestos iónicos anteriores puede darse por adsorción de la sustancia en sedimentos o material orgánico suspendido y por absorción hacia plantas acuáticas.

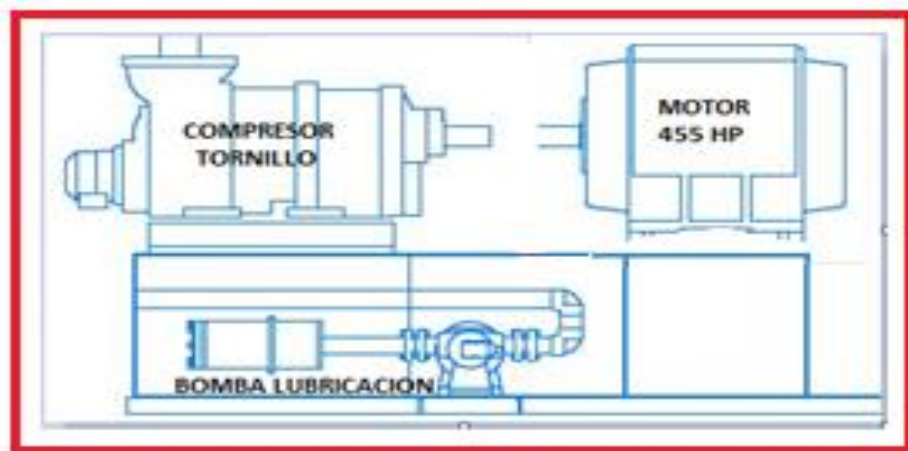
10. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS AL CONJUNTO MOTOR – COMPRESOR DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AMONIACO DE LA EMPRESA ALQUERÍA S. A.

Para la implementación de la metodología RCM, se debe abordar una serie de etapas que se relacionan a continuación (ver tabla de anexos)

10.1 DEFINICIÓN DE LAS FRONTERAS DEL SISTEMA QUE SERÁN CASO DE ESTUDIO

En esta etapa se definen los equipos, componentes y/o elementos que comprenden el sistema que será estudiado.

Figura 15 Frontera del sistema



10.2 DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES

En esta etapa se describe la función exacta de cada elemento, componente y/o equipo que componen el sistema.

Función
Mantener una presión de succión constante

10.3 DESCRIPCIÓN DE LA FALLA FUNCIONAL

Comprende la descripción de la falla que afecta al sistema, elemento y/o componente.

Descripción Falla Funcional
No mantiene una presión de succión constante

10.4 MODO DE FALLA

Son los hechos que pueden causar un estado de falla.

Modo de Falla
Motor no arranca por no recibir señal para cambio de fase.

10.5 DESCRIPCIÓN DE EFECTOS

Está compuesto por la descripción de la evidencia del efecto que tiene la falla funcional sobre el sistema y/o sus elementos o componentes; adicionalmente las consecuencias que esta supone sobre el medio ambiente, personas, producción y operación, daños físicos, su valor económico y las acciones que se deben realizar para corregirlo.

Descripción Efectos
<p>En la pantalla de operación se evidencia que no hay cambio de fase. Presenta alarma de arranque de bomba de aceite, alta presión de descarga O protección termica.; NO; NO; NO; Revisión de las alarmas en la pantalla de operación, verificar las condiciones de arranque. Encender compresor Back-up</p>

10.6 FALLA OCULTA

Es aquella que no es percibida por el operador en condiciones normales de operación.

10.7 VALORACIÓN DEL RIESGO

Es la clasificación otorgada por la matriz de evaluación de criticidad luego de evaluar su impacto al medio ambiente, recurso humano, riesgo económico y a la imagen corporativa.

Valoración del Riesgo
C

10.8 DESCRIPCIÓN DE LA TAREA

Indica cual es la acción a tomar después de analizar y evaluar la falla funcional, de manera adicional los recursos, personal, herramientas, estado del equipo al momento de intervenir, duración y costo de la tarea seleccionada.

DESCRIPCIÓN TAREA
Check list de arranque

11. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Una vez definido el sistema y sus fronteras e identificados los modos de falla y la gravedad con la que cada uno de estos afecta a la producción, medio ambiente, costos y riesgo humano, se debe calificar entre 1 y 5 (siendo 1 la menor afectación y 5 la máxima), y según los criterios establecidos en el formato para valorar el riesgo. (Ver tabla de anexos).

	Clasificacion	Puntuacion
NOTA:	A	9 a 13 puntos
	B	5 a 8 puntos
	C	0 a 4 puntos

Valoración del Riesgo	R. A.	R.H.	COSTOS	PRODU CC
C	1	1	1	1

12. TAREAS DE MANTENIMIENTO

Alquería maneja un sistema de administración de mantenimiento, el cual es el encargado de administrar tareas y actividades de sus activos fijos. Las tareas de mantenimiento emanadas del análisis e implementación del RCM para el conjunto motor- compresor son un refuerzo al plan de mantenimiento que se encuentra en su base de datos, de igual forma se sugieren algunas tareas más aplicativas al día a día y las herramientas necesarias para ejecutarlas como es el caso de las inspecciones rutinarias. (ver archivo Excel RCM Compresor)

Dentro de las actividades de mantenimiento propuestas se encuentran:

CAF: Cambio

MON: Monitoreo

CFA: correr a falla

REA: Reacondicionamiento.

NORMA LEGAL

En los sistemas de refrigeración por amoníaco para la empresa en alquilería, se guían según el ministerio de desarrollo y medio ambiente⁴, resolución número 1541 de 12 de noviembre de 2013.

En el artículo 79 de la constitución política de Colombia⁵, describe que toda la persona tiene derecho a gozar de un ambiente sano, además de conservar el medio ambiente, el uso, manejo, aprovechamiento, recuperación de los medios naturales, se debe impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del patrimonio natural, en todos los sectores productivos.

El uso del amoníaco no solo tiene ventajas, sino que también tiene alguna desventaja, pero técnicamente el amoníaco ofrece las siguientes ventajas sobre otros refrigerantes.

El amoníaco no es contaminante por lo que no daña la capa de ozono, la Agencia de Protección al Ambiente (EPA) ha identificado al amoníaco como un sustituto aceptable de sustancias dañinas al ozono en los principales sectores industriales, incluyendo la refrigeración.

El amoníaco tiene rendimientos termodinámicos en torno a un 3-10% superiores a otros refrigerantes, por lo que a igualdad de capacidad frigorífica tiene un consumo energético menor.

La mejor característica de seguridad que tiene el amoníaco es su auto-alarma provocada por su olor característico a diferencia de otros refrigerantes

⁴ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, Resolución 1541, 12 de noviembre de 2013. Versión 1. Pag, 1-13.

⁵ CONSTITUCIÓN DE COLOMBIA; Artículo 79, De los derechos colectivos y del ambiente.

industriales. Esto tiene la ventaja de que se detectan fácil y rápidamente las posibles fugas.

El fuerte olor del amoniaco provoca en los individuos la reacción de abandonar el área antes de la existencia de una acumulación peligrosa.

El coste del amoniaco es menor que el de otro refrigerante y además se requiere de una menor cantidad para la misma aplicación. Todo esto se acumula en costos de operación menores, lo que se traduce en mejores precios competitivos de los productos refrigerados o ahorro económico en la climatización.

Una instalación segura de amoniaco requiere un adecuado diseño de ingeniería que contemple todas las medidas de seguridad necesarias y continuar en la explotación con un mantenimiento de la instalación adecuado que minimice el riesgo de fugas.

CONCLUSIONES

Para procesos que requieren una alta disponibilidad casi siempre resulta ser la mejor decisión implementar equipos de respaldo. Este sistema fue empleado en Alquería S.A. impactando de manera positiva en la eficiencia y disponibilidad del sistema de enfriamiento, evitando paros en el proceso y pérdida de materia prima.

Por medio de la implementación del RCM y la consulta con expertos en compresores de amoníaco, se identificó modos de falla no presentados hasta el momento por los equipos, con esta estrategia se consigue evitar escenarios riesgosos para el proceso.

Como resultado de la implementación del RCM se ha planteado la aplicación de rutinas y de control de variables propias del proceso. Dichas rutinas serán de sencilla aplicación y se espera que aporten al personal operativo y administrativo de mantenimiento las herramientas necesarias para brindar la confiabilidad y disponibilidad que requiere el proceso

BIBLIOGRAFÍA

BOMBA DE ACEITE Mycom Oil Pump Service Manual, september 2011. (s.f.).

COMPRESOR DE TORNILLO MYCOM [En línea]
<https://www.google.com.co/search?q=partes+del+Compresor+de+Tornillo+MYCOM+serie+V> 18 agosto 2018. (s.f.).

CONDENSADORA EVAPORATIVA. [En línea]
https://www.google.com.co/search?q=Condensadora+Evaporativa&tbm=isch&tbs=rimg:CR7JKUBwa_1UGljglrvalljrGeEppW_1ftXp_1V4KVTRnjjcVCjXGxLYex3yJqH9Sw_15MMglU0n2AMM82NOWK2dmnLW6SoSCQiu9oiW0sZ4Ecn2JLq3BgZ3KhIJSmlb9. (s.f.).

CONSEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD. Guías para manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias químicas. 109 p. (s.f.).

CONSTITUCION DE COLOMBIA; Artículo 79, [En línea] De los derechos colectivos y del ambiente, <http://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-3/articulo-79>; 19 de agosto de 2018. (s.f.).

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL [En línea] disponible en <http://www.alqueria.com.co/filosofia/>[Ultmo acceso 08 de Julio de 2018]. (s.f.).

HISTORIA DE ALQUERÍA [En línea].disponible en <http://www.alqueria.com.co/compania/historia-de-alqueria/> [Ultmo acceso 08 de Julio de 2018]. (s.f.).

<http://ugmamantenimiento12011.blogspot.com/2011/10/evolucion-del-mantenimiento.html>. (s.f.).

INTERCAMBIADOR DE PLACAS. [En línea]
<https://www.google.com.co/search?q=intercambiador+de+placas&source=lnms&tb>

m=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi6gujvrMDdAhXtqFkKHsBUQ_AUICigB&biw=1366&bih=631. (s.f.).

Manejo Seguro de 25 sustancias químicas 2. (s.f.).

Mantenimiento centrado en confiabilidad MCC, guía práctica Daniel Ortiz -2017. (s.f.).

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, Resolución 1541, 12 de noviembre de 2013. Versión 1. Pag, 1-13. (s.f.).

MYCOM EUROPE Refrigeración, S.L.; Manual de instrucción serie V, 2-127. (s.f.).

Mycom Oil Pump Service Manual, september 2011. (s.f.).

OSHA Occupational Safety and Health Guid 1. (s.f.).

RODRÍGUEZ Manuel; Refrigeración con amoniaco: aplicaciones, funcionamiento y propiedades, [en línea] <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/refrigeracion-con-amoniaco/>; 19 de Agosto de 2018. (s.f.).

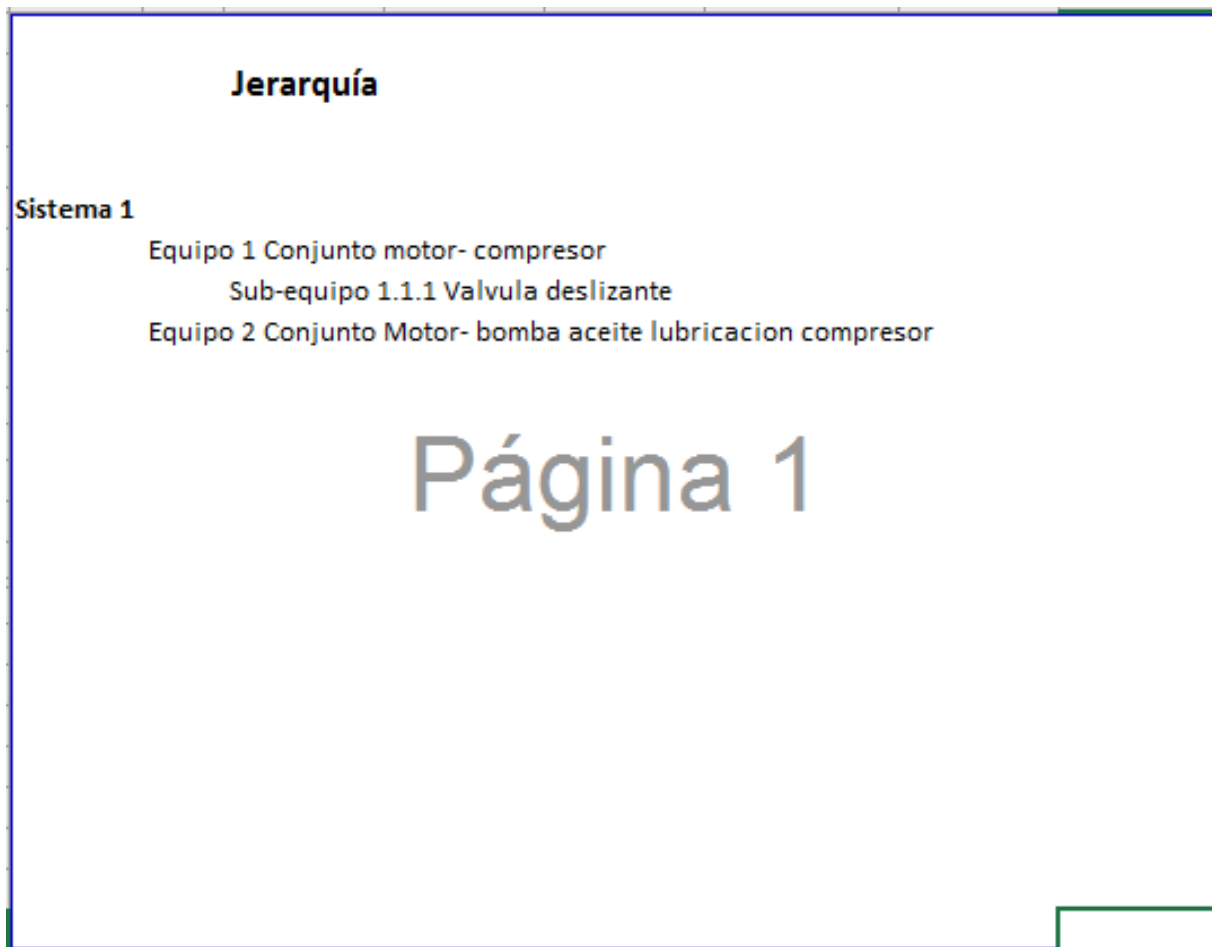
SUAREZ, Medina Oscar, NARVAEZ, Rincón Paulo. Perfil Nacional de sustancias químicas en Colombia VOL II. Linca Publicidad. p. 44. (s.f.).

TANQUE ESTRATIFICADOR DE AGUA [En línea] https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/imagen_id.cmd?idImagen=1030494. (s.f.).

ANEXOS

ANEXO A: Taxonomía

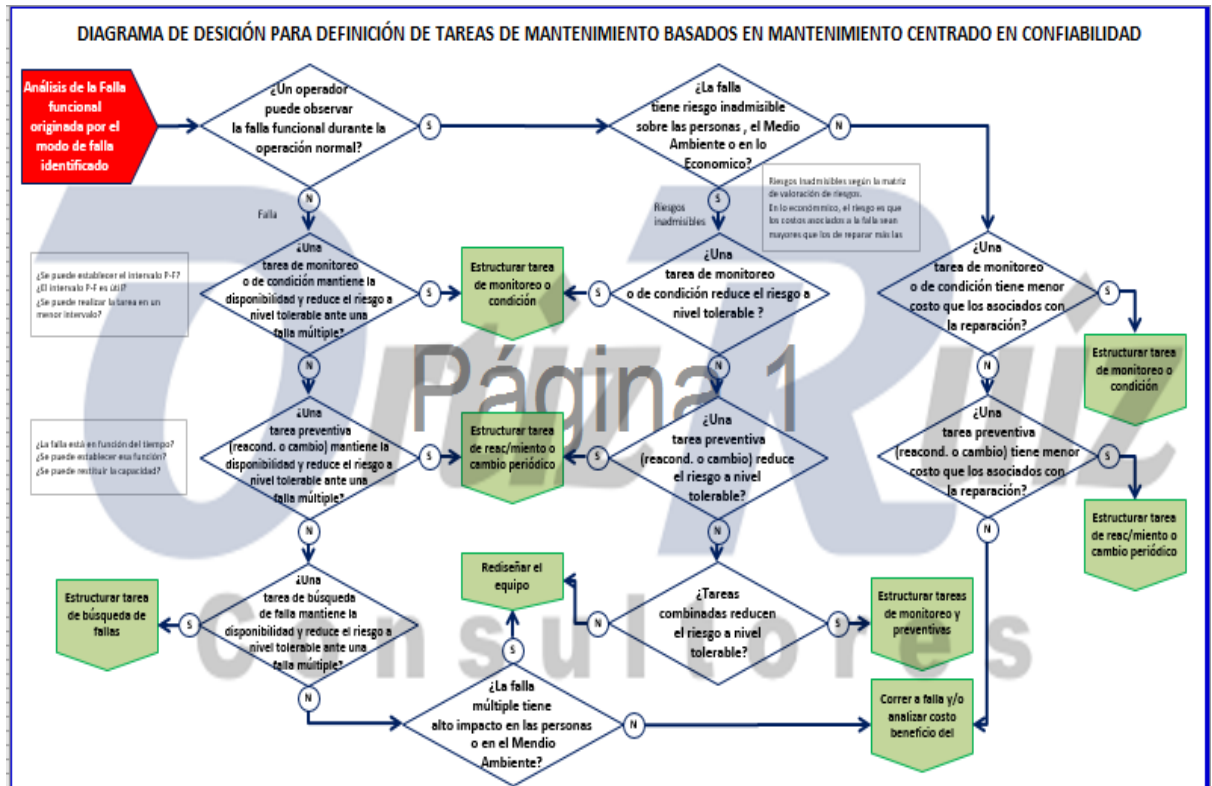
Nota: El anexo está en el CD-ROM



Fuente 1: Ortiz Ruiz Consultores

ANEXO B: Diagrama de decisión

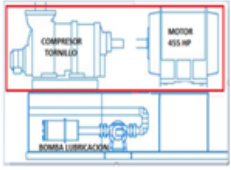
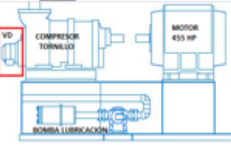
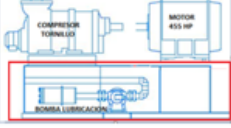
Nota: El anexo está en el CD-ROM



Fuente 2: Ortiz Ruiz Consultores

ANEXO C: Definición de funciones

Nota: El anexo está en el CD-ROM

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFASES (Entradas/Salidas)	Cód. Fun.	FUNCIONES
Conjunto motor - compresor amoniac	Potencia 455 HP Voltaje 440 VAC RPM: 3570 Frecuencia: 60 Hz Peso: 1830 Kgs capacidad: 250 TON Comprime gas amoniaco Tipo de refrigerante NH3	24 Hrs de trabajo Trabajo continuo por tres meses	Temperatura de trabajo: < 62° Cuarto Insonorizado Ambiente con circulacion de aire		S: 455 HP a 3570 RPM E: 211,2 KVA		Mantener una presion de succion constante
Valvula derivizante	Voltaje Control proporcional Tipo de valvula	Hrs de trabajo intermitente Trabajo continuo por tres meses	Ambiente libre de polvo		E: 24 VDC S: 0 - 100 % capacidad		Regular la capacidad del compresor controlando el volumen de gas a comprimir
Motor - bomba lubricacion compresor	Voltaje 440 VAC cambiar Potencia 9HP RPM 1160 Rango de presion 20 - 33 Kg/cm2	24 Hrs de trabajo Trabajo continuo por tres meses	Libre de humedad		E: 4.4 KVA S: 9 HP, 1160 RPM S: señal analoga (según inst) E: 1160 RPM - 9 HP S: 20 - 33 Kg/cm2 CAUDAL		Suministrar lubricante hacia el interior del compresor a una presion entre 10 y 13.3 KgF. Contener hermeticamente el aceite dentro del sistema.

Fuente 3: Ortiz Ruiz Consultores