



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



MASTER EN INGENIERIA DEL MANTENIMIENTO

TRABAJO FINAL DE MASTER

PROPUESTA DE MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA PRAXAIR DOMINICANA

AUTOR:

RUBEN DARIO RAMOS CIPRIAN

Ingeniero Electro-Mecánico

DIRECTOR:

PABLO CERSAR OLMEDA GONZÁLEZ

Doctor por la UPV

JULIO 2013

AGRADECIMIENTOS

Gracias a dios por todo lo bueno que me ha brindado.

Gracias a todos mis amigos y compañeros del master los cuales me apoyaron en todo momenton en el transcurir de este proceso.

Gracias a los profesores del master los cuales han aportado su tiempo y ayuda para hacer de mi un mejor profesional.

Gracias al director del master Dr.Vicente Macian por permitirme ir mes tras mes en su oficina para la firma del reporte mensual y su buen trato en todas la formasposibles.

Gracias a mi director de tesis Dr.Pablo Olmeda por ayudarme en cada paso de mi Trabajo Final de Master.

DEDICATORIAS

Deseo dedicar este Trabajo Final de Master a mi padres, Veneranda Ciprian Mercedes y Ruben Dario Ramos L. A mis hermanos Dario Alexandar, Samuel Elias y Jefri Gabriel y a mi esposa e hijo, Suleiky Nuñez y Junior Gabriel Ramos.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCION.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
2.1. Objetivo general.....	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA PRAXAIR DOMINICANA.	9
4. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL FLUJO DE CO₂ EN LA PLANTA.....	14
4.1 Tanques de fermentación	16
4.2 Separador de espuma	16
4.2.1 Tablas de especificaciones técnicas y esquema del separador de espuma	16
4.3 Lavador de gases.....	17
4.3.1 Tabla de especificaciones técnicas y esquema de la lavadora de gases ...	17
4.4 Compresor de CO ₂	18
4.4.1 Tablas de Especificaciones técnicas del compresor, componentes auxiliares.	18
4.4.2 Diagrama esquemático del funcionamiento del compresor de CO ₂	20
4.4.3 Recorrido del flujo de CO ₂ y cambios del mismo dentro del compresor.	21
4.4.4 Componentes del compresor de CO ₂	22
4.4.4.1 Motor eléctrico	22
4.4.4.2 Intercambiador de calor de flujo cruzado	22
4.4.4.3 Intercambiador de calor de placas	23
4.4.4.4 Bombas centrifugas	23
4.4.4.5 Válvulas de seguridad.....	24
4.4.4.6 Manómetros de presión	24
4.4.4.7 Sensores de temperatura	25
4.5 Filtro de carbón activo y Secadores	26
4.5.1 Tablas de especificaciones técnicas y esquema del Filtro de carbón activo y Secadores.....	26
4.6 Sistema de enfriamiento de CO ₂	28
4.6.1 Tabla de especificaciones técnicas y esquema del sistema de enfriamiento de CO ₂	28
4.6.2 Componentes principales.....	29
4.6.2.1 Compresor de refrigerante	29
4.6.2.2 Condensador de refrigerante.....	29



4.6.2.3	Dispositivo de expansión.....	29
4.6.2.4	Evaporador de refrigerante/condensador de CO ₂	29
4.6.3	Componentes secundarios	29
4.6.3.1	Separador de líquido.....	29
4.6.3.2	Separador de aceite.....	29
4.6.3.3	Refrigerante de aceite	30
4.6.3.4	Recipiente de líquido	30
4.6.3.5	Economizador.....	30
4.6.3.6	Sub-enfriador de refrigerante	30
4.7	Unidad purificadora de CO ₂	31
4.7.1	Tablas de especificaciones técnicas y esquema de la unidad purificadora de CO ₂	31
4.7.2	Componentes principales del sistema de purificación.....	32
4.7.2.1	Condensador	32
4.7.2.2	Columna de destilación	32
4.7.2.3	Calderín	32
4.7.2.4	Bomba del calderín de CO ₂	33
4.7.2.5	Sistema de purga.....	33
4.7.2.6	Cuba separadora	33
4.8	Tanques de almacenamiento de CO ₂ líquido.....	34
4.9	Área de despacho de CO ₂ líquido	34
4.10	Torre de enfriamiento	35
5.	PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL DE LAS MÁQUINAS EN LA PLANTA PRAXIAR DOMINICANA.....	36
5.1	Procedimientos de seguridad del Mantenimiento	37
5.1.1	Antes del mantenimiento.....	37
5.1.2	Después del mantenimiento	37
5.2	Mantenimiento y limpieza del compresor de CO ₂	37
5.2.1	Limpieza.....	38
5.2.2	Controles	38
5.2.3	Cambios de aceite.....	40
5.2.4	Notas generales para el mantenimiento de los cilindros secos.....	40
5.2.5	Presión del aceite.....	40
5.2.6	Mantenimiento de la correa en V	41

5.3	Gestión del mantenimiento Sistemático y Correctivo en la empresa Praxair Dominicana	43
5.3.1	Mantenimiento sistemático.....	43
5.3.2	Gestión del mantenimiento correctivo.....	46
6.	MEJORA PROPUESTA PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO	
ACTUAL.	47
6.1	Tanques de fermentación	51
6.2	Separador de espuma de CO ₂	52
6.3	Lavadora de gases de CO ₂	55
6.4	Compresor de CO ₂	57
6.5	Filtro de carbón activo y Secadores	60
6.6	Sistema de enfriamiento de CO ₂	63
6.7	Unidad purificadora de CO ₂	66
6.8	Tanques de almacenamiento de CO ₂ líquido.....	69
6.9	Área de despacho de CO ₂ líquido	72
6.10	Torre de enfriamiento	74
7.	SEGUNDA MEJORA PROPUESTAS PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	76
8.	CONCLUSIONES.....	82
	DESARROLLOS FUTUROS.....	83
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	84
	ANEXOS	85

1. INTRODUCCION.

En la actualidad en todas las empresas, sin importar el ámbito en el cual desarrollen sus actividades cotidianas de fabricación, procesos y operaciones, es de vital importancia la existencia de un plan de mantenimiento, el cual cumpla con las expectativas para ofrecer la máxima disponibilidad de las máquinas.

Todo esto puede conseguirse con una buena implementación del plan de mantenimiento, para lo cual se hace imprescindible que el operario comprenda el contenido de este plan, de una forma completa, rápida y eficiente. En la mayoría de casos, el plan de mantenimiento suministrado por los fabricantes cumple con esta premisa (aunque éste suele desarrollarse siguiendo unos objetivos de excesiva seguridad, es decir, suele tratarse de sobre mantenimiento).

Sin embargo existen casos donde el plan de mantenimiento suministrado por el fabricante es elaborado de una forma **no explícita** y **no ilustrativa** para los operarios, lo cual dificulta la interpretación de las operaciones a realizar incluidas en este plan de mantenimiento, con lo que dificulta su correcta ejecución.

Este trabajo final de master consiste en la mejora de un plan de mantenimiento ya existente, con ciertas deficiencias, tanto en forma como en contenido.

El plan de mantenimiento a mejorar, tratando de optimizarlo al máximo, es el utilizado en la empresa **PRAXAIR DOMINICA**. El mismo fue suministrado por la empresa **HAFFMAN**, la cual instaló y diseñó la planta de CO₂.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general

El objetivo a alcanzar en este trabajo final de master es la de mejorar el plan de mantenimiento implementado actualmente en la planta de CO₂ de la empresa Praxair Dominicana, tanto en la forma de ser presentado a los operadores, como las diferentes informaciones que debe tener el mismo.

También se tratará de una maquinaria de forma más profunda la cual será comentada de forma explícita más adelante.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Mejorar el plan de mantenimiento de la planta de CO₂, hasta el punto que todo operador antiguo o nuevo pueda entender, realizar con gran rapidez, facilidad y exactitud las diferentes operaciones del plan.
- ✓ Reducción de las horas de trabajo empleadas en la realización del mantenimiento y, por tanto, aumentar las horas de funcionamiento de la planta de CO₂, es decir, aumentar la disponibilidad.

3. RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA PRAXAIR DOMINICANA.

En el año 1895 se inventó el proceso que permitía la separación de los principales componentes del aire dando origen a una nueva actividad industrial, los gases industriales.

Praxair, fundada en 1907, fue una de las primeras compañías en producir oxígeno y nitrógeno, por separación del aire, a escala industrial. Praxair perfeccionó el proceso de descomposición del aire, a muy baja temperatura, para extraer nitrógeno, oxígeno, argón y gases raros como neón, criptón y xenón. Más adelante vendrían las técnicas de recuperación de oxígeno, helio y otros gases a partir del gas natural y de algunos procesos químicos.

Praxair es una referencia tecnológica y un líder mundial en gases industriales. Es la primera empresa de esta actividad en América del Norte y del Sur y el primer fabricante y proveedor de dióxido de carbono del mundo, gracias a la adquisición de dióxido de carbono líquido en 1996. Praxair fabrica gases pero también ha desarrollado y comercializado un importante número de aplicaciones muy diversas de estos gases, que han sido decisivas para el crecimiento de muchas Industrias – desde el Acero hasta la Alimentación – desde las Bebidas hasta la Electrónica, e incluso el empleo de gases atmosféricos para la Medicina, mejorando así la esperanza de vida. Praxair opera en más de 40 países y es titular de aproximadamente 3000 patentes.

Praxair produce miles de toneladas de gases dirigidos a numerosos clientes en más de 40 países. Son productos importantes para la Industria Aeroespacial y otras Industrias. Praxair Dominicana es una de las muchas extensiones del conglomerado mundial, este proyecto se llevó a cabo con el fin de poder instalar una fábrica de CO₂ líquido para los suplementos de América Latina y Puerto Rico como sede central de las operaciones administrativas, ya que por la ubicación con la que cuenta la República Dominicana el tiempo el cual tomaría en llevar el producto a ciertas ubicaciones es menor que si fuesen enviados desde otra ubicación.

Fue fundada el 3 de julio del 2010, esta planta se basa en la extracción de CO₂ a partir de la fermentación del jugo de caña. La implementación del mismo es uno de los procesos más viables para la fabricación del CO₂, ya que en este proceso las maquinarias de refinado del mismo son mínimas y al ser de tan elevada la pureza los sistemas de filtrado son prácticamente nulos, en comparación del proceso de extracción de CO₂ de los gases de motores de combustión interna, ya que en este último los componentes dañinos tienen una presencia elevada.

Praxair Dominicana tiene su planta ubicada en la carretera San Pedro de Macorís – Hato Mayor KM 15.

Política

Praxair Dominicana y sus filiales manejan sus negocios de forma que garantizan la protección del Medio Ambiente, la Seguridad de sus empleados, clientes y de la comunidad.

Principios

La gestión de sus negocios conduce a Praxair Dominicana por caminos éticos que benefician de forma creciente a la sociedad, la economía y al medio ambiente de la región tomando sus decisiones basados en los siguientes principios:

- ✓ Apoyar la formación y la investigación sobre los efectos en la salud, la seguridad y el medio ambiente de cada producto y proceso.
- ✓ Convertir la salud, la seguridad, el medio ambiente y la conservación de los recursos en elementos esenciales para todos los productos y procesos nuevos y existentes.
- ✓ Explotar cada una de las instalaciones protegiendo el medio ambiente y la salud y seguridad de cada empleados y del público general.
- ✓ Proporcionar información sobre los riesgos para la salud o el medio ambiente y buscar medidas de protección para los empleados, el público general y otros terceros implicados.
- ✓ Proporcionar productos químicos que puedan fabricarse, transportarse, usarse y eliminarse de forma segura.
- ✓ Ser pioneros en el desarrollo de leyes, normativas y estándares responsables, que protejan la comunidad, el lugar de trabajo y el medio ambiente.
- ✓ Solicitar e incorporar la contribución pública con respecto a los productos y operaciones.
- ✓ Trabajar con clientes, transportistas, proveedores, distribuidores y contratistas para fomentar el uso, transporte y eliminación de los productos químicos de manera segura.
- ✓ Trabajar con terceros para resolver los problemas relacionados con las prácticas de manipulación y eliminación de los productos.

Compromiso y Liderazgo

- ✓ Los sistemas de gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente son elaborados, implementados y mantenidos en todas las unidades de Praxair Dominicana.
- ✓ Las responsabilidades son delegadas y comprendidas en todos los niveles de la organización.
- ✓ Los sistemas de gestión son implementados con la finalidad de garantizar que los negocios están siendo manejados en conformidad con las exigencias gubernamentales e internas de la compañía.

Seguridad de Productos

Producción

Basados en el Programa de Disciplina Operacional, se lleva a cabo la formación continua de los empleados y contratados que intervienen en la cadena de producción de gases y servicios.

Todos los centros de trabajo tienen procedimientos, manuales e información que garantiza el seguimiento de las normas legales internas de la compañía y la operación segura de los equipos y procesos. Cada centro de trabajo es sometido a evaluaciones de riesgos utilizando modernas herramientas de análisis para su control.

Información sobre los Productos

Uno de los componentes más importantes de los programas de seguridad es la información sobre los productos comercializados, para que se pueda hacer uso de los mismos con toda seguridad.

Se facilitad una amplia gama de información sobre seguridad, incluyendo:

- ✓ Fichas de Datos de Seguridad.
- ✓ Información adicional sobre la utilización segura de los productos.

Seguridad en el Trabajo

Entregas seguras

Los programas de seguridad, salud y medio ambiente abarcan a todos los empleados, incluyendo a los conductores de los camiones cisternas de distribución y reparto. Praxair ha sido un líder en la industria con relación a la seguridad de su flota y mantiene esta posición de liderazgo a través de los años.

Respuesta en casos de emergencia

El compromiso en seguridad, salud y medio ambiente se refleja a través del equipo de atención inmediata el cual proporciona una rápida, segura y eficaz respuesta a las emergencias que se producen en los clientes.

Programa de Cuidado Responsable y Gestión Ambiental ISO 14000

La implementación del Programa de Cuidado Responsable del Medio Ambiente, y el Código de Prácticas de Seguridad y Salud del Empleado, junto con la implementación del Sistema de gestión Ambiental ISO 14000, garantiza que Praxair Dominicana pueda operar de manera que proteja y promueva más ampliamente la Seguridad y Salud de los empleados contratados y la comunidad en general, protegiendo al Medio Ambiente.

Visión

Ser la compañía de gases industriales con mejor desempeño en el mundo según la opinión de los Clientes, Empleados, Accionistas, Proveedores y las comunidades en las cuales está ubicada la empresa.

Valores

- ✓ Ética e Integridad
- ✓ Compromiso con Seguridad, Calidad & Medio Ambiente
- ✓ Tecnologías aplicadas a los clientes
- ✓ Excelencia de Recursos Humanos
- ✓ Excelencia de Resultados

Información general sobre la planta, su planilla de empleados y los tipos de mantenimiento implementados en la empresa Praxair Dominica.

La planta Praxair Dominicana fue diseñada para poder procesar 50 Toneladas de CO₂ líquido (producto final obtenido) por días (24 horas de producción continua).

La planta posee tecnología de punta en los ámbitos de automatización y procesado de CO₂, casi todo el proceso es automatizado, con una serie de controles lógicos, programados por el fabricante, los cuales realizan el arranque y la parada de la planta, así como un sistema de monitoreo en tiempo real de las maquinarias, el cual mide Presión, Temperatura, Caudales, Humedad, Niveles de Sacarosa, en los diferentes procesos presente en las máquinas que intervienen en el mismo.

La plantilla está conformada por 6 empleados, de los cuales 5 operan la planta, en turnos de 8 horas y un supervisor general, el cual es el encargado de la planta, así como del seguimiento del desempeño de los operadores y gestiona todo lo relacionado al aspecto administrativo.

El Mantenimiento en la planta es realizado por los 5 operadores, eso quiere decir que no existe una planilla de mantenimiento, los operadores hacen el papel de equipo de mantenimiento y operadores de la misma simultáneamente.

Los tipos de Mantenimiento utilizados en la planta son:

- ✓ Mantenimiento Sistemático
- ✓ Mantenimiento Correctivo

El plan de Mantenimiento Sistemático utilizado es el aportado por el fabricante a la hora de ser entregada la planta a sus propietarios, éste se basa en las horas de funcionamiento de las diferentes máquinas y elementos auxiliares de las mismas.

4. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL FLUJO DE CO₂ EN LA PLANTA.

En esta parte del trabajo se muestra el flujo que sigue el CO₂ a través de la planta y las diferentes máquinas que intervienen en el trayecto del mismo.

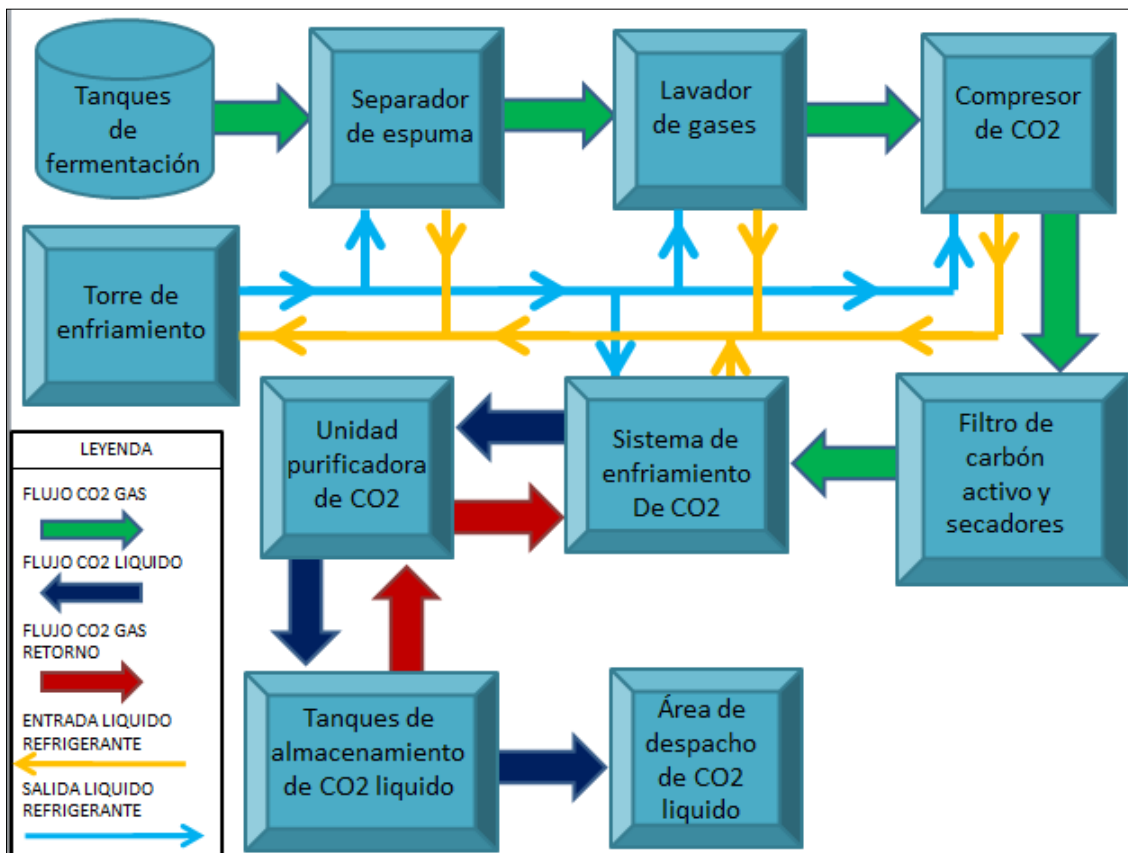


Figura 4.0 Esquema Fluio de CO₂

En la figura 4.0 se describe como circula el CO₂ a través de las distintas máquinas que intervienen en el proceso, también el estado que se encuentra el CO₂ en cada etapa, luego de atravesar cada una de las máquinas.

A continuación se muestra el orden de entrada del flujo de CO₂ en las diferentes máquinas, de forma más explícita.

1. Tanques de fermentación
2. Separador de espuma
3. Lavador de gases
4. Compresor de CO₂
5. Filtro de carbón activo y secadores
6. Sistema de enfriamiento de CO₂
7. Unidad purificadora de CO₂
8. Tanque de almacenamiento de CO₂ líquido
9. Área de despachos de CO₂ líquido

Nota: La torre de enfriamiento no entra en contacto con el CO₂, tampoco es una máquina por la cual el CO₂ circule, por tal razón no está en la lista de secuencia descrita en la parte superior.

Como indican la leyenda de flujo se observar que:

- ✓ Las flechas verdes indican el flujo de CO₂ en forma gaseosa.
- ✓ Las flechas azules se refieren al flujo de CO₂ en forma líquida, la cual es la forma en la que es almacenado y transportado por la compañía Praxair Dominicana.
- ✓ Las flechas de color rojo es el CO₂ en forma gaseosa, pero proveniente de los tanques de almacenamiento.

A causa de la alta presión en la que se encuentra almacenado el CO₂, parte del mismo se evapora por la parte superior de los tanques, los cuales tienen una salida de retorno hacia el sistema de enfriamiento para luego ser reintegrado al tanque de almacenamiento con el producto final.

Nota: Las flechas de la torre de enfriamiento no son tomadas en cuenta en las explicaciones antes mencionada en la parte superior, serán comentadas de forma independiente más adelante.

Las flechas pertenecientes a la torre de enfriamiento, las cuales tienen una forma un tanto más fina que las demás. Estas se refieren a la entrada y salida de agua que refrigera las máquinas, tanto en sus partes principales como auxiliares.

- ✓ Las flechas azules se refieren a la salida del líquido refrigerante de la torre de enfriamiento a temperatura ambiente hacia las diferentes máquinas.
- ✓ Las flechas amarillas son las que indican la entrada del líquido refrigerante a la torre de enfriamiento con una alta temperatura, a causa de la ganancia de temperatura, producidas en las diferentes máquinas

4.1 Tanques de fermentación

Dentro de los tanques de fermentación se encuentra el jugo extraído de la caña de azúcar desde el molino de caña, en este caso es jugo de caña, porque la empresa se encuentra en una planta productora de alcohol a partir de caña.

En los tanques se recogen los gases producidos por la fermentación del jugo de caña, donde al mismo se le aditiva algunos productos para la mejora y estabilización del fermentado, este flujo de gases son dirigido hasta la planta de CO₂ a través de tuberías conectadas en la parte superior de los tanques de fermentación.

4.2 Separador de espuma

El separador de espuma tiene como propósito separar la espuma de los gases de CO₂, provenientes de la fermentación del jugo de caña, con el fin de proteger las máquinas que intervienen en el proceso posterior a la misma.

4.2.1 Tablas de especificaciones técnicas y esquema del separador de espuma

Condiciones de proceso	
Medio :	CO ₂
Capacidad :	2000 kg/h
Presión de entrada :	min. 0 bar (g): max. 0,49 bar (g)
Temperatura de entrada :	10-30 °C

Varios	
Material :	Stainless steel
Presión de diseño mín./máx. :	0 / 0,49 bar (g)
Temperatura de diseño mín./máx. :	4 / 80 °C

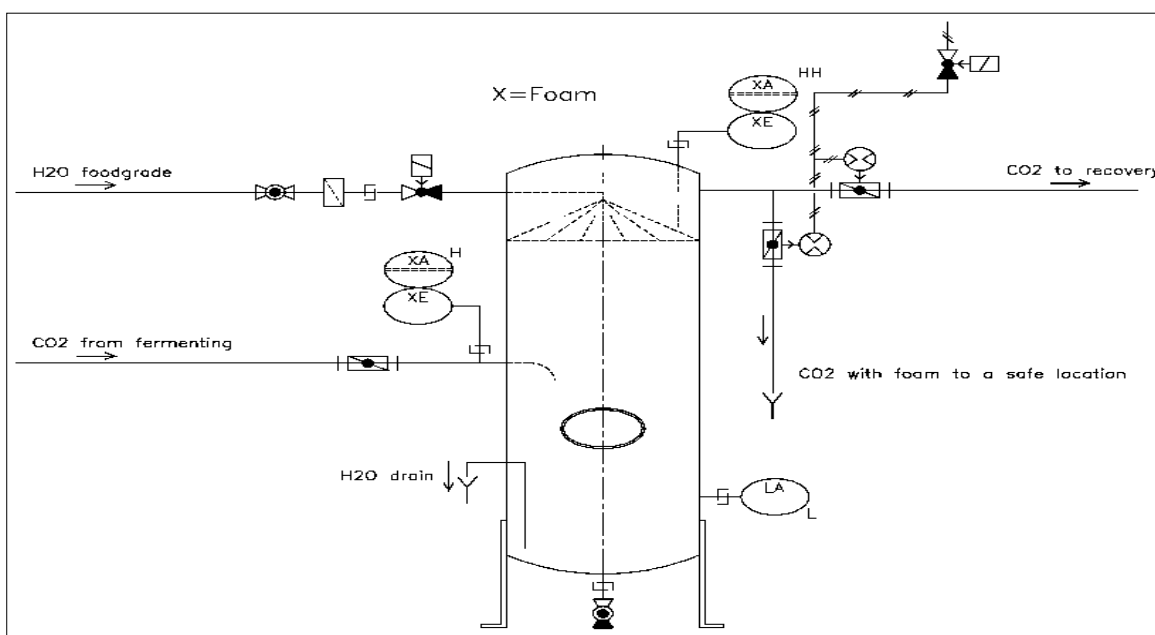


Figura 4.1 Esquema Separador de Espumas

La espuma que se arrastra desde los tanques de fermentación será eliminada. Esto evita la contaminación con espuma de la planta de recuperación.

A continuación se muestra el orden de funcionamiento del separador de espuma para una mejor interpretación de la figura 4.1:

- 1- El CO₂ proveniente de los tanques de fermentación pasa a través del detector eléctrico de espuma.
- 2- Cuando el detector eléctrico de espuma descubre espuma, se activa una válvula solenoide y se rocía agua en el tanque.
- 3- Esta lluvia de agua provoca el colapso de la espuma.
- 4- El agua y la espuma se drenan en la parte inferior.
- 5- Si la eliminación de espuma no es lo suficientemente efectiva y la espuma llega a la salida, un segundo detector activará el colector de espuma.
- 6- El colector de espuma cierra la entrada de la planta de y redirige la espuma a un lugar seguro.
- 7- Cuando el segundo detector de espuma, capta que el nivel de espuma es cero la válvula de entrada a la planta es abierta.

4.3 Lavador de gases

La lavadora de gases está diseñada para eliminar aerosoles contenidos en el gas de CO₂.

4.3.1 Tabla de especificaciones técnicas y esquema de la lavadora de gases

Condiciones de proceso	
Capacidad :	2000 kg/h CO ₂
Entrada :	Mín. 0,0 bar (g) Máx. 0,49 bar (g)
Salida :	Máx. 0,49 bar (g)
Agua de grado :	15-20 °C
Consumo de agua :	2025 litros/hora

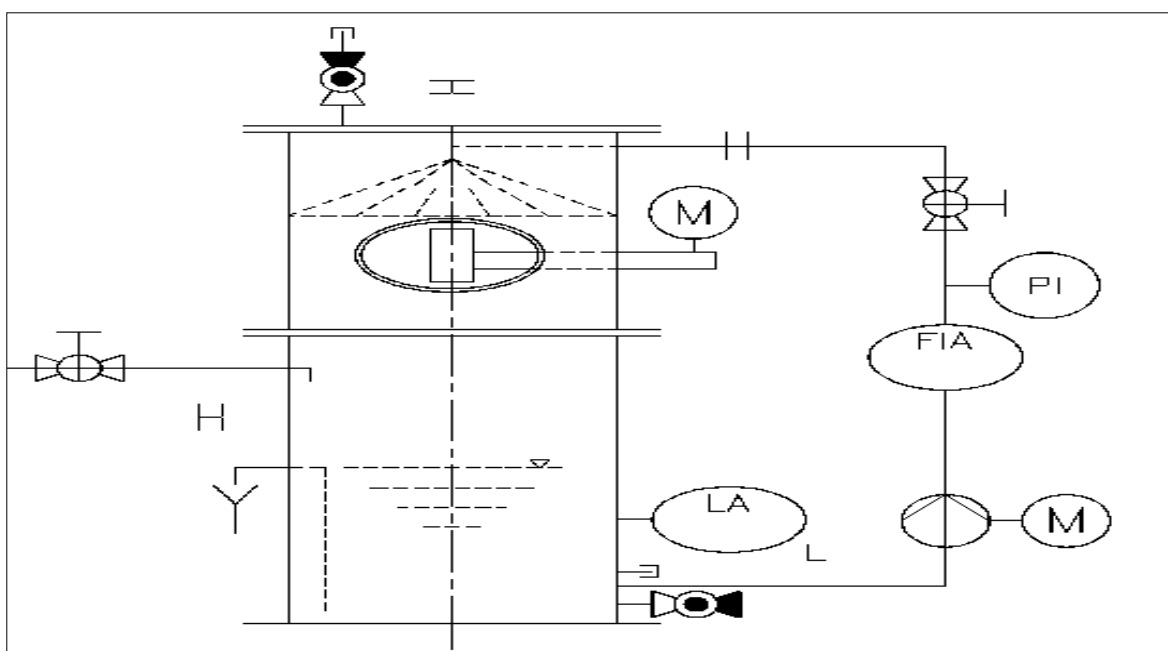


Figura 4.2 Esquema Lavadora de Gases

El flujo de gas es empujado a través de un filtro de agua constituido por el rotor de la lavadora de aerosoles.

A continuación se muestra el orden de funcionamiento de la lavadora de gases para una mejor interpretación de la figura 4.2:

- 1- El CO₂ proveniente del separador de espuma entra a la lavadora de gases.
- 2- Dentro de la misma el gas es sometido a pequeñas gotas de agua. Las gotas de agua absorben los aerosoles y se lanzan a las paredes laterales del depurador por fuerza centrífuga, desde donde caen a la parte inferior de la lavadora de gases.
- 3- El caudal de agua se regula con una válvula de aguja y un indicador de caudal, según la cantidad de gas entrante.
- 4- El exceso de agua (contaminada) se elimina constantemente a través del tubo de desagüe.
- 5- El CO₂ libre de espumas, sacarosas y aerosoles es dirigido hacia la entrada del compresor.

4.4 Compresor de CO₂

El compresor es de movimiento alternativo, tipo pistón, se utiliza para comprimir gas de CO₂ con una pureza de 90 a 100%. El CO₂ se considera libre de espuma, azúcar y aerosoles.

4.4.1 Tablas de Especificaciones técnicas del compresor, componentes auxiliares.

General del Compresor	
Fabricante:	Josef Mehrer
Tipo:	Pistón (2 etapas)
Número de serie:	209
Año de fabricación:	2009
Capacidad:	2000 kg/h

Diseño mecánico	
Velocidad del compresor:	835 mín-1
Recorrido del cilindro:	110 mm
Diámetro del cilindro etapa 1:	360 mm
Diámetro del cilindro etapa 2:	170 mm
Potencia requerida en el cigüeñal:	133 kW
En el motor eléctrico:	160 kW

Motor del Compresor	
Fabricante:	WEG
Tipo:	160kW4PNUB3R
Número de serie:	AZ46512
Año de fabricación:	2009
Potencia:	160 kW
Voltaje:	460 V

Diseño de proceso Compresor			
Medio:	CO ₂	gas	
	Etapa 1	Etapa 2	
Presión de succión:	0	4	bar (g)
Presión final:	4	18	bar (g)
Temperatura del gas del lado de succión:	20	19	°C
Temperatura del gas del lado de descarga:	159	160	°C
Presión de regulación de la válvula de seguridad	6	20	bar (g)
Presión del medio refrigerante:	Min.	2	bar (g)
Presión del medio refrigerante:	Max.	4	bar (g)

Diseño mecánico Compresor		
Velocidad del compresor:	835	mín.-1
Recorrido:	110	mm
Diámetro del cilindro etapa 1:	360	mm
Diámetro del cilindro etapa 2:	170	mm
Potencia requerida en el cigüeñal:	133	kW
Potencia requerida en el motor eléctrico:	160	kW

Medio refrigerante para compresor (Agua de refrigeración)		
Temperatura del medio refrigerante:	20-30	°C
Termo cambiador intermedio :	3	m ³ /h
Post-enfriador :	2,5	m ³ /h
Enfriamiento de la cabeza Consumo total :	5,5	m ³ /h
Sistema de aceite Carga de aceite :	22	Litro
Entrega del sistema de aceite (a 1000 rpm) :	3,5	l/min
Presión de regulación de aceite de operación :	4,5	bar(g)
Presión máxima de aceite de operación:	1,5	bar (g)

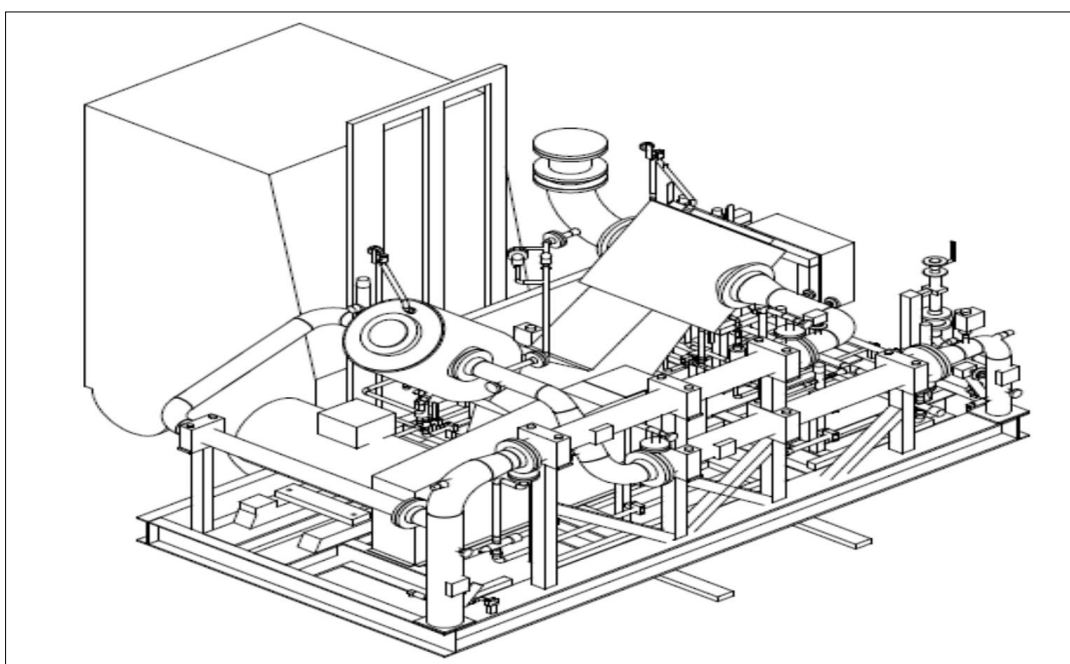


Figura 4.3 Compresor de CO₂

4.4.2 Diagrama esquemático del funcionamiento del compresor de CO₂.

Anteriormente en el punto 4.4 se comentó sobre el compresor de CO₂. A continuación se explica más detalladamente el compresor, el recorrido del CO₂ en sus componentes, los cambios que sufre el mismo y los diferentes componentes que posee el compresor de CO₂.

Para iniciar a desarrollar todo lo concerniente al compresor de CO₂ se utilizará la Figura 4.4 como base e ilustración representativa.

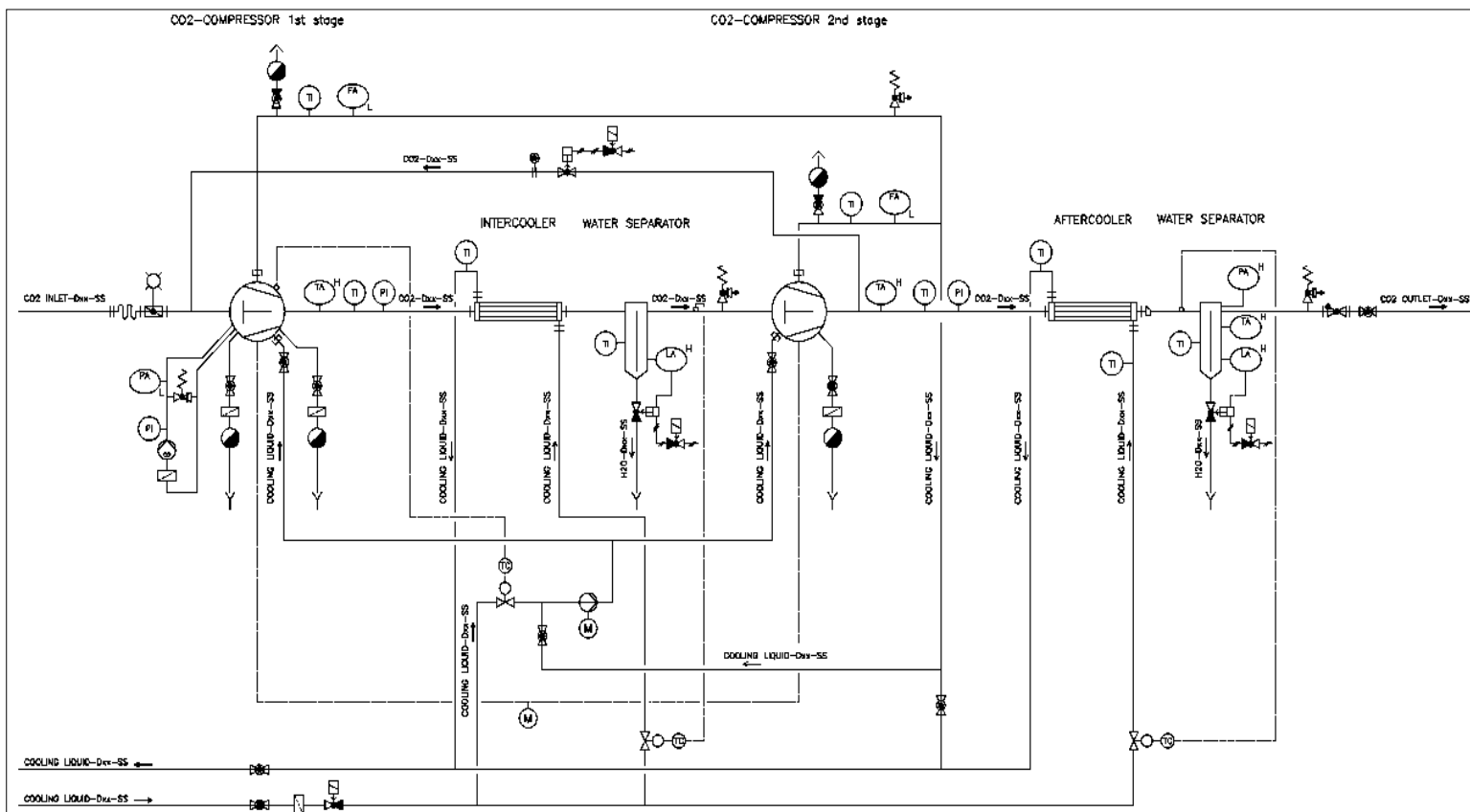


Figura 4.4 Diagrama Esquemático del Compresor de CO₂

Traducción Figura 4.4	
English	Español
CO ₂ compressor 1st stage	Compresor de CO ₂ de etapa 1
CO ₂ compressor 2nd stage	Compresor de CO ₂ de etapa 2
CO ₂ inlet	Entrada de CO ₂
Intercooler	Termo cambiador intermedio
Water separator	Separador de agua
Aftercooler	Post-enfriador
CO ₂ outlet	Salida de CO ₂
Cooling liquid	Líquido refrigerante

4.4.3 Recorrido del flujo de CO₂ y cambios del mismo dentro del compresor.

- 1- El compresor obtiene el CO₂ proveniente de la lavadora de gases libre de espuma, aerosoles y sacarosas, este llega a la primera etapa de compresión con una temperatura de 20 °C para ser comprimido, en esta primera etapa su temperatura aumenta a 159 °C y su presión se eleva a 4 bar (g).
- 2- Luego de pasar por este primer proceso de compresión el CO₂ pasa a un proceso de disminución de temperatura, la cual obtuvo en la primera etapa de compresión, esta disminución de temperatura se realiza utilizando un intercambiador de calor (Termo cambiador intermedio), luego de pasar por el proceso de disminución de temperatura el CO₂ sale del intercambiador (Termo cambiador intermedio) con una temperatura de 19 °C, este proceso se realiza a presión constante (4 bar (g)).
- 3- Durante el proceso de enfriamiento del CO₂ en el primer intercambiador de calor (Termo cambiador intermedio) se condensará un poco de agua en el gas, para la eliminación de agua se utiliza un Separador de agua el cual es colocado posterior a la entrada de la segunda etapa de compresión para evitar que se produzcan daños.
- 4- En la segunda etapa de compresión el gas entra con una temperatura de 19 °C y la temperatura del mismo aumenta a 160 °C, su presión de entrada es de 4 bar (g) la cual aumenta a 18 bar (g).
- 5- Tras la segunda compresión, el calor ganado por la compresión del gas se eliminará mediante un segundo intercambiador de calor (post-enfriador) y al igual que el primer proceso de intercambio de calor se producirá una pequeña condensación de agua en el gas, la cual se extraerá usando un segundo separador de agua, se extraerá toda el agua que sea posible para aliviar el trabajo del secador ubicado en el siguiente fase de procesado de CO₂.
- 6- El agua recolectada se drenará a un cauce mediante una válvula de solenoide controlada por nivel.
- 7- Luego de haber obtenido la presión y temperatura desea en el proceso, el CO₂ es dirigido a su siguiente proceso, ubicado en los secadores.

4.4.4 Componentes del compresor de CO₂.

4.4.4.1 Motor eléctrico

Es un motor con una potencia de 160 kW, una conexión eléctrica trifásica en delta a 460 voltios, 60 Hz, gira a 1500 rpm. Está ubicado en la parte inferior de la segunda etapa del compresor. Se encarga de dar una potencia mecánica al compresor, la cual es transmitida a través de correas, acopladas al eje del motor y a la volante de compresor.



Figura 4.5 Motor eléctrico

4.4.4.2 Intercambiador de calor de flujo cruzado

Son dos intercambiadores de calor de flujo cruzado que posee el compresor de CO₂, estos están ubicados en el área de post descarga de CO₂ de las etapas de compresión, estos se encargan de disminuir la temperatura del CO₂ a los rangos necesario para su procesado, a través de ellos fluyen 1500 l/min de agua y 1350 kg/h de CO₂.

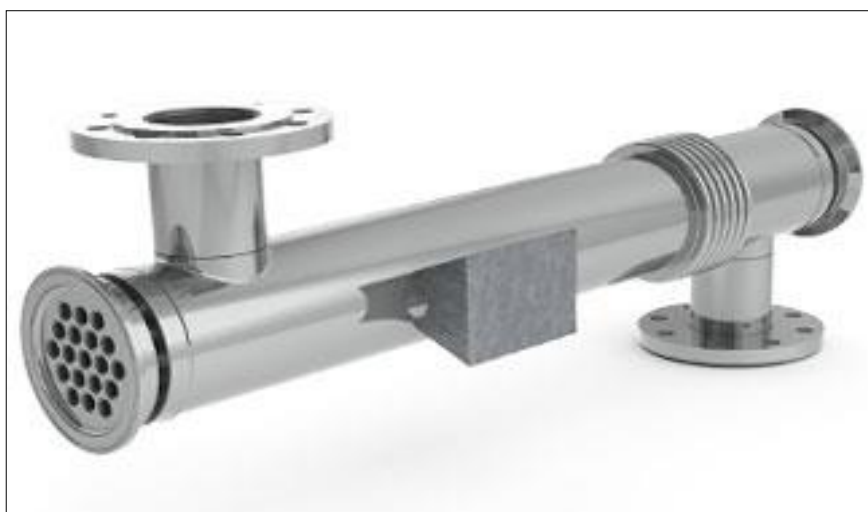


Figura 4.6 Intercambiador de calor de fluio cruzado

4.4.4.3 Intercambiador de calor de placas

Es un intercambiador el cual está ubicado en la parte inferior de la primera etapa del compresor de CO₂, su función es la de enfriar el glicol, el cual se encarga de enfriar las cabezas de los pistones, este intercambiador enfría el glicol a temperatura ambiente utilizando agua proveniente de la torre de enfriamiento, a través del mismo circula 300 l/min de agua y 450 l/min de glicol.



Figura 4.7 Intercambiador de calor de placas cruzado

4.4.4.4 Bombas centrifugas

Estas bombas son utilizadas para hacer circular fluido, son dos cada una tiene un 1 HP, son monofásica a 240 voltios, 60 Hz, 3500 rpm, una es utilizada en circulación del aceite que utilizan las piezas mecánicas internas del compresor y la otra en la circulación del glicol desde el intercambiador de calor de placas y las cabezas de pistón.



Figura 4.8 Bomba centrifuga

4.4.4.5 Válvulas de seguridad

Estas son válvulas de alivio las cuales son utilizadas en diversas partes de las tuberías por las que transcurre el CO₂, con el fin de proteger el sistema de sobrepresiones que pueden ocasionar daños y accidentes en la planta.



Figura 4.9 Válvula de seguridad

4.4.4.6 Manómetros de presión

Estos manómetros de presión son utilizados para el monitoreo visual de las diferentes presiones a la cual está siendo sometido el sistema en tiempo real, sirven como guía para saber si muchos de los parámetros del proceso están correctos.



Figura 4.10 Manómetros de presión

4.4.4.7 Sensores de temperatura

Estos son utilizados para la medición de las diferentes temperaturas encontradas en el compresor, tales como las temperaturas del CO₂ en las diferentes etapas tanto en su entrada como a la salida.

También son utilizados para monitorear la temperatura del líquido refrigerante utilizado en el proceso de enfriamiento del CO₂. Así como en el proceso de monitoreo de las temperaturas de las cabezas de los pistones.



Figura 4.11 Sensor de temperatura

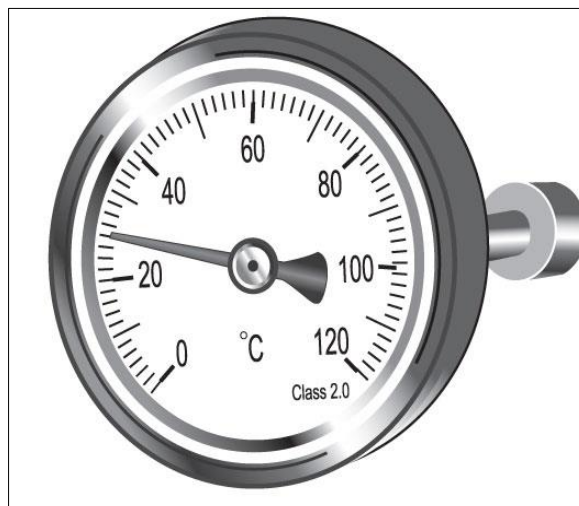


Figura 4.12 Sensor de temperatura

Nota: Algunos de los elementos mencionados en el capítulo 4.4.4, están presente en otras máquinas de la planta, siendo utilizado con el mismo principio, pero con base en la maquina donde está ubicado. Estos elementos son:

- 1- Los sensores de presión
- 2- Los sensores de temperatura
- 3- Las válvulas de seguridad
- 4- Intercambiador de calor de placa

4.5 Filtro de carbón activo y Secadores

La función de los filtros de carbón activado es la de filtrar olores e impurezas solubles en el gas de CO₂.

Los secadores tienen como función la de eliminar la humedad del gas de CO₂.

4.5.1 Tablas de especificaciones técnicas y esquema del Filtro de carbón activo y Secadores

Condiciones de proceso	
Medio :	CO ₂
Capacidad :	2000 kg CO ₂ /h
Presión de entrada:	Mín. 16 bar (g): Máx. 20 bar(g)
Temperatura de entrada :	10 °C
Condición de salida :	gas seco e inodoro

Varios	
Tipo de carbón: :	STC tipo B
Cantidad: :	425 kg
Tipo de desecante: :	Sorbead WS
Cantidad: :	280 kg
Aislación: :	Lana de roca de 70mm
Tapa :	Aluminio

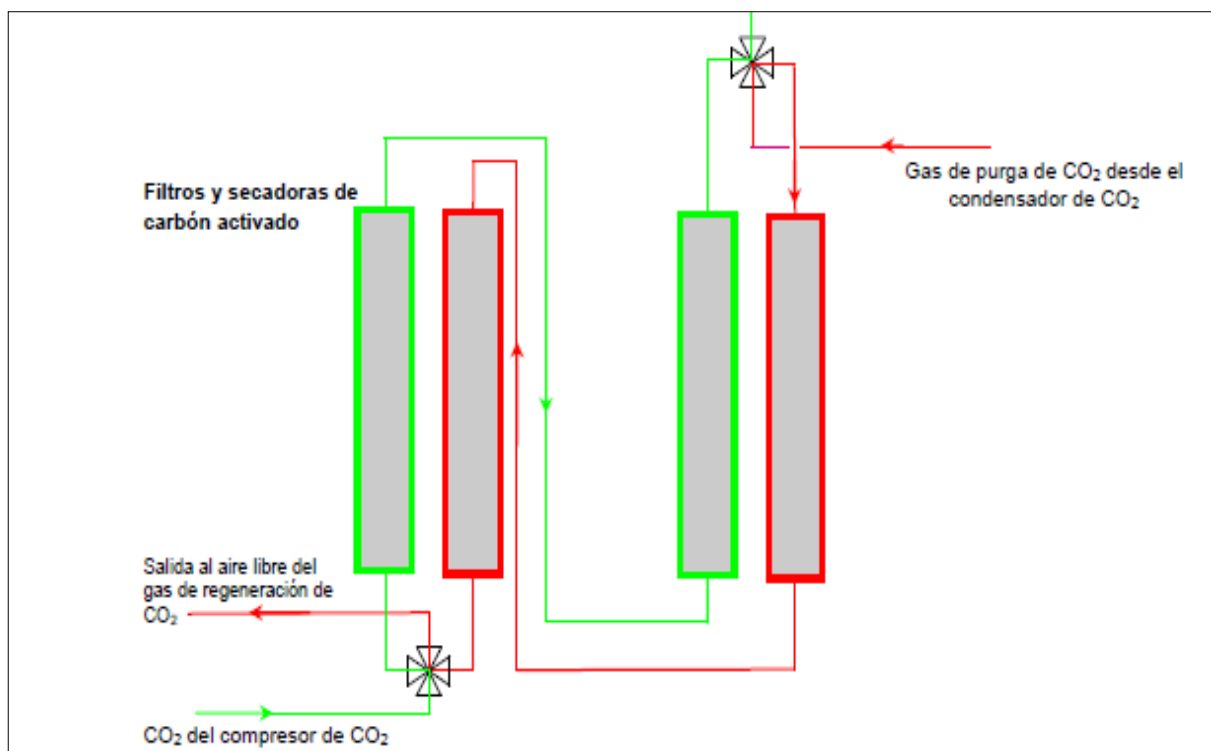


Figura 4.13 Esquema Secadora de Filtro de Carbón Activo

El gas proveniente de la fermentación está saturado de humedad y contiene impurezas resultantes del proceso de fermentación que no se eliminan con una lavadora de gas. La unidad de filtro/secado de carbón activado (ACF) purificará y secará este gas a 17°C y 17,5 bar (g) aproximadamente. Después de pasar por la ACF, el gas sólo estará compuesto de CO₂ y de gases no condensables como el nitrógeno (N₂) y el oxígeno (O₂).

La purificación se realiza con dos materiales:

- ✓ Carbón activado
- ✓ Desecante

El principio de trabajo de ambos materiales se basa en la absorción. Cuando el material está saturado, se debe regenerar. Por lo tanto, la unidad está duplicada. Un tanque está en funcionamiento y el otro en regeneración, como se puede observar en la figura 4.5.

A continuación se muestra el orden de funcionamiento de la unidad de filtro/secado de carbón activado para una mejor interpretación de la figura 4.13:

- 1- El gas entrante de CO₂ comprimido (líneas color verde) se desvía a través de la válvula de bola inferior de 4 vías a uno de los tanques de filtración de carbón activado. El gas de CO₂ húmedo pasará primero una capa de carbón activado en la cual se eliminarán las impurezas.
- 2- Se conduce al gas de CO₂ desde el carbón activado hasta el desecante que absorbe el vapor de agua.
- 3- El gas de CO₂ secado abandona los tanques de filtrado pasando por la válvula de bola superior de 4 vías.
- 4- Cualquier partícula de polvo que se arrastre será separada en el post filtro.

Nota: El tanque de filtración de carbón activado y el tanque de secado han sido dimensionados de tal manera que la cantidad de gas de CO₂ pueda purificarse/secarse durante 12 horas a carga máxima y de esa forma intercalar entre unidades, de tal forma completan el ciclo de 24 horas de funcionamiento ininterrumpido.

El ciclo de funcionamiento y regeneración está completamente automatizado, garantizando así la continuidad del funcionamiento.

4.6 Sistema de enfriamiento de CO₂

La unidad de refrigeración tiene como propósito proporcionar suficiente capacidad de condensación para la licuefacción del CO₂ gaseoso.

4.6.1 Tabla de especificaciones técnicas y esquema del sistema de enfriamiento de CO₂

Parámetros de proceso	
Refrigerante de CO ₂ :	R507A
Refrigerante de aceite:	Agua
Capacidad de condensación de CO ₂ :	2000 kg/h
Temperatura de condensación de CO ₂ :	-24 / -35 °C
Temperatura de evaporación del freón:	-35 °C
Temperatura de condensación del freón:	+32 °C
Presión de diseño LP:	0,7 bar (g)
Presión de diseño HP:	24 bar (g)
Carga del sistema:	200 kg

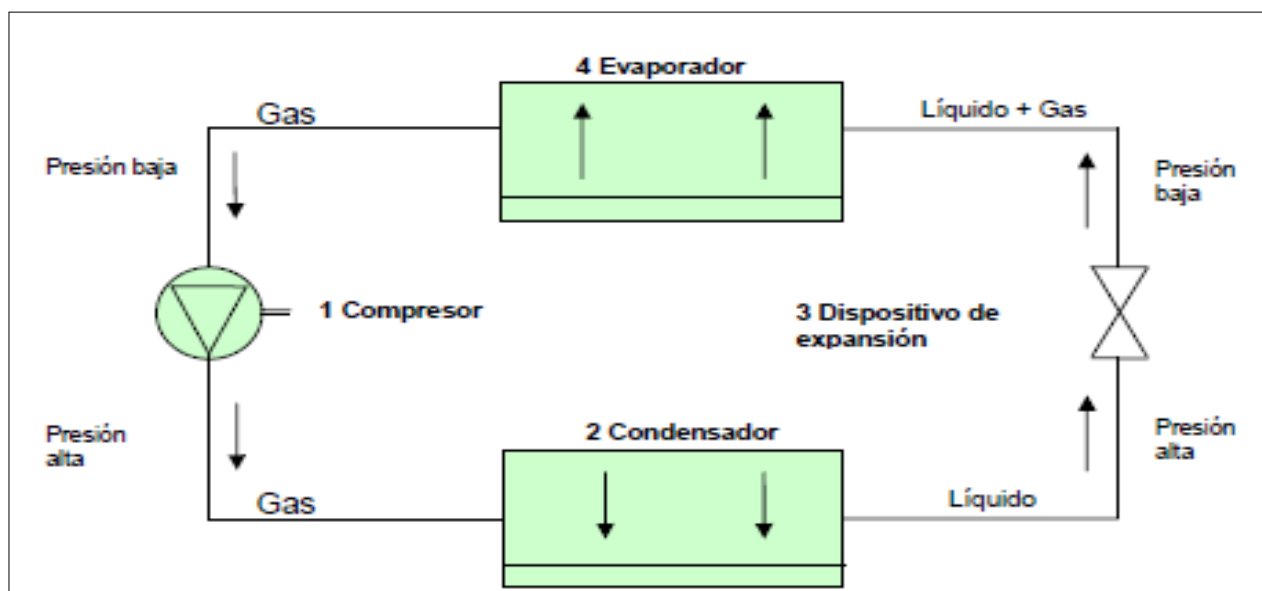


Figura 4.14 Esquema Sistema de Enfriamiento de CO₂

Como en cualquier sistema de refrigeración estándar, el proceso realizado es circular y consta de los siguientes pasos.

1. Compresión del gas refrigerante de una presión y temperatura bajas a una presión y temperatura altas.
2. Condensación del refrigerante a presión alta y temperatura media.
3. Expansión del refrigerante a presión baja a la misma temperatura pero aun siendo líquido.
4. Evaporación a presión baja extrayendo el calor necesario del proceso para este cambio de fase.

4.6.2 Componentes principales

4.6.2.1 Compresor de refrigerante

Es el que comprime el gas refrigerante de presión y temperatura bajas a un gas de presión y temperatura altas.

4.6.2.2 Condensador de refrigerante

Es el que licua el gas refrigerante de presión alta proveniente del compresor. El calor de condensación se elimina del gas refrigerante por termo-transferencia a un fluido refrigerante.

4.6.2.3 Dispositivo de expansión

Es el que reduce el líquido de presión alta a una mezcla de líquido/gas de presión baja, que tiene la capacidad de evaporarse en el condensador de CO₂.

4.6.2.4 Evaporador de refrigerante/condensador de CO₂

Es donde el líquido refrigerante de presión baja se evapora en gas de presión baja. Este proceso de evaporación produce la capacidad de refrigeración requerida para licuar el CO₂ gaseoso.

4.6.3 Componentes secundarios

Además de estos componentes principales, el sistema está formado por un número de componentes secundarios que garantizan la capacidad de refrigeración requerida.

Estos componentes son:

4.6.3.1 Separador de líquido

El separador de líquido se coloca aguas abajo del compresor. El propósito de este componente es separar las gotas de líquido arrastradas en el gas de succión. Las gotas en el gas dañan el compresor. En el separador, las gotas de líquido se separan y se introducen gradualmente en el chorro gaseoso que va al compresor.

4.6.3.2 Separador de aceite

Para asegurar que el aceite se recicle continuamente y vuelva al compresor de refrigeración, se instala un separador de aceite directamente después del compresor de refrigeración. Según el sistema, el aceite regresa al compresor de refrigeración mediante una válvula automática (con control de nivel). Normalmente, los separadores de aceite funcionan por fuerza centrífuga, cambio de dirección, coalescencia de filtro o por una combinación de los tipos mencionados.

4.6.3.3 Refrigerante de aceite

El aceite lubricante se disuelve parcialmente en líquido/gas de refrigeración. Si la temperatura de esta mezcla aumenta demasiado, se necesitará un refrigerante de aceite. Normalmente, el refrigerante de aceite es un intercambiador de calor de carcasa y tubo o de placas que se alimenta de agua para absorber el calor. Para controlar el flujo de aceite que pasa por el refrigerante de aceite, se instala una válvula de control termostático (de 3 vías) en la tubería de circulación de aceite. De acuerdo con la temperatura del aceite, se controla la cantidad que pasa por el refrigerante de aceite.

4.6.3.4 Recipiente de líquido

El recipiente de líquido tiene como fin crear un amortiguamiento del líquido refrigerante a presión alta. El líquido se transporta por presión diferencial desde el tanque hasta la válvula de expansión.

4.6.3.5 Economizador

Para el sub-enfriamiento del refrigerante licuado se puede instalar un economizador después del condensador/recipiente del refrigerante. El sub-enfriamiento del refrigerante líquido aumenta la capacidad total de refrigeración del sistema de refrigeración y evita la formación de vapor instantáneo antes de la inyección del líquido realizada por la válvula de expansión.

4.6.3.6 Sub-enfriador de refrigerante

El refrigerante líquido a temperatura media se conduce al lado del tubo del intercambiador de calor. Parte del refrigerante líquido se envía a una válvula o dispositivo de expansión para convertir el líquido de presión alta y temperatura media en un gas/líquido de presión y temperatura bajas. La válvula de expansión se conecta al lado de la carcasa del intercambiador de calor. El refrigerante líquido se evapora absorbiendo el calor del refrigerante líquido del lado del tubo del intercambiador de calor. El gas evaporado regresa al puerto del economizador del compresor de refrigeración.

4.7 Unidad purificadora de CO₂

El sistema de purificación tiene como propósito eliminar las impurezas (gases no condensables) del CO₂ líquido hasta alcanzar una pureza del 99.998%. El sistema purifica el Oxígeno existente en el CO₂ con una precisión del 99.999%.

El mismo trabaja de forma paralela con el sistema de enfriamiento para licuefacción del CO₂.

4.7.1 Tablas de especificaciones técnicas y esquema de la unidad purificadora de CO₂

Condiciones de proceso	
Capacidad de CO ₂ :	2000 kg CO ₂ / hora
Presión máxima:	19 bar (g)

Pureza de entrada de CO ₂	
Pureza de entrada mínima:	99,0 % CO ₂ v/v
Pureza de entrada máxima:	100 % CO ₂ v/v
Temperatura de entrada mínima:	-20 °C
Temperatura de entrada máxima:	20 °C
Presión de entrada mínima:	15 bar (g)
Presión de entrada máxima:	20 bar (g)
Temperatura de punto de condensación de mínima:	-54 °C a 1 bar(a)

Pureza de salida de CO ₂ :	
Pureza de salida mínima:	99,998 % CO ₂ v/v
Concentración de O ₂ máxima:	5 ppm v/v O ₂
Presión de CO ₂ máxima:	20 bar (g)
Temperatura de punto de condensación mínima:	54 °C a 1 bar(a)

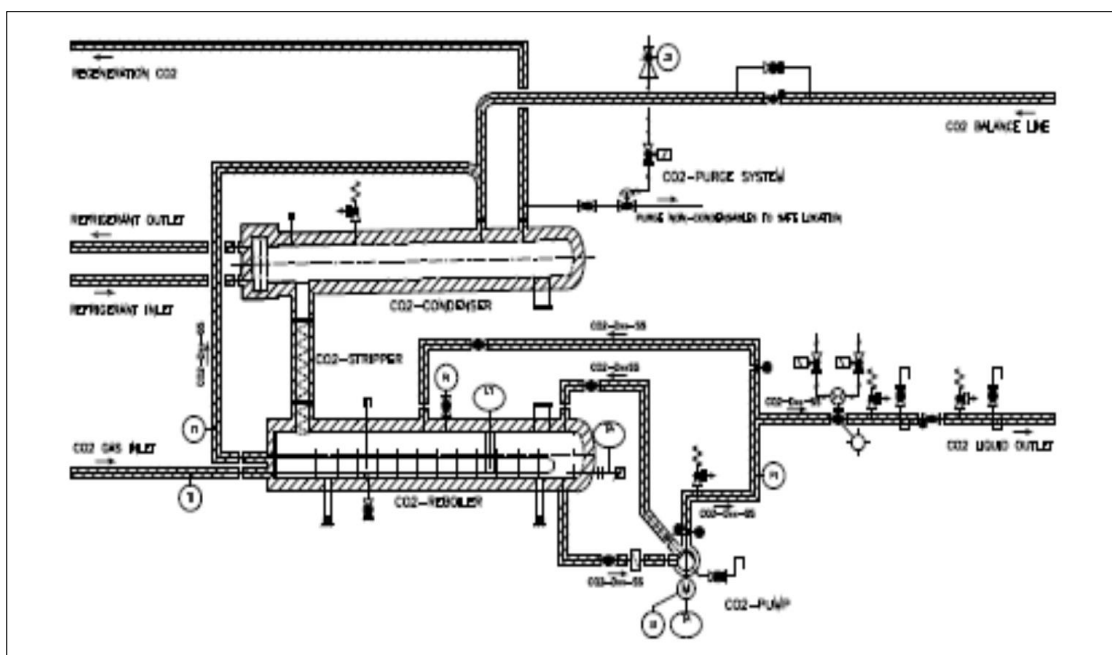


Figura 4.15 Esquema Unidad Purificadora de CO₂ Líquido

El gas de CO₂ circula a través de un intercambiador de calor en el calderín hacia el condensador de CO₂. En este intercambiador de calor se enfriará el gas antes de iniciar el proceso de condensación.

En el condensador se condensa/licua el gas de CO₂ y circula por gravedad hacia la columna de destilación. En la columna de destilación se eliminan los gases no condensables que se descomponen en el CO₂ líquido. El CO₂ líquido purificado se recolectará en el calderín y los gases no condensables se recolectarán en el condensador de CO₂.

Los gases no condensables se purgan a un lugar seguro o se utilizan para la regeneración. El CO₂ líquido destilado/purificado que se recolectó en el calderín se transfiere mediante la bomba de CO₂ al tanque de almacenamiento.

4.7.2 Componentes principales del sistema de purificación

4.7.2.1 Condensador

En el condensador, el gas de CO₂ se licua a temperatura baja y presión alta. Hay otros gases que no se condensan en estas condiciones, por lo cual, son llamados gases no condensables. Los gases no condensables, es decir el O₂ y el N₂ se purgarán a un lugar seguro y el CO₂ circulará hacia la columna de destilación, de esta manera se separan la mayoría de los gases.

4.7.2.2 Columna de destilación

La columna de destilación (destilador de CO₂) tiene la función de eliminar los gases no condensables que se arrastran en el CO₂ líquido. Los flujos de líquido y de gas circulan a contracorriente. El líquido que abandona la columna de destilación está prácticamente libre de gases no condensables. Para lograr una buena purificación, se necesita un flujo mínimo de gas destilador en el líquido.

La correcta cantidad de flujo se determina mediante los cálculos de control realizados en el PLC (Controlador Lógico Programable).

4.7.2.3 Calderín

El calderín es un tanque horizontal con un intercambiador de calor de CO₂ y un calentador eléctrico.

El calderín tiene dos funciones:

1. Generar gas destilador de CO₂ para el proceso de destilación.

El gas destilador es necesario para crear un flujo ascendente a través de la columna de destilación y para destilar los gases no condensables del CO₂ líquido impuro.

El calor es necesario para hervir el líquido y producir el gas destilador y será suministrado por el gas de CO₂ proveniente del sistema ubicado en la parte superior, usando la bobina en el calderín. En condiciones normales de funcionamiento, éste calor es suficiente para generar todo el gas destilador necesario, pero en algunas condiciones de proceso, se utiliza un calentador eléctrico para garantizar la cantidad mínima de gas destilador.

2. Proporcionar un amortiguamiento del CO₂ líquido para la bomba del calderín.

La bomba de CO₂ necesita un amortiguamiento para reducir al mínimo la cantidad de inicios y paradas.

4.7.2.4 Bomba del calderín de CO₂

La bomba del calderín bombea el CO₂ líquido desde el calderín hasta el tanque de almacenamiento de CO₂. La bomba se iniciará y parará de acuerdo con el nivel de líquido del calderín. Si el nivel en el calderín aumenta por encima del punto de ajuste de inicio, la bomba se iniciará.

En base a un tiempo de retardo, la válvula de bola en la bomba conmuta de la función de circulación a la de llenado del tanque de almacenamiento de CO₂. Si el nivel de CO₂ en el calderín cae por debajo del punto de ajuste de parada, la bomba se detendrá y la válvula de bola en la unidad conmutará de la función de llenado del tanque de almacenamiento a la función de circulación.

El nivel de líquido para el punto de ajuste de parada se define a un nivel donde el elemento calefactor eléctrico y la bobina estén siempre cubiertos por líquido.

4.7.2.5 Sistema de purga

Los gases no condensables se eliminan mediante el sistema de purga. Éste se instala en el costado superior del condensador de CO₂.

La apertura de la válvula de purga se determinará de acuerdo a la presión del CO₂ condensador. Cuando la cantidad de gases no condensables en el condensador es muy grande, las condiciones de condensación deben modificarse para permitir la condensación del gas de CO₂. Como resultado, las temperaturas de condensación serán menores y/o las presiones de CO₂ serán mayores. Cuando la unidad de refrigeración no tiene suficiente capacidad para licuar el CO₂, la presión aumentará. En configuraciones estándar, este aumento de presión se utiliza para regular el sistema de purga.

4.7.2.6 Cuba separadora

No todos los sistemas de destilación cuentan con una cuba separadora. La cuba separadora se puede instalar entre la salida de CO₂ líquido del condensador (o condensadores) y la entrada de líquido en la columna de destilación.

La cuba separadora recolecta todo el CO₂ líquido de todos los condensadores y regula el flujo que ingresa al destilador.

4.8 Tanques de almacenamiento de CO₂ líquido

Los tanques de almacenamiento de CO₂ líquido tienen como propósito almacenar dicho producto, conservando sus propiedades, hasta el momento en que el mismo sea despachado al consumidor final, cada tanque tiene capacidad para 60 toneladas de producto final.

Está conformado por dos capas de materiales aislantes, los cuales mantienen las propiedades del producto de forma segura, así como de un sistema de instrumentación el cual vigila la presión y temperatura del producto dentro de los tanques, también posee un sistema de tuberías para el llenado, despacho y mantener el movimiento del producto entre el sistema de enfriamiento y los tanques.

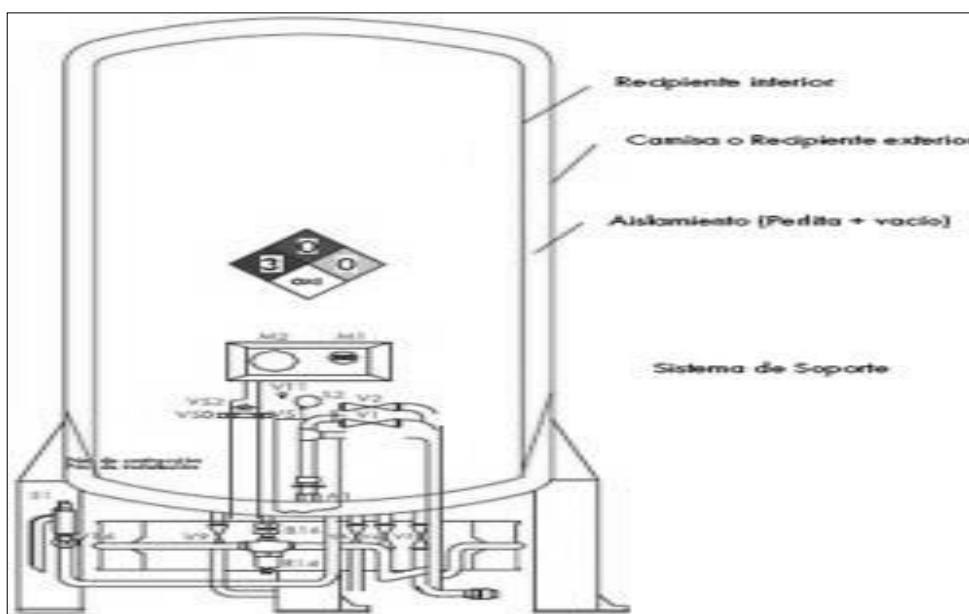


Figura 4.16 Tanque de Almacenamiento de CO₂ Líquido

4.9 Área de despacho de CO₂ líquido

Esta área despacha el producto final obtenido en la planta de CO₂, proveniente de los tanques de almacenamiento.

Está conformada por una serie de instrumentaciones las cuales monitorean los diferentes parámetros como presión y temperatura del producto en las transferencias realizadas a los camiones cisterna utilizados para la transportación del producto hasta el consumidor y dos bombas centrífugas especializadas para el manejo de líquidos criogénicos tales como el CO₂ líquido, cada bomba tiene 2 HP a 240 voltios para una mayor rapidez del proceso.

4.10 Torre de enfriamiento

La torre de enfriamiento está diseñada para la disminución de la temperatura del líquido refrigerante (agua), el cual es el encargado de enfriar algunas partes de las máquinas usadas en el procesado del CO₂, tales como:

- ✓ Los sistemas de enfriamiento de aceite de las máquinas.
- ✓ El compresor de CO₂ en sus intercambiadores de calor.
- ✓ La unidad de enfriamiento de CO₂

Todos estos procesos son enfriados gracias al refrigerante que proviene de la torre de enfriamiento (agua).

El recorrido del refrigerante es simple.

- 1- Sale de la torre de enfriamiento y llega a las diferentes partes del proceso de la planta de CO₂ donde es utilizado.
- 2- A través de una serie de tuberías regresa a la torre de enfriamiento donde, por precipitación descende por una serie de secciones y mientras un ventilador colocado en la parte superior, succiona los vapores a altas temperaturas producidos por la evaporación del refrigerante, luego de forma natural, ya que la torre posee entradas de aire a temperatura ambiente que causa que el refrigerante disminuya su temperatura y realice el ciclo nuevamente.

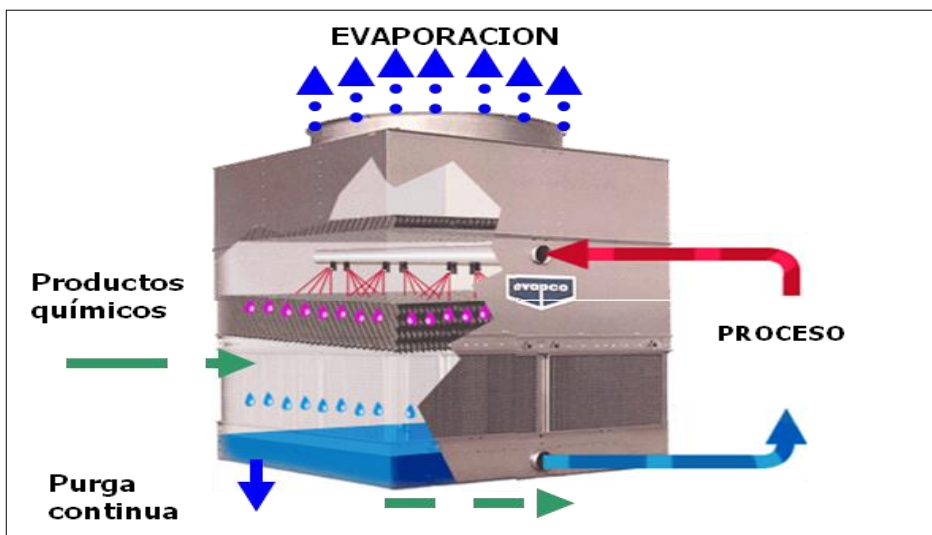


Figura 4.17 Esquema Torre de Enfriamiento

5. PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL DE LAS MÁQUINAS EN LA PLANTA PRAXIAR DOMINICANA.

Cada máquina en la planta posee un documento, el cual contiene información sobre la misma, las máquinas a las cuales se hace referencia son:

1. El separador de espuma
2. La lavador de gases
3. El compresor de CO₂
4. El filtro de carbón activo y secadores
5. El sistema de enfriamiento de CO₂
6. La unidad purificadora de CO₂

Dicho documento está dividido en capítulos, la morfología de estos documentos es idéntica en todos, ya que el mismo es una guía generalizada de las informaciones e instrucciones a seguir de la máquina.

A continuación se muestra la morfología de los documentos antes mencionados:

1. Introducción
2. Especificaciones técnicas
3. Seguridad
4. Información general de producto
5. Transporte e instalación
6. Funcionamiento
- 7. Mantenimiento y limpieza**
8. Almacenamiento y desactivación
9. Medio ambiente

Cada documento tiene un promedio de 50 páginas, las cuales siguen el formato antes mencionado.

El documento a utilizar de ejemplo, es el correspondiente al del compresor de CO₂. La parte a tratar en este trabajo final de master es el punto 7, sobre el cual será propuesta la mejora.

Lo presentado en los capítulos 5.1 y 5.2 como ejemplos, son tal cual están en el documento entregado a los operarios de la planta.

5.1 Procedimientos de seguridad del Mantenimiento

5.1.1 Antes del mantenimiento

Asegúrese de que el mantenimiento se lleve a cabo de manera segura, para eso el compresor de CO₂ debe estar fuera de servicio. Puede hacerlo siguiendo las instrucciones a continuación:

1. Cierre el compresor en el panel de operaciones
2. Cierre la válvula en la salida del compresor de CO₂ y fije la válvula usando un tope.
3. Asegúrese de que haya un consumidor en funcionamiento.
4. Al cerrar la válvula a la salida del compresor de CO₂, el compresor quedará sin presión.
5. Retire los fusibles y bloquee el interruptor principal del panel del compresor de CO₂ para evitar un arranque indeseado del compresor de CO₂.

¡Nota! Verifique la posición del cárter del motor y fíjelo para evitar una rotación involuntaria.

Advertencia El mantenimiento debe llevarlo a cabo personal de servicio calificado. Bajo ninguna circunstancia realice el mantenimiento con el equipo en funcionamiento.

5.1.2 Después del mantenimiento

Para preparar nuevamente al compresor de CO₂ para su funcionamiento después del mantenimiento siga las instrucciones a continuación:

1. Verifique si todas las partes están montadas y si es seguro dar arranque al equipo nuevamente.
2. Quite el tope del interruptor principal en el panel del compresor de CO₂.
3. Reemplace los fusibles del motor.
4. Purgue el sistema para evacuar el aire.
5. Abra la válvula de admisión y de descarga del compresor de CO₂ y retire el tope.
6. Abra las válvulas del sistema de refrigeración y evacue el aire.
7. Inicie el compresor de CO₂ en el panel de operaciones.

5.2 Mantenimiento y limpieza del compresor de CO₂

Los compresores tienen un engranaje de cigüeñal lubricado por aceite, separado del compartimiento de compresión de funcionamiento en seco por casquillos de sello de aceite. Gracias a esta separación, no es necesario el uso de aceite para compresor como el que se usa para los compresores con cámaras a presión lubricadas por aceite.

Los intervalos para el cambio de aceite se establecen en el Programa de Mantenimiento, en la sección 5.2.2.

Antes de la primera operación, se debe aplicar un lubricante adecuado en el punto de llenado de aceite, de acuerdo con el programa de lubricantes. La viscosidad del aceite depende de la temperatura ambiente del lado de operación. En la siguiente página encontrará un programa de servicios integral que debe seguirse para mantener el compresor de CO₂ en buenas condiciones. Para la garantía y el diagnóstico de problemas potenciales, se deben mantener actualizados tanto el diario de operaciones del compresor como el diario de operaciones de mantenimiento.

Los compresores de pistón seco se deben poner en funcionamiento al menos 5 minutos por día si se han dejado fuera de servicio durante un cierto período.

5.2.1 Limpieza

No hay problemas de limpieza.

5.2.2 Controles

La siguiente tabla de mantenimiento proporciona las diferentes partes a realizar mantenimiento para las primeras 8640 horas de funcionamiento. Después de ese período, se deben llevar a cabo inspecciones cada 8640 horas de funcionamiento o de acuerdo con la experiencia adquirida hasta ese momento en base a la vida útil de las partes sujetas a desgaste.

	Semanal	Semestral	Anual
Correa en V de tensión	Ajuste	Control / ajuste	Control / ajuste
Acoplamiento			Inspección
Mecanismo accionado por aceite	Análisis		Cambio
Filtro de aceite	Limpieza	Limpieza / cambio	Limpieza /cambio
Empaque del rascador de aceite		Inspección	Inspección
Empaque intermedio		Inspección	Inspección
Empaque del vástago del pistón		Inspección	Inspección
Pistón y anillo de guía		Inspección	Inspección
Válvulas		Inspección	Inspección
Vástago del pistón			Inspección
Cuerpo del cilindro			Inspección
Conexión roscada			Control
Fijación de los cojinetes			Control

° Tornillos de barra de conexión			Control
Fijación de pernos de cruceta			Control
Conexión entre la cruceta y el vástago del pistón			Control
Conexión entre el cilindro, el separador y el mecanismo de accionamiento			Control

Método:

1. Durante el funcionamiento normal del compresor, controle que el nivel de aceite sea entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ del vaso del nivel de aceite o entre las dos marcas de la varilla del nivel de aceite (si hubiera).
2. Controle la presión del aceite de los compresores con la lubricación por alimentación forzada. Consulte el capítulo 1 para conocer la presión de aceite correcta del compresor de CO₂ suministrado.
3. Controle que los desagües del condensado que van desde los contenedores del separador del termo-cambiador intermedio y del post-enfriador funcionen correctamente.
4. Controle la temperatura y la presión de funcionamiento del compresor. Tome nota en el diario de operaciones,
5. Controle que los desagües de condensado funcionen correctamente.
6. Fuga de gas de los prensaestopas de gas (en las cubiertas de acceso lateral.) Tape temporalmente todos los orificios de respiración de las cubiertas de acceso lateral menos uno. Sostenga un papel sobre el orificio de respiración libre. En condiciones normales de funcionamiento se debe observar un ligero “soplido” de aire de entrada y salida en el orificio de respiración. Esto es normal y es causado por la acción del pistón dentro del espaciador. Un gran caudal continuo de gas sugiere el funcionamiento incorrecto de los prensaestopas de gas.

Cada 500 horas de trabajo

En el caso de los compresores refrigerados por aire, limpie el cilindro y las tuberías expuestas al flujo refrigerante, ya que la contaminación de estas partes puede afectar el intercambio térmico y producir una mala refrigeración del compresor.

¡Nota! La inspección implica el control del funcionamiento y del estado del equipo y el reemplazo o reparación del mismo si fuera necesario.

5.2.3 Cambios de aceite

Método

1. Para eliminar los contaminantes del lubricante, inevitables durante el período de funcionamiento inicial, desagote el aceite después de las primeras 72 horas de funcionamiento seguidas y vuelva a llenar.
2. El siguiente cambio de aceite se debe realizar después de las 4320 horas seguidas de funcionamiento o una vez al año, lo que ocurra primero.
3. Después de las 8640 horas de funcionamiento se necesita otro cambio de aceite. Asegúrese de eliminar completamente el aceite. NO USE trapos deshilachados o lana de limpieza. En cada cambio de aceite se DEBE limpiar el filtro de aceite. Asimismo, es común realizar una limpieza de filtro adicional después de las 10 y las 200 horas de funcionamiento, durante el período de puesta en marcha inicial y puesta en servicio.

5.2.4 Notas generales para el mantenimiento de los cilindros secos

Las tareas de mantenimiento que lleva a cabo el operador, normalmente se limitan al cambio de válvulas y anillos del pistón y a veces las partes internas del casquillo de sello de gas y aceite. Cualquier otra tarea de mantenimiento debe llevarla a cabo el proveedor o el representante del servicio de postventa. Para desarmar y ensamblar las partes pesadas, se debe disponer de un gato mecánico adecuado. Siempre deje un juego de juntas de repuesto en reserva, ya que las juntas planas pueden dañarse fácilmente al desarmar el equipo o presentar estrías después de cierto tiempo de funcionamiento.

Para fijar y sellar las roscas y las cavidades ciegas, asegúrese de contar con plástico líquido como loctite, Casco, Omni FIT u otro material similar. Las conexiones roscadas fundamentales se deben fijar siempre con una llave dinamométrica. Esto es especialmente importante para la sujeción del vástago del pistón. Antes de ensamblar los casquillos en el compresor, asegúrese de que el cilindro en funcionamiento y el vástago del pistón estén libres de surcos. La irregularidad de los revestimientos del pistón puede eliminarse por rectificado, pero esto no es posible para el vástago del pistón que sólo puede intercambiarse. Por lo tanto, tenga especial cuidado al realizar este trabajo para no dañar de ninguna manera los cilindros y los vástagos del pistón. También evite daños en los labios de sellado de los rascadores de aceite, los resortes de empaquetadura y los anillos del pistón.

5.2.5 Presión del aceite

La presión del aceite se indica en el manómetro de aceite y debe ser:

Mínima 2 bar (g)

Máxima 3 bar (g)

No obstante, el aceite frío en el arranque del compresor puede provocar un aumento de la presión del aceite durante un corto período.

5.2.6 Mantenimiento de la correa en V

5.2.6.1 Instalación

Las correas en V se deben colocar en el impulsor sin forzarlas para despejar los diámetros exteriores de la correa. No se deben usar barreras de punta, destornilladores ni palancas, tampoco se deben enrollar las correas en las poleas.

La fuerza excesiva casi seguro dañará a los componentes de la correa, especialmente el cable de tensión o la tela protectora. Las correas dañadas probablemente tengan una vida útil corta, inclusive hasta unos pocos minutos. Es muy importante hacer previsiones para obtener la tensión correcta de la correa en V, para asegurar una perfecta transmisión de energía y garantizar la vida útil normal de las correas en V.

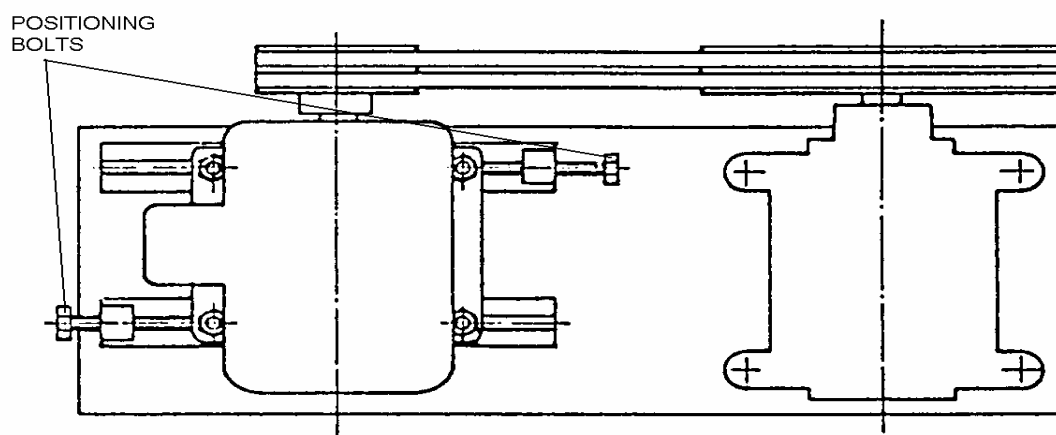
La mayor tasa de dilatación de las correas en V normalmente se da durante el período de rodaje. Por lo tanto, se recomienda controlarlas y volver a tensarlas durante la primera inspección al compresor.

El cuidado adecuado durante la instalación ahorra tiempo y dinero. Cuando el ajuste de la instalación es pequeño, puede ser necesario colocar las correas a las poleas con la polea pequeña fuera del eje. Entonces, la polea pequeña se puede reemplazar en el eje sin excesos de tensión en las correas. Consulte el dorso de la tabla para conocer la tensión correcta de las nuevas correas.

5.2.6.2 Tensión de la correa

Use los pernos de posicionamiento del motor para ajustar o aflojar las correas en V. (Ver debajo). Asegúrese de que el impulsor continúe alineado luego de ajustar el motor para tensar las correas y luego controle la tensión de la correa a medida que se realiza el ajuste.

Cuando se alcanza la tensión deseada, haga girar las poleas dos o tres veces para colocar las correas en las ranuras y controle nuevamente la tensión. Repita hasta lograr la tensión correcta. Cuando se coloca un juego de correas aplique un calibrador de tensión en una de las correas centrales. Ponga en funcionamiento el impulsor hasta 5 horas después de colocar las correas nuevas y vuelva a controlar y a tensar, según se requiera.





¡Nota! Si las correas en V no están suficientemente ajustadas, aumentan los deslizamientos, los golpes y el desgaste.

¡Nota! La excesiva tensión de las correas en V puede provocar daños en los cojinetes del motor y el compresor

5.3 Gestión del mantenimiento Sistemático y Correctivo en la empresa Praxair Dominicana

5.3.1 Mantenimiento sistemático

El mantenimiento sistemático, está dividido en dos vertientes:

- **Mantenimiento sistemático mayor**
- **Mantenimiento sistemático menor**

El mantenimiento sistemático mayor, es realizado por un contratista externo, que en este caso es la misma compañía que diseñó la planta.

El contratista se encarga de gestionar todo lo relacionado al mantenimiento sistemático mayor, él mismo realiza el programa de mantenimiento, que es suministrado con anterioridad al supervisor de la planta de CO₂, para su conocimiento previo.

Esta clase de mantenimiento suelen realizarse una vez al año, en la temporada de parada del ingenio de caña, para aprovechar la ausencia total de CO₂.

Ejemplos de mantenimiento sistemático mayor en el compresor de CO₂:

- ✓ Cambios de sellos internos.
- ✓ Revisión de cilindros internamente.
- ✓ Revisión del sistema de engrane interno e sustitución de partes.

El mantenimiento sistemático menor, es aquel en el que no es necesaria la intervención de técnicos especializados, así como de herramientas especiales.

Este mantenimiento es realizado por los operadores de la planta, inmediatamente el supervisor de la planta da la orden de ejecución.

Ejemplos de mantenimiento sistemático menor en el compresor de CO₂:

- ✓ Cambio de aceite.
- ✓ Cambio de correas en V.
- ✓ Rellenado de glicol.
- ✓ Verificación sensores de presión.

Nota: Todo lo expuesto en este trabajo final de master, está referido al mantenimiento sistemático menor, por tanto en los capítulos anteriores y siguientes al referirnos a mantenimiento sistemático es “**menor**”, ya que el mantenimiento sistemático mayor es exclusivo de la compañía externa.

La gestión del mantenimiento sistemático de la empresa Praxair Dominicana es de forma manual, o mejor dicho de papel y lápiz.

Todos los operadores deben leer el documento descrito en los capítulos 5.1 y 5.2, pero quien dicta cuándo debe hacerse y por quién, es el supervisor de la planta.

Existe una planilla confeccionada por el supervisor, donde se anotan las siguientes actividades de mantenimiento:

- 1- Máquina a ejecutar mantenimiento.
- 2- Mantenimiento a efectuar.
- 3- Fecha de ejecución del mantenimiento.
- 4- Horas de funcionamiento de la máquina al finalizar el mantenimiento.

Con estos 4 ítems, el supervisor gestiona los diversos mantenimientos efectuados en las máquinas.

Esta planilla se le puede adjudicar el nombre de orden de trabajo (OT), la cual el operario recibe para ejecutar el mantenimiento, todos estos datos son rellenados por el supervisor de la planta, a excepción del punto 4, que es llenado por el operario que realiza la operación al finalizarla.

El control de mantenimiento es exclusivo del supervisor, éste realiza el calendario de mantenimiento basándose en las horas de funcionamiento de las máquinas, un ejemplo de las horas de funcionamiento es la figura 5.1.

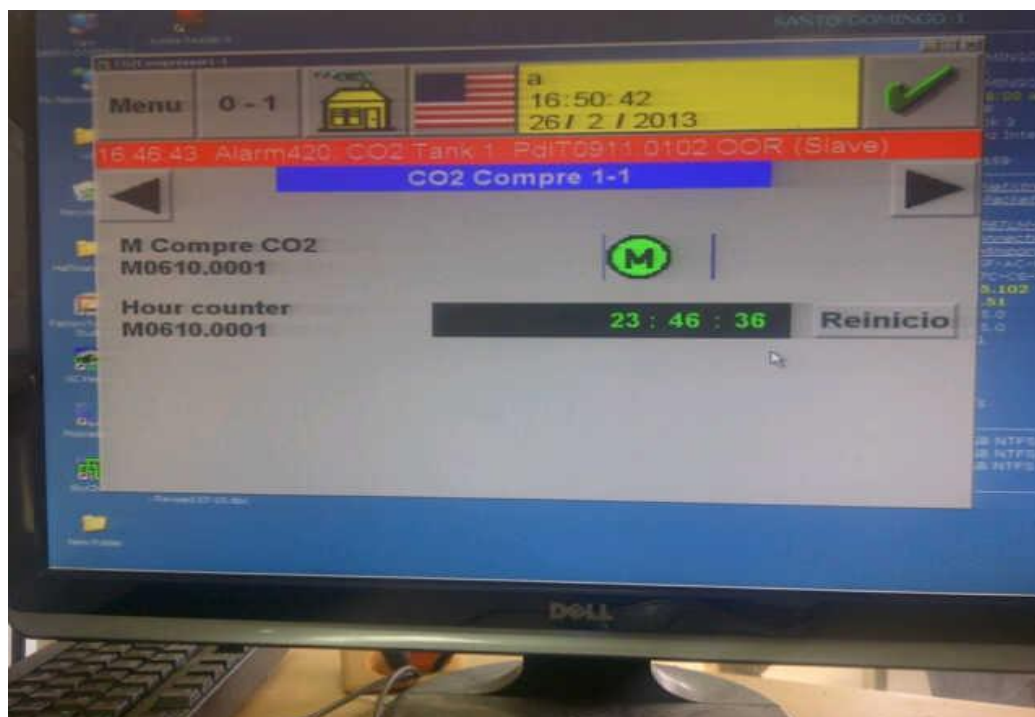


Figura 5.1

El supervisor realiza una inspección de las horas de trabajo de las distintas máquinas, a partir de los datos tomados, procede a realizar las órdenes de trabajo de la semana completa.

La programación de las operaciones de mantenimiento, siempre se realizan tratando que las mismas sean realizadas en los turnos donde se está efectuando operaciones de mantenimientos sistemáticos o correctivos en la planta productora de juego de caña. Para aprovechar el bajo flujo circulante de CO₂, por la ausencia del jugo de caña, causado por la parada.

Con las ordenes de trabajo de la semana organizada, el supervisor procede a asignarle a cada operador operaciones de mantenimiento, según considere sean las más adecuadas para el mismo.

Cuando la operación de mantenimiento es reportada como realizada por el operador, el supervisor lo verifica y la anota como realizada.

La orden de trabajo es archivada, en los registros, los cuales están ubicados en la oficina del supervisor.

Nota: No se posee un ejemplar de la planilla en este trabajo final de master, ya que la misma es una elaboración propia del supervisor y por motivos de confidencialidad, no se ha permitido mostrarla en este trabajo final de master.

5.3.2 Gestión del mantenimiento correctivo

La gestión del mantenimiento correctivo de la empresa Praxair Dominicana es de forma manual, o mejor dicho de papel y lápiz, así como en el sistemático, con diferencias muy marcadas.

En el correctivo no existe una planilla, donde se anoten las actividades de mantenimiento correctivo.

Existe una planilla general implementada por Praxair Dominicana, como un complemento de seguridad, para que lo operadores trabajen de forma segura en la reparación de una máquina, a esta planilla se le llama el círculo de seguridad.

De esta planilla se sustraen datos referentes a la operación de reparación realizada, tales como:

- 1- Máquina donde ocurrió la avería.
- 2- Parte de la Maquina donde ocurrió la avería.
- 3- Fecha y hora de inicio y finalización de la reparación.
- 4- Operador que realizó la reparación.

Cuando una avería aparece, simplemente se procede a la reparación de la misma, por el operario que esté de turno en dicho momento, siguiendo una serie de pasos:

- 1- Rellenar la planilla de seguridad.
- 2- Luego de comprobada la seguridad del operario, proceder con la reparación.
- 3- Si la avería excede los conocimientos del operario y del supervisor, llamar a asistencia técnica, vía telefónica.
- 4- Si la avería fuese en horario fuera de servicio de la asistencia técnica, proceder a solicitar información vía correo electrónico.
- 5- Si la asistencia técnica vía telefónica o de correo electrónica no es suficiente para solucionar la avería, se procede a solicitar un técnico capacitado, para resolver dicha avería, el cual deberá ir a la planta a realizar la reparación en persona.
- 6- Luego de solucionado el problema con la asistencia técnica, vía correo electrónico, telefónica o de un técnico competente físicamente en la planta, se procede a archivar la planilla de seguridad, con la fecha y la hora de finalización.

Nota # 1: si la avería exige un técnico capacitado físicamente en la planta, los costes por el técnico son pagados por Praxair Dominicana y el mismo solo le entrega al supervisor de la planta una hoja de garantía, por la reparación realizada en la máquina.

Nota # 2: No se posee un ejemplar de la planilla de seguridad, por cuestión de confidencialidad de la empresa Praxair Dominicana.

6. MEJORA PROPUESTA PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL.

La mejora que se propone para los planes de mantenimiento, surge a partir del estudio del contenido en el capítulo 5.

La primera parte del estudio fue hacer una encuesta a los operadores, dichas preguntas fueron:

- 1- ¿Considera que el plan de mantenimiento que posee el documento, que se les entrega en de fácil interpretación?
- 2- ¿Considera que dicho documento debería tener más información?
- 3- ¿Considera que la forma de presentación del plan de mantenimiento debe ser cambiada?
- 4- ¿De poder elegir una forma de presentación para el plan de mantenimiento, cuál sería?
- 5- ¿Cuál consideras que es la máquina causante de más horas de paradas en la planta?

Las respuestas de esas preguntas fueron:

1. No
2. Sí
3. Sí
4. En forma de tabla
5. El compresor de CO₂

Todos los operarios de la planta (5 operarios) dieron la misma respuesta para cada pregunta.

Nota: la pregunta y respuesta número 5 serán utilizadas en el capítulo 7.

A raíz de las respuestas obtenidas en la encuesta, se procedió a la identificación de las distintas deficiencias del plan de mantenimiento actual de forma más específica, las cuales son:

- ✓ Inexistencia de procedimientos escritos, para muchas de las operaciones mantenimiento.
- ✓ No especificación del repuesto que debe utilizarse, en la operación de mantenimiento.
- ✓ Operaciones de mantenimiento inexistentes en el documento, las cuales se realizan en la planta.
- ✓ No especificación de Intervalos de tiempo, para algunas de las operaciones de mantenimiento.
- ✓ No especificar el tiempo a emplear por el operario para la ejecución de la operación.
- ✓ Áreas importantes de la planta, las cuales poseen máquinas importantes, sin un plan de mantenimiento existente.

A partir de estas informaciones obtenidas, se procedió a la realización de una tabla de mantenimiento, para cada una de las máquinas de la planta.

Las tablas de mantenimiento presentadas a continuación, son la versión mejorada del plan existente, eliminando cada una de las deficiencias antes mencionados.

Pero antes de la presentación de las tablas de mantenimiento, se realizará una breve explicación del contenido de la misma, para una mejor interpretación.

A continuación muestra lo que es la parte superior de la tabla de mantenimiento y el significado de cada ítem colocada en la misma.

SISTEMA	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO	PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
---------	--	-----------------	------	---------------------	---------------------------	----------------------	---------------

- **Sistema:** lugar donde se realizara la operación de mantenimiento en la máquina
- **Operaciones de mantenimiento sistemático:** son las diferentes operaciones que se realizarán a la parte concreta de la máquina, perteneciente al sistema.
- **Periodo:** es el intervalo de tiempo que debe transcurrir para que la operación de mantenimiento se repita.
- **Gama:** es la simbología del periodo utilizado.
- **Repuesto a utilizar:** es el recambio de la pieza a la cual se realizará la operación de mantenimiento.
- **Tiempo a utilizar:** es el tiempo el cual utilizará el operador para realizar la operación de mantenimiento.
- **Operarios a utilizar:** es la cantidad de operarios necesarios para realizar la operación de mantenimiento.
- **Procedimiento:** son las pautas a seguir, para realizar las diferentes operaciones de mantenimiento antes mencionadas, en esta tabla la casilla procedimiento se utilizará para hacer referencia de donde se encuentran estos procedimientos. El documento donde están recopilados todos los procedimientos de forma ordenada encuentra en el **anexo # 1** de este trabajo.

La siguiente tabla de información que se muestra a continuación, son los periodos o Gamas, los cuales serán dados en horas de funcionamiento del equipo.

GAMA	A	B	C	D	E	F	G	H
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	8	24	720	2160	4320	8640	12960	17280
	cada turno	diario	cada mes	cada 3 meses	cada 6 meses	cada año	cada año y medio	cada 2 años

A continuación se muestra porqué se han utilizados las siguientes gamas.

- Las gamas A y B contienen operaciones que se realizan con facilidad mientras el operador realiza su inspección de rutina en la planta, las mismas pueden realizarse con el equipo en marcha. La mayor parte de ellas se refieren a controles visuales (ruidos y vibraciones extrañas, control visual de fugas) y mediciones (tomas de datos, control de determinados parámetros).
- Las gamas C y D contienen operaciones más complicadas, las cuales sus tiempos de revisión son especificados por el fabricante, con intervalos mayores a las gamas A y B. En algunos casos implican desmontajes, paradas de equipos, o el caso de limpiezas de interiores de recipientes, los cuales deben tener ciertos niveles de limpieza para su uso.
- Las gamas E y F, suponen en algunos casos una revisión completa del equipo (mantenimiento mayor), y en otros, la realización de una serie de operaciones que no se justifica realizarlas con intervalos menores. Es el caso de cambios de sellos de ejes o la limpieza interna del separador de espuma por citar algunos ejemplos. Siempre suponen la parada del equipo durante varias horas, por lo que se han utilizados estas gamas recomendadas por el fabricante.
- Las gamas G y H son casos especiales, específicas para las máquinas de filtro de carbón activado y el sistema de enfriamiento de CO₂, las operaciones que utilizan estas gamas deben realizarse en esos periodos por orden de los fabricantes y por causa de que son productos químicos con vida útil ya predefinida.

La siguiente tabla la cual estará en la propuesta de mejora del plan de mantenimiento, es la **tabla de fallos # 1**, ésta muestra los límites admisibles de las diferentes verificaciones que se deben realizar, para saber cuándo sustituir la parte averiada.

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	REPUESTO
---------------------	-------	-----------------	--------------------	------------------	---------------------	-----------	---------------------------	----------

- **Numero de operación:** indica a qué operación de la tabla de mantenimiento nos estamos refiriendo.
- **Fallo:** indica el posible fallo, presenta a la parte qué le está realizando la operación.
- **Posible causa del fallo:** indica qué puede estar causando dicho fallo.
- **Unidades del fallo:** indica cómo está siendo medido dicho fallo.
- **Limite aceptable:** indica las medidas en la cuales no es necesario la sustitución de la parte a la cual se le está realizando la operación
- **Limite no aceptable:** indica las medidas en la cuales es necesario sustituir la parte a la cual se le está realizando la operación.
- **Operación:** ésta nos indica la operación que se debe realizar cuando la parte a la cual se le está realizando el mantenimiento está en los límites no aceptables.
- **Tiempo a utilizar (horas):** es el tiempo que se toma el operador en realizar el reemplazo de la pieza.
- **Repuesto:** es el repuesto a utilizar para el reemplazo.

La siguiente tabla la cual estará en la propuesta de mejora del plan de mantenimiento, es la **tabla de fallos # 2**, esta muestra qué medidas tomar en las operaciones de mantenimiento sistemático en donde el operario solo se limita a la verificación y las averías encontradas no serán reparadas por los operarios de la planta, dichas averías serán reparadas por una empresa externa, la cual será contactada por el supervisor de la planta.

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO
---------------------	-------	-----------------	--------------------	------------------	---------------------	-----------	---------------

- **Numero de operación:** indica a qué operación de la tabla de mantenimiento nos estamos refiriendo.
- **Fallo:** indica el posible fallo, presenta a la parte que le está realizando la operación.
- **Posible causa del fallo:** indica qué puede estar causando dicho fallo.
- **Unidades del fallo:** indica cómo está siendo medido dicho fallo.
- **Limite aceptable:** indica las medidas en la cuales no es necesario reportar un fallo de la parte a la cual se le está realizando la operación
- **Limite no aceptable:** indica las medidas en la cuales es necesario reportar la existencia de un fallo de la parte a la cual se le está realizando la operación.
- **Operación:** ésta nos indica la operación que se debe realizar cuando la parte a la cual se le está realizando el mantenimiento está en los límites no aceptables.

Nota # 1: Las operaciones de mantenimiento tales como reemplazar, cambiar y limpiar, no estarán en las tablas de fallos 1 y 2, ya que las mismas especifican que debe hacer el operador.

Nota # 2: En las tablas de mantenimiento sistemático las operaciones que se encuentran en los sistemas llamados Mantenimiento Mayor no estarán incluidas en las tablas de fallo 1 y 2, ya que estas tienen un tiempo establecido para su realización, así como la empresa externa que se realizara dicho mantenimiento. A diferencia de las que encontraremos en la tabla de fallos # 2 donde la empresa que realizará dicho mantenimiento no siempre podría ser la misma, así como no tiene un tiempo establecida periódicamente para su ejecución.

6.1 Tanques de fermentación

El mantenimiento de los tanques de fermentación, ya sea mantenimiento sistemático menor o mayor y el mantenimiento correctivo están asignado a la empresa que se encarga de la producción del jugo de caña.

6.2 Separador de espuma de CO₂

PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO PROPUESTO PARA EL SEPARADOR DE ESPUMA DE CO₂

SISTEMA	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO		PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
Circulación de agua	1	Verificar que el agua está llegando al separador de espuma desde la torre de enfriamiento. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8	A	x	0.25	1	05
Válvulas	2	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas neumáticas. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	720	C	x	0.25	1	01
	3	Verificar el funcionamiento de las electroválvulas. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	720	C	x	0.25	1	01
Tuberías de CO ₂	4	Verificar las tuberías de CO ₂ desde los tanques de fermentación hasta el separador de espuma. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8640	F	x	0.5	1	04
Sensores	5	Verificar el funcionamiento de los sensores de espuma (electrodo). En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	720	C	x	0.25	1	02

Limpieza	6	Limpieza de los sensores de espuma (electrodos).	2160	D	x	1	1	02
	7	Limpieza de la parte interna del tanque separador de espuma.	4320	E	x	1	1	06

Tabla de fallos # 1 para el separador de espuma

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	REPUESTO	PROCEDIMIENTO
2	Fallo al cierre o apertura de la válvula.	Escape de aire	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar sellos	1	Sellos	01
		Mal funcionamiento interno de la válvula	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar válvula	1	Válvula neumática	01
3	Fallo al cierre o apertura de la válvula.	Mal funcionamiento interno de la válvula	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar válvula	0.5	Electroválvula	01
5	No detección de espumas.	Mal funcionamiento del electrodo	% de humedad	0-45%	46-100 %	Cambiar el sensor	0.5	Sensor de espuma (electrodo)	02

Tabla de fallos # 2 para el separador de espuma

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO
1	Mal funcionamiento del sistema de alimentación de agua.	Escape de agua en la tubería por grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	05
		Mal funcionamiento de la bomba de suministro de agua	Visual / Audible	Cero perdidas por falla en la bomba de agua	No caudal de agua o bajo caudal de agua	Notificar al supervisor de dicha falla	05
4	Escape de CO ₂	Escape de CO ₂ en la tubería grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	04

6.3 Lavadora de gases de CO₂

PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO PROPUESTO PARA LA LAVADORA DE GASES DE CO₂

SISTEMA	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO		PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
Circulación de agua	1	Verificar que el agua está llegando a la lavadora de gases desde de la torre de enfriamiento. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8	A	x	0.25	1	05
Lubricación	2	Reemplazar las latas de lubricación.	8640	F	Latas de lubricación	0.5	1	10
Tuberías de CO₂	3	Verificar las tuberías de CO ₂ desde el separador de espuma hasta la lavadora de gases. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8640	F	x	0.5	1	04
Controles lógicos programables	4	Verificar el tiempo de la secuencia de arranque. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8640	F	x	1	1	03
Limpieza	5	Limpieza de la parte interna de la lavadora de gases.	4320	E	x	1	1	07
Rodamiento	6	Mantenimiento del pedestal.	8640	F	x	2	1	09
	7	Reemplazar los sellos del eje.	8640	F	Sellos de ejes	1	1	09
	8	Cambio de correa tipo V.	2160	D	Correas tipo V	0.5	1	08

Tabla de fallos # 2 para la lavadora de gases de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO
1	Mal funcionamiento del sistema de alimentación de agua.	Escape de agua en la tubería por grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	05
		Mal funcionamiento de la bomba de suministro de agua	Visual / Audible	Cero perdidas por falla en la bomba de agua	No caudal de agua o bajo caudal de agua	Notificar al supervisor de dicha falla	05
3	Escape de CO ₂	Escape de CO ₂ en la tubería grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	04
4	Fallo en la programación	Error en la configuración de los controles	Segundos	Debe arrancar a los 10 segundos del inicio	Un arranque mayor o menor de los 10 segundos o no inicio	Notificar al supervisor de dicha falla	03

6.4 Compresor de CO₂

PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO PROPUESTO PARA EL COMPRESOR DE CO₂

SISTEMA	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO		PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
Válvulas	1	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas neumáticas. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	720	C	x	0.25	1	01
Lubricación	2	Reemplazar el aceite lubricante.	4320	E	Latas de lubricación	1.5	1	12
	3	Cambio del filtro de aceite.	4320	E	Filtro de aceite	0.5	1	12
Tuberías de CO₂	4	Verificar las tuberías de CO ₂ desde la lavadora de gases hasta el compresor. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8640	F	x	0.5	1	04
Controles lógicos programables	5	Verificar el tiempo de la secuencia de arranque. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	4320	E	x	1	1	03
Correas tipo V de acoplamiento	6	Ajustar las tensión de las correas tipo V.	720	C	x	1	1	13
	7	Reemplazar las correas tipo V.	4320	E	Correas tipo V	1.5	1	13
Mantenimiento Mayor	8	Mantenimiento Mecánico de las partes internas del compresor.	8640	F	x	x	x	x

Sensores	9	Verificar el buen funcionamiento de sensor de temperatura. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	720	C	x	0.25	1	02
	10	Verificar el buen funcionamiento de sensor de presión. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	720	C	x	0.25	1	02

Tabla de fallos # 1 para el compresor de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	REPUESTO	PROCEDIMIENTO
1	Fallo al cierre o apertura de la válvula.	Escape de aire	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar sellos	1	Sellos	01
		Mal funcionamiento interno de la válvula	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar válvula	1	Válvula neumática	01
9	Adquisición errónea de datos de temperatura por parte del sensor.	Deterioro de la resistencia	°C	Primera etapa 20-159°C Segunda etapa 19-160 °C	Primera etapa Por debajo de 20°C Sobre 161°C Segunda etapa Por debajo de 19 °C Sobre 162 °C	Cambiar sensor	0.5	Sensor de temperatura	02
10	Adquisición errónea de datos de presión por parte del sensor.	Deterioro de los componentes mecánicos internos del sensor	Bar	Primera etapa 3-4 bar Segunda etapa 5-18 bar	Primera etapa Por debajo de 3 bar Sobre 4 bar Segunda etapa Por debajo de 5 bar Sobre 18 bar	Cambiar el sensor	0.5	Sensor de presión	02

Tabla de fallos # 2 para el compresor de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO
4	Escape de CO ₂	Escape de CO ₂ en la tubería grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	04
5	Fallo en la programación	Error en la configuración de los controles	Segundos	Debe arrancar a los 60 segundos del inicio	Un arranque mayor o menor de los 60 segundos o no inicio	Notificar al supervisor de dicha falla	03

6.5 Filtro de carbón activo y Secadores

PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO PROPUESTO PARA EL FILTRO DE CARBÓN ACTIVO Y SECADORES DE CO₂

SISTEMA	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO		PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
Válvulas	1	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas neumáticas. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	4320	E	x	0.5	1	01
	2	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas de seguridad. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	4320	E	x	0.5	1	01
Tuberías de CO₂	3	Verificar las tuberías de CO ₂ desde el compresor hasta el filtro de carbón activo y secadores. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8640	F	x	0.5	1	04
Controles lógicos programables	4	Verificar todas las configuraciones y ajustes de los instrumentos. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	4320	E	x	1	1	03
Sensores	5	Verificar el buen funcionamiento de sensor de temperatura. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	8	A	x	0.25	1	02
	6	Verificar el buen funcionamiento de sensor de presión. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	8	A	x	0.25	1	02

Filtrado de CO₂	7	Reemplazar el post-filtro de CO ₂ .	4320	E	Filtro de CO ₂	0.5	1	14
Mantenimiento Mayor	8	Cambiar el relleno de carbón activo y desecante.	17280	H	x	x	x	x

Tabla de fallos # 1 para el filtro de carbón activo y secadores de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	REPUESTO	PROCEDIMIENTO
1	Fallo al cierre o apertura de la válvula.	Escape de aire	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar sellos	1	Sellos	01
		Mal funcionamiento interno de la válvula	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar válvula	1	Válvula neumática	01
2	Fallo al disparo por presión.	Mal funcionamiento de resorte de disparo.	Bar	Disparo a 30 bar	Si dispara o menos de 29 bar Si no dispara a mayor de 31 bar	Cambiar válvula	0.5	Válvula de seguridad	01
5	Adquisición errónea de datos de temperatura por parte del sensor.	Deterioro de la resistencia	°C	10 °C	Por debajo de 9°C Sobre 11°C	Cambiar sensor	0.5	Sensor de temperatura	02
6	Adquisición errónea de datos de presión por parte del sensor.	Deterioro de los componentes mecánicos internos del sensor	Bar	Entre 16-20 bar	Por debajo de 15 bar Sobre 21 bar	Cambiar sensor	0.5	Sensor de presión	02



Tabla de fallos # 2 para el filtro de carbón activo y secante de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO
3	Escape de CO ₂	Escape de CO ₂ en la tubería grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	04
4	Fallo en la programación	Error en la configuración de los controles	Segundos	Debe arrancar a los 70 segundos del inicio	Un arranque mayor o menor de los 70 segundos o no inicio	Notificar al supervisor de dicha falla	03

6.6 Sistema de enfriamiento de CO₂

PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO PROPUESTO PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL CO₂

SISTEMA	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO		PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
Tuberías de CO ₂	1	Verificar las tuberías de CO ₂ desde el filtro de carbón activo hasta el sistema de enfriamiento de CO ₂ . En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8640	F	x	0.5	1	04
	2	Verificar las válvulas neumáticas. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	720	C	x	0.5	1	01
Válvulas	3	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas de seguridad. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	4320	E	x	0.5	1	01
	4	Realizar una inspección visual en las tuberías y aislantes. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8	A	x	0.25	1	15
Refrigeración	5	Verificar el contenido de humedad de R507 en el visor. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8	A	x	0.25	1	16
	6	Cambiar el líquido refrigerante.	12960	G	R507	16	1	17

Lubricación	7	Cambio de aceite.	4320	E	Lata de aceite	1.25	1	19
	8	Verificar el contenido de humedad del aceite en el visor de aceite. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8	A	x	0.25	1	18
	9	Reemplazar el filtro de succión de aceite del compresor.	4320	E	Filtro de succión	1.5	1	19
	10	Reemplazar el filtro de aceite del tanque de aceite.	4320	E	Filtro de aceite	1.5	1	19
Controles lógicos programables	11	Verificar todas las configuraciones de los instrumentos. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	4320	E	x	1	1	03

Tabla de fallos # 1 para el sistema de enfriamiento de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	REPUESTO	PROCEDIMIENTO
2	Fallo al cierre o apertura de la válvula.	Escape de aire	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar sellos	1	Sellos	01
		Mal funcionamiento interno de la válvula	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar válvula	1	Válvula neumática	01
3	Fallo al disparo por presión.	Mal funcionamiento de resorte de disparo.	Bar	Disparo a 30 bar	Si dispara o menos de 29 bar Si no dispara a mayor de 31 bar	Cambiar válvula	0.5	Válvula de seguridad	01

Tabla de fallos # 2 para el sistema de enfriamiento del CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO
1	Escape de CO ₂	Escape de CO ₂ en la tubería grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	04
4	Escape de refrigerante	Escape de refrigerante a través de grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	15
5	Humedad elevada	Grieta en el área de baja presión	Visual / Audible	Visor de color verde	Visor de color amarillo o rojo	Notificar al supervisor de dicha falla	16
8	Humedad elevada	Filtración de refrigerante	Visual / Audible	Visor de color verde	Visor de color amarillo o rojo	Notificar al supervisor de dicha falla	18
11	Fallo en la programación	Error en la configuración de los controles	Segundos	Debe arrancar a los 80 segundos del inicio	Un arranque mayor o menor de los 80 segundos o no inicio	Notificar al supervisor de dicha falla	03

6.7 Unidad purificadora de CO₂

PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO PROPUESTO PARA LA UNIDAD PURIFICADORA DE CO₂

SISTEMA	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO	PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
Tuberías de CO₂	1 Verificar las tuberías de CO ₂ desde el sistema de enfriamiento hasta la unidad purificadora de CO ₂ . En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8640	F	x	0.5	1	04
Válvulas	2 Verificar todas las válvulas neumáticas. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	4320	E	x	0.25	1	01
	3 Verificar el buen funcionamiento de las válvulas de seguridad. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	4320	E	x	0.5	1	01
Almacenamiento	4 Verificar el aislamiento de los tanques y tuberías. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8	A	x	0.25	1	20
Sensores	5 Verificar los sensores de temperatura. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	8	A	x	0.25	1	02
	6 Verificar los sensores de presión. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	8	A	x	0.25	1	02
Bombas	7 Verificar el funcionamiento de las bombas. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	24	B	x	0.5	1	21
Controles lógicos programables	8 Verificar todas las configuraciones y ajustes de los instrumentos. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	4320	E	x	1	1	03

Tabla de fallos # 1 para la unidad purificadora de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	REPUESTO	PROCEDIMIENTO
2	Fallo al cierre o apertura de la válvula.	Escape de aire	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar sellos	1	Sellos	01
		Mal funcionamiento interno de la válvula	Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial	Cambiar válvula	1	Válvula neumática	01
3	Fallo al disparo por presión.	Mal funcionamiento de resorte de disparo.	Bar	Disparo a 30 bar	Si dispara o menos de 29 bar Si no dispara a mayor de 31 bar	Cambiar válvula	0.5	Válvula de seguridad	01
5	Adquisición errónea de datos de temperatura por parte del sensor.	Deterioro de la resistencia	°C	Desde -20-20 °C	Por debajo de -19°C Sobre 21°C	Cambiar sensor	0.5	Sensor de temperatura	02
6	Adquisición errónea de datos de presión por parte del sensor.	Deterioro de los componentes mecánicos internos del sensor	Bar	Entre 15-20 bar	Por debajo de 14 bar Sobre 21 bar	Cambiar el sensor	0.5	Sensor de presión	02

Tabla de fallos # 2 para la unidad purificadora de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO
1	Escape de CO ₂	Escape de CO ₂ en la tubería grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	04
4	Escape de CO ₂	Escape de CO ₂ en la tubería o tanques por grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	20
7	Presión de bombeo mínima	Mal funcionamiento interno de la bomba	Bar	18	Menor de 17 bar	Notificar al supervisor de dicha falla	21
8	Fallo en la programación	Error en la configuración de los controles	Segundos	Debe arrancar a los 90 segundos del inicio	Un arranque mayor o menor de los 90 segundos o no inicio	Notificar al supervisor de dicha falla	03

6.8 Tanques de almacenamiento de CO₂ líquido

PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMATICOS PROPUESTO PARA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CO₂

SISTEMA	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMATICO		PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
Válvulas	1	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas manuales de entrada o salida de CO ₂ . En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	720	C	x	0.5	1	01
	2	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas de seguridad. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	4320	E	x	0.5	1	01
Tuberías de CO ₂	3	Verificar las tuberías de CO ₂ desde la unidad purificadora hasta los tanques de almacenamiento de CO ₂ . En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8640	F	x	0.5	1	04
Almacenamiento	4	Verificar visual mente la integridad de los tanques en busca de filtraciones. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	720	C	x	0.5	1	22

Sensores	5	Verificar los sensores de presión. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	720	C	x	0.5	1	02
	6	Verificar el buen funcionamiento del dispositivo de medida del nivel y presión de los tanques. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8	A	x	0.5	1	02

Tabla de fallos # 1 para los tanques de almacenamiento de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	REPUESTO	PROCEDIMIENTO
1	Fallo al cierre o apertura de la válvula.	Escape de CO ₂ por fallas en los sellos	Visual / Audible	Cierre o apertura completamente eficaz	Si el cierre o apertura no es eficaz	Cambiar sellos	1	Sellos	01
		Mal funcionamiento interno de la válvula	Visual / Audible	Cierre o apertura completamente eficaz	Si el cierre o apertura no es eficaz	Cambiar válvula	1	Válvula neumática	01
2	Fallo al disparo por presión.	Mal funcionamiento de resorte de disparo.	Bar	Disparo a 30 bar	Si dispara o menos de 29 bar Si no dispara a mayor de 31 bar	Cambiar válvula	0.5	Válvula de seguridad	01
5	Adquisición errónea de datos de presión por parte del sensor.	Deterioro de los componentes mecánicos internos del sensor	Bar	Entre 15-20 bar	Por debajo de 14 bar Sobre 21 bar	Cambiar el sensor	0.5	Sensor de presión	02

Tabla de fallos # 2 para los tanques de almacenamiento de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO
3	Escape de CO ₂	Escape de CO ₂ en la tubería grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	04
4	Escape de CO ₂	Escape de CO ₂ en los tanques por grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	22
6	Lectura errónea	Mal funcionamiento interno del sensor	Bar / %	18 bar / 90 %	Mayor de 19 bar / mayor del 95 %	Notificar al supervisor de dicha falla	02

6.9 Área de despacho de CO₂ líquido

PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMATICOS PROPUESTO PARA EL AREA DE DESPACHO DE CO₂

SISTEMA	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMATICO		PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
Válvulas	1	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas manuales. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	720	C	x	0.5	1	01
	2	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas de seguridad. En caso de falla ver la tabla de fallos # 1.	4320	E	x	0.5	1	01
Mangueras para despacho	3	Reemplazar las mangueras de despacho de CO ₂ .	8640	F	Mangueras para despacho	1	1	23
Tuberías de CO₂	4	Verificar las tuberías de suministro de CO ₂ desde los tanques de almacenamiento hasta el área de despacho de CO ₂ . En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	8640	F	x	0.5	1	04
Bomba de CO₂	5	Verificar que la bomba de despacho esté funcionando en óptimas condiciones. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	24	B	x	0.5	1	24

Tabla de fallos # 1 para el área de despacho de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	REPUESTO	PROCEDIMIENTO
1	Fallo al cierre o apertura de la válvula.	Escape de CO ₂ por fallas en los sellos	Visual / Audible	Cierre o apertura completamente eficaz	Si el cierre o apertura no es eficaz	Cambiar sellos	1	Sellos	01
		Mal funcionamiento interno de la válvula	Visual / Audible	Cierre o apertura completamente eficaz	Si el cierre o apertura no es eficaz	Cambiar válvula	1	Válvula neumática	01
2	Fallo al disparo por presión.	Mal funcionamiento de resorte de disparo.	Bar	Disparo a 30 bar	Si dispara o menos de 29 bar Si no dispara a mayor de 31 bar	Cambiar válvula	0.5	Válvula de seguridad	01

Tabla de fallos # 2 para el área de despacho de CO₂

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO
4	Escape de CO ₂	Escape de CO ₂ en la tubería grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	04
5	Presión de bombeo mínima	Mal funcionamiento interno de la bomba	Bar	18	Menor de 17 bar	Notificar al supervisor de dicha falla	24

6.10 Torre de enfriamiento

PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO PROPUESTO PARA LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE H₂O

SISTEMA	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO		PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
Mantenimiento Mayor	1	Tratamiento químico del agua de la torre de enfriamiento.	2160	D	x	x	x	x
Ventilador	2	Verificar visual mente el funcionamiento del ventilador en busca de desperfectos o ruidos. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	720	C	x	0.5	1	27
Tuberías de agua	3	Verificar la integridad de las diferentes tuberías de alimentación y suministro de agua. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	720	C	x	0.5	1	05
Controles lógicos programables	4	Verificar la secuencia de arranque de los diferentes dispositivos, así como los parámetros de funcionamiento de los mismos. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	24	B	x	0.5	1	03
Bomba de agua	5	Verificar visual mente el funcionamiento de la bomba en busca de desperfectos o ruidos. En caso de falla ver la tabla de fallos # 2.	720	C	x	0.5	1	26
Limpieza	6	Realizar una limpieza interna de la torre de enfriamiento para la eliminación de sedimentaciones y partículas no deseadas.	2160	D	x	2	2	25

Tabla de fallos # 2 para la torre de enfriamiento de H₂O

NUMERO DE OPERACIÓN	FALLO	POSIBLES CAUSAS	UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE	OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO
2	Temperatura elevada del agua a la salida	Desgaste en los rodamientos del motor	Visual / Audible	No ruidos / vibración mínima	Ruidos altos / vibración elevadas	Notificar al supervisor de dicha falla	27
3	Mal funcionamiento del sistema de alimentación de agua.	Escape de agua en la tubería por grietas	Visual / Audible	Cero perdidas por fisuras y cero gritas	Perdidas por fisuras o existencia de grietas	Notificar al supervisor de dicha falla	05
4	Fallo en la programación	Error en la configuración de los controles	Segundos	Debe arrancar a los 5 segundos del inicio	Un arranque mayor o menor de los 5 segundos o no inicio	Notificar al supervisor de dicha falla	03
5	Mal funcionamiento interno de la bomba	Desgaste en los rodamientos	Visual / Audible	No ruidos / vibración mínima	Ruidos altos / vibración elevadas	Notificar al supervisor de dicha falla	26

7. SEGUNDA MEJORA PROPUESTAS PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO.

En el capítulo 6 se muestra una propuesta de mejora en el plan de mantenimiento, la cual se basa en la forma de presentación del mismo hacia los operadores y las informaciones que debe contener el plan, tales como operaciones inexistentes que se realizan, las cuales no se encuentran redactadas en los planes de mantenimiento.

Esta segunda propuesta de mejora, está basada en aumentar las horas de funcionamiento de la planta de CO₂. Para esto se utilizó la pregunta y respuesta número 5 de la encuesta presentada en el capítulo 6.

❖ ¿Cuál consideras que es la máquina causante de más horas de paradas en la planta?

La respuesta obtenida por los 5 operarios de la planta fue esta:

❖ El compresor de CO₂

Este dato sirvió para tener una orientación de dónde podría estar la mayor cantidad de horas de parada de la planta, pero para corroborar dicho dato con números se realizó un estudio, no solo del compresor de CO₂ sino de todas las máquinas de la planta, para conocer cuantas horas de parada tuvo cada máquina en los años 2010-2011- 2012 y las partes de la maquinas causantes de la parada.

Nota # 1: en las operaciones sistemáticas que implican detener la planta no es posible saber el tiempo real tardado por el operario en efectuar la operación, por tal razón solo se utilizaron los datos de paradas por correctivo, ya que son los únicos datos que se pueden comprobar las horas de paradas a través de la planilla de seguridad.

Nota # 2: se inicia a partir del 2010 porque es el año de puesta en marcha de la planta.

A continuación se muestra la **Tabla # 1**, esta contiene el total de horas de parada por mantenimiento correctivo efectuado en todas las máquinas de la planta en los años 2010, 2011 y 2012.

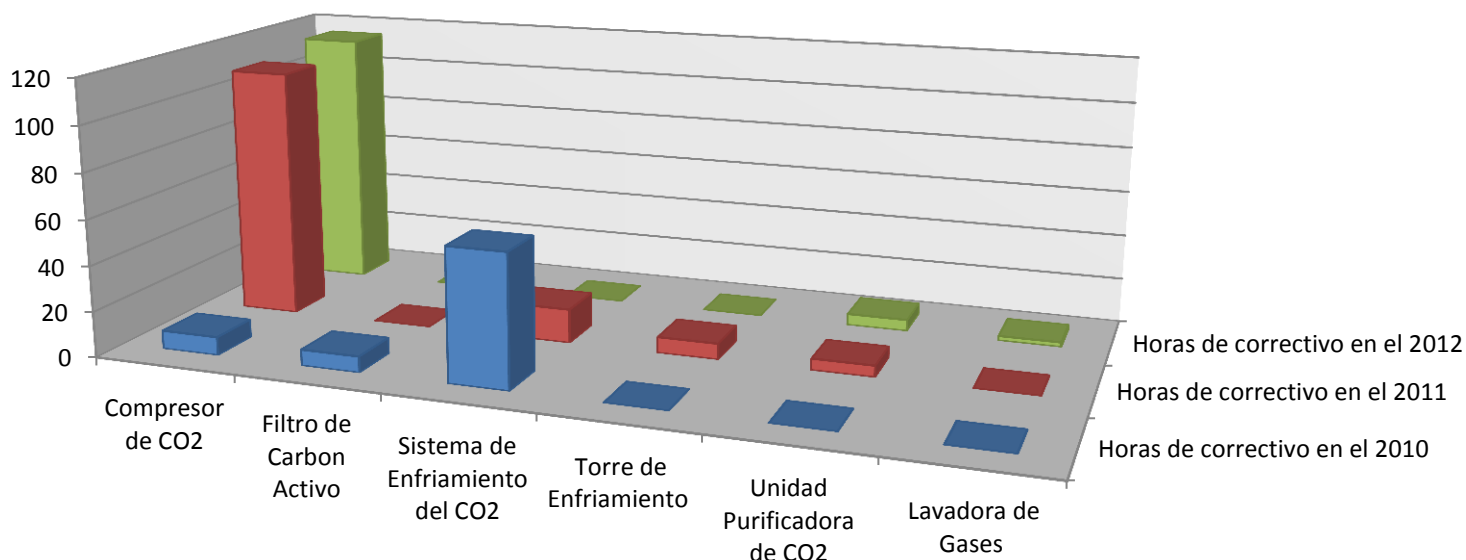
Total de horas de Correctivo en el 2010	Total de horas de Correctivo en el 2011	Total de horas de Correctivo en el 2012
73	137	122
Tabla # 1		

Para conocer en cuál de las máquinas se encuentran la mayor cantidad de horas de parada en los años antes mencionados, se muestra la **Tabla # 2**, en la misma se desglosa entre las diferentes máquinas de la planta el total de horas de correctivo mostrados en la **Tabla # 1**.

	Horas de correctivo en el 2010	Horas de correctivo en el 2011	Horas de correctivo en el 2012
Compresor de CO₂	8	110	115
Filtro de Carbón Activo	7	0	0
Sistema de Enfriamiento del CO ₂	58	15	0
Torre de Enfriamiento	0	7	0
Unidad Purificadora de CO ₂	0	5	5
Lavadora de Gases	0	0	2

Tabla # 2

Como se puede observar en la **Tabla # 2** la máquina que posee la mayor cantidad de horas de parada por correctivo es el compresor de CO₂. Para tener una mejor percepción de los datos de la **Tabla # 2**, se ha graficado los mismos en la **Grafica # 1**, donde se hace más evidente lo antes dicho del compresor de CO₂.



Grafica # 1

Nota: las horas de correctivo del sistema de enfriamiento del CO₂ en el año 2010 serán obviadas, ya que fue a causa de la ejecución errónea de una operación sistemática realizada por un operador, la cual produjo un fallo a largo plazo.

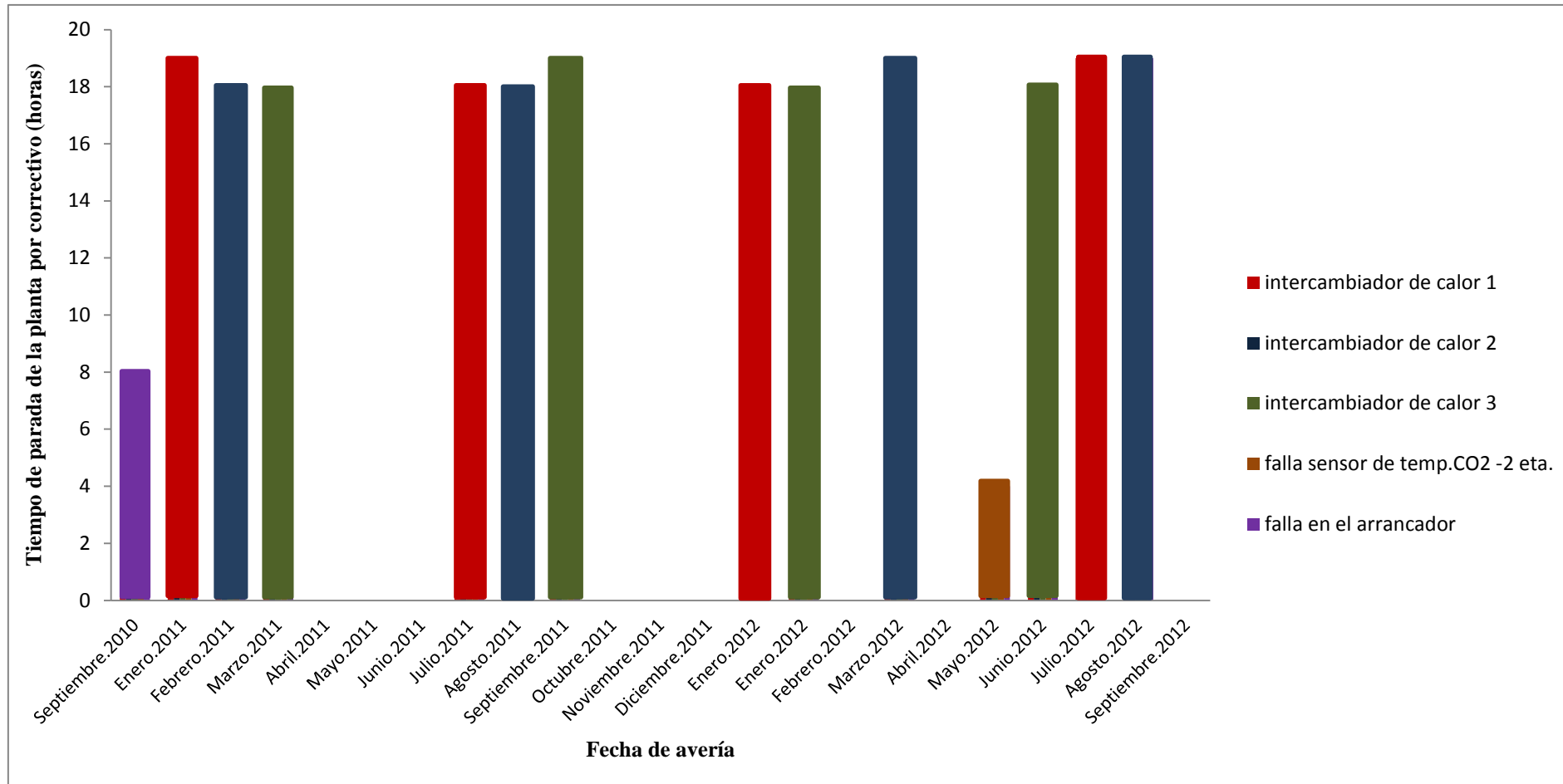
Se ha corroborado la respuesta dada en la pregunta 5 de la encuesta mostrada en el capítulo 6, el compresor de CO₂ es la máquina con más horas de parada por correctivo y por ende la máquina que más parada produce en la planta.

Pero también se debe conocer en qué partes del compresor de CO₂ surgieron estas paradas por correctivo, para ello se ha desglosado las horas de correctivo en los diferentes años, entre las diferentes partes del compresor de CO₂ en la **Tabla # 3**.

Parte del compresor donde se realizó el mantenimiento correctivo	Tiempo de parada de la planta por el mantenimiento correctivo (horas)	Fecha de avería
falla en el arrancador	8	09/09/2010
intercambiador de calor 1	19	22/01/2011
intercambiador de calor 2	18	26/02/2011
intercambiador de calor 3	18	11/03/2011
intercambiador de calor 1	18	02/07/2011
intercambiador de calor 2	18	20/08/2011
intercambiador de calor 3	19	28/09/2011
intercambiador de calor 1	18	12/01/2012
intercambiador de calor 3	18	30/01/2012
intercambiador de calor 2	19	20/03/2012
falla sensor de temp.CO ₂ -2 etapa	4	05/05/2012
intercambiador de calor 3	18	30/06/2012
intercambiador de calor 1	19	28/07/2012
intercambiador de calor 2	19	29/08/2012

Tabla # 3

Para tener una mejor interpretación de la **Tabla # 3** y poder observar los intervalos de tiempos entre fallos correctivos ver la **Gráfica # 2**, la misma contiene los datos encontrados en la tabla antes mencionada.



Grafica # 2

Como se muestra en la **Tabla # 3** el total de las paradas por correctivo que ocurren año tras año en el compresor es causado por los intercambiadores de calor 1,2 y 3. Para saber cuántas horas de correctivo posee por separado cada intercambiador se ha creado la **Tabla # 4**.

	Total horas 2010	Total horas 2011	Total horas 2012
intercambiador de calor 1	0	37	37
intercambiador de calor 2	0	36	38
intercambiador de calor 3	0	37	36
falla en el arrancador	8	0	0
falla sensor de temp.CO ₂ -2 eta	0	0	4
Total	8	110	115

Tabla # 4

Utilizando los datos mostrados en las **Tablas # 3 y 4**, se llegó a la conclusión de que las intervenciones por correctivo en el compresor de CO₂, específicamente en sus intercambiadores de calor, generan una gran cantidad de horas de no funcionamiento en la planta.

Las horas que se deben emplear en los correctivos de los intercambiadores, no supone ser de gran cantidad, así como no supone un alto grado de complejidad, la razón real es por ser paradas no planificadas y no contar con las herramientas necesarias para realizar la operación en dicho momento, por tanto el tiempo de ejecución es mayor.

La propuesta de mejora para la disminución de las horas de parada de la planta, es la creación de una operación de mantenimiento sistemático para los 3 intercambiadores de calor, la misma será añadida a las demás operaciones que ya posee el plan del compresor.

SISTEMA	OPERACIONE DE MANTENIMIENTO SISTEMATICO	PERIODO (HORAS)	GAMA	REPUESTO A UTILIZAR	TIEMPO A UTILIZAR (HORAS)	OPERARIOS A UTILIZAR	PROCEDIMIENTO
Mantenimiento a los intercambiadores de calor 1,2 y 3	Realizar la limpieza de los intercambiadores de calor, para eliminar las incrustaciones causadas por el alto contenido de dureza en el agua de alimentación.	4320	E	x	32	1	11

A raíz de que los intervalos de fallos que existen en los intercambiadores es constante en el tiempo, como se puede observar en la **Tabla #3** en las fechas de averías, se ha promediado una operación de mantenimiento sistemático con una **Gama "E"**, la cual

se les realizará a todos los intercambiadores de calor a la vez, el tiempo que utilizara el operador para completar la operación en los intercambiadores es de **32 horas**.

Con esta propuesta de mejora el número de horas de paradas se reducirá considerablemente, así como el número de intervenciones no programadas en los intercambiadores de calor del compresor de CO₂, por ende las horas de producción de la planta aumentan, como se muestra en la **Tabla # 5** a continuación.

Total de horas utilizadas en correctivos al año en los intercambiadores.	Total de horas utilizadas en correctivos al año en los intercambiadores con la mejora propuesta.	Horas de producción ganadas con la mejora propuesta
113	64	49
Número de intervenciones al año en los intercambiadores.	Número de intervenciones al año en los intercambiadores con la mejora propuesta.	Total de intervenciones eliminadas al año en los intercambiadores
6	2	4

Tabla # 5

8. CONCLUSIONES.

A través de esta propuesta de mejora para el plan de mantenimiento a la empresa Praxair Dominicana se ha logrado cumplir con los objetivos planteados en el capítulo 2.2, así como las expectativas deseadas por lo operarios, las cuales se observaron en la encuesta realizada.

El primer objetivo alcanzado fue la modificación del plan de mantenimiento, hasta el punto que todo empleado sea nuevo o antiguo en la planta pueda encontrar la información de forma rápida, comprender dicha información y realizar las operaciones de mantenimiento con facilidad, este objetivo se logró con la creación de las tablas de mantenimiento, las cuales explican cada detalle referentes a las operación de mantenimiento realizadas en la planta.

El segundo objetivo alcanzado fue el aumento de la disponibilidad de la planta, este se obtuvo a través de un estudio referente a las distintas horas de paradas por correctivo de las máquinas, donde con la inclusión de una operación de mantenimiento sistemático a las ya existentes en el compresor de CO₂ la planta aumento 49 horas de disponibilidad.

DESARROLLOS FUTUROS.

Como desarrollos a futuro se ha incluido 3 ítems, los cuales se consideran los más importantes.

- 1- La implementación de esta respuesta de mejora al plan de mantenimiento.
- 2- La implementación de un sistema informático para la gestión del mantenimiento, ya que se considera que la gestión del mismo en forma de papel y lápiz disminuye el rendimiento. También a través de un sistema informático es posible realizar estudios de disponibilidad y causas de fallos de las máquinas en los históricos que se almacenaran en dicho programa informático, así como la búsqueda rápida de información.
- 3- La capacitación del personal que realiza las operaciones de mantenimiento en las distintas máquinas de la planta, para la lectura, interpretación y adquisición de datos a través de planillas elaboradas para una implementación de un mantenimiento predictivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Documentos digitales

- Planta General de recuperación de CO2
- Aftercooler O&M Manual-Bulletin 710D-Spanish
- MS_KS00_Planta general de recuperación de CO2I_2009.0
- MS_KS01_Separador de espumar_2009.0
- MS_KS05_Lavadora de aerosoles_2009.0
- MS_KS06_Compresor de CO2_2009.0
- MS_KS07_Secadora de filtro de carbón activado_2009.0
- MS_KS08_Unidad de refrigeración R507A_2009.0
- MS_KS26_Purificación de CO2_2009.0
- TIGHT_COMPRESOR_SECO

Link páginas web

- <http://www.praxair.com/>
- <http://www.haffmans.nl/EngineeredSearchResults.aspx#ProductType=Carbon+Dioxide+Systems&isAccessory=false>
- <http://html.rincondelvago.com/el-mantenimiento.html>
- http://es.overblog.com/Mantenimiento_correctivo_Tipos_de_mantenimiento_y_definicion-1228321779-art297840.html
- http://www.solomantenimiento.com/m_preventivo.htm
- <http://rpadams.com/public/userfiles/file/Aftercooler%20O&M%20Manual-Bulletin%20710D-Spanish.pdf>
- <http://foromantenimientoindustrial.blogspot.com.es/2011/07/tratamientos-quimicos-para-torres-de.html>
- <http://www.astraquimica.com/torres.htm>

ANEXOS

Anexo # 1 los procedimientos de las diferentes operaciones.

Procedimientos de operaciones de mantenimiento

Procedimiento 01

Verificación de válvulas:

1. Ir a la consola de operaciones ubicada en parte interna de planta.
2. Ubicar en el programa las válvulas a verificar.
3. Identificar las válvulas a verificar y en el equipo donde están ubicadas las mismas procedemos a abrir y cerrar cada una de las válvulas, una a la vez, confirmando así que las mismas realizan la acción de apertura y cierre cuando se le indique.
4. Luego procederemos a verificar si las misma muestra alguna clase de fuga, para esto procederemos a poner en posición abierta las válvulas, con el fin de que el fluido circule a través de ellas y viceversa para que la misma bloque el fluido.
5. Acercándonos a cada una de las válvulas a verificar con una inspección visual y de sonido constatar que en la misma no existe ninguna clase de fuga.
6. Verificar que están en los límites aceptables los cuales son:

UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE
Visual / Audible	Cierre o apertura al instante	Si el cierre o apertura no es instantáneo o parcial

7. Luego de realizada la inspección procederemos a colocar las válvulas en la posición original en la que fue encontrada por el operador.
8. Buscar en almacén la válvula de repuesto y las herramientas a utilizar para el reemplazo
9. Despresurizar la línea en la cual se va a trabajar
10. Eliminar todo fluido que pueda existir en dicha línea, a través de la purga
11. Asilar la línea de trabaja asegurando que no podrá llegar ninguna clase de fluido
12. Desconectar de ser necesario la maquinaria, donde está ubicada la válvula
13. Luego de finalizado el reemplazo, proceder a colocar todo a su posición original, así como energizar la maquinaria de ser necesario.
14. Asegurarse de que la instalación se realizó con efectividad
15. Llenar la planilla de datos a entregar al supervisor.

Nota # 1: Los pasos del 8 al 14 son utilizados cuando los límites encontrados no son aceptables y debe ser reparada.

Nota # 2: Con esta operación también se puedes constatar que las señales de la misma están funcionando correctamente, utilizando los pasos del 1-3.

Procedimiento 02

Verificación de los Sensores

1. Ir a la consola de operaciones ubicada en parte interna de planta.
2. Ubicar en el programa el sensor de presión a verificar.
3. Luego de saber los sensores correspondientes a verificar y en el equipo donde están ubicadas las mismas procedemos a verificar si la lectura que nos muestra en la pantalla es la correcta según los parámetros de funcionamiento en los cuales debe estar la sección donde está ubicado el sensor, estas características las podemos ver en las especificaciones técnicas de la maquinaria.
4. Si el sensor no es digital, dígame mecánico, se procederá a realizar la inspección de forma visual sobre el mismo y a su vez comparar la lectura con las condiciones técnicas de funcionamiento.

UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE
°C	Primera etapa 20-159°C Segunda etapa 19-160 °C	Primera etapa Por debajo de 20°C ,Sobre 161°C Segunda etapa Por debajo de 19 °C ,Sobre 162 °C
Bar	Primera etapa 3-4 bar Segunda etapa 5-18 bar	Primera etapa Por debajo de 3 bar, Sobre 4 bar Segunda etapa Por debajo de 5 bar, Sobre 18 bar

5. Realizada esta operación procederemos a verificar si las mismas muestran alguna clase de falla.
6. Buscar en almacén el sensor de repuesto y las herramientas a utilizar para el reemplazo
7. Despresurizar la línea o la maquinaria en la cual se va a trabajar
8. Eliminar todo fluido que pueda existir en dicha línea o maquinaria, a través de la purga
9. Asilar la línea de trabajo o la maquinaria asegurando que no podrá llegar ninguna clase de fluido.
10. Desconectar de ser necesario la maquinaria, donde está ubicada el sensor
11. Luego de finalizado el reemplazo, proceder a colocar todo a su posición original, así como energizar la maquinaria de ser necesario.
12. Asegurarse de que la instalación se realizó con efectividad
13. Llenar la planilla de datos a entregar al supervisor.

Nota # 1: Los pasos del 6 al 12 son utilizados cuando los límites encontrados no son aceptables y debe ser reparada.

Nota # 2: Los pasos del 7 al 13 son utilizados para realizar la limpieza del sensor de espuma.

Procedimiento 03

Procedimiento para la verificación del PLC

1. Revisar que la secuencia de arranque sea la estipulada por el fabricante. La cual debe ser el siguiente orden:
 - a) Arranque de la torre de enfriamiento
 - b) Abertura de salida de CO₂ del separador de espuma
 - c) El encendido de la lavadora de gases
 - d) El arranque simultaneo del compresor y el sistema de enfriamiento de CO₂
 - e) El arranque del sistema de los filtro de carbón activo y secador
 - f) El arranque del purificador de CO₂
 - g) La bomba de circulación de CO₂ liquido hasta los tanque de almacenamiento
2. Luego de verificar la secuencia de arranque se deberá de ir al panel de operación y observar que la secuencia de regeneración del carbón activo sea la correcta.
3. verificar que el filtro tenga de funcionamiento el tiempo que le falta al filtro para regenerarse.
4. Si existe algún fallo en algunas de la secuencia el operador deberá llenar la planilla de datos a entregar al supervisor, donde especifica que hay un error de secuencia, donde el supervisor contactaras a los contratitas pertinentes para su reparación.

Nota: si la planta está en funcionamiento en el momento que toca realizar la verificación, dicha verificación se retrasara hasta que la planta este fuera de funcionamiento y la misma se realizara a la hora de realizar el arranque de la misma.

Procedimiento 04

Procedimiento para la verificación de las tuberías de CO₂

- 1- Revisar visualmente y auditiva que las tuberías de estas secciones están sin fisuras o grietas por donde este escapando el CO₂, el siguiente orden:
 - a) tanques de fermentación
 - b) separador de espuma
 - c) la lavadora de gases
 - d) compresor
 - e) sistema de enfriamiento de CO₂
 - f) filtro de carbón activo y secador
 - g) purificador de CO₂
 - h) tanque de almacenamiento
 - i) área de despacho
- 2- Si existe algún tipo de grieta o fisura en las tuberías deberá llenar la planilla de datos a entregar al supervisor, donde especifica que hay un error de secuencia, donde el supervisor contactaras a los contratitas pertinentes para su reparación.

Procedimiento 05

Procedimiento para la verificación de las tuberías de agua

- 1- Revisar visualmente y auditiva que las tuberías de estas secciones están sin fisuras o grietas por donde este escapando el agua desde la torre de enfriamiento y que a las misma está llegando el líquido refrigerante, en el siguiente orden:
 - a. separador de espuma
 - b. la lavadora de gases
 - c. compresor
 - d. sistema de enfriamiento de CO₂

- 2- Si existe algún tipo de grieta o fisura en las tuberías deberá llenar la planilla de datos a entregar al supervisor, donde especifica que hay un error de secuencia, donde el supervisor contactaras a los contratistas pertinentes para su reparación.

Procedimiento 06

Procedimiento de limpieza del separador de espuma de CO₂

1. Asegúrese de que no pueda ingresar CO₂ al separador de espuma durante la limpieza.
2. Cambie manualmente el colector de espuma al drenaje cerrado, cerrando la válvula de suministro de aire. Asegúrese de que la válvula de suministro de aire no se abra accidentalmente.
3. Ventile el separador de espuma con aire y controle la atmósfera interior
4. El separador de espuma ya puede limpiarse manualmente a través del agujero o boca de inspección.
5. Enjuague el separador de espuma con abundante agua limpia
 1. Cierre el agujero o boca de inspección
 2. Vuelva a montar la conexión del tubo de desbordamiento
 3. Limpie las sondas (procedimiento 02)
 4. Abra el suministro de aire hacia las válvulas.
 5. Verifique todos los instrumentos.
 6. Llene el tanque con agua hasta que el agua salga del tubo de desbordamiento.
 7. Verifique si hay suficiente agua, aire y suministro de energía eléctrica.
 8. Abra la válvula de entrada de CO₂
 9. El separador de espuma/colector de espuma está listo para la operación.

Procedimiento 07

Procedimiento de limpieza para la lavadora de gases de CO₂

1. Verifique si hay suficiente ventilación.
2. Apague la instalación desde el cuadro de distribución y bloquee el interruptor.
3. Detenga el suministro de CO₂ hacia la lavadora de aerosoles
4. Cierre las válvulas de entrada y salida al aerosol y trábelas con una llave
5. Cierre la válvula de entrada de la tubería de agua y trábela con una llave.
6. Abra la válvula de desgasificación de la lavadora de aerosoles/lavadora de gases.
7. Purgue la lavadora de aerosoles usando la válvula de purga en la parte inferior.
6. Desde el panel del operador, en el modo manual, abra la válvula de solenoide en la tubería de agua.
7. Espere hasta que salga el agua por la tubería de salida.
8. Encienda la bomba de circulación de agua y el motor.
9. Permita que circule el agua de grado alimenticio por la lavadora durante no menos de 10 minutos.
10. Desde el panel del operador, en el modo manual, cierre la válvula de solenoide en la tubería de agua y detenga la bomba y el motor
11. Drene la Lavadora de Aerosoles con la válvula de drenaje ubicada en la parte inferior del equipo y luego cierre.
12. Cierre la válvula de desgasificación de la lavadora de aerosoles.
13. Regule el caudal de agua correcto y verifique que salga agua por el tubo de desagüe
14. Abra las válvulas de entrada y salida de CO₂
15. Verifique que todas las válvulas estén en la posición de funcionamiento normal.
16. La lavadora de aerosoles ya está lista para usar.

Procedimiento 08

Procedimiento reemplazo correa en V para la lavadora de gases de CO₂

1. Quite los pernos de la tapa inferior y superior del alojamiento.
2. Libere el motor aflojando las varilla roscadas y desenroscando los pernos, el motor se moverá hacia el alojamiento de la lavadora, (es decir, acortará la distancia hasta el eje) para reducir la tensión de la correa.
3. Quite las correas en V.
4. Examine los discos de la correa en V: No deben tener rebabas, óxido ni contaminación.
5. La suciedad en los discos provocará el desgaste prematuro de las correas en V.
6. Coloque las nuevas correas en V en su lugar. El reemplazo debe realizarse en forma manual sin ejercer fuerza. Mover a la fuerza las correas sobre el borde de los discos o usar herramientas filosas o puntiagudas puede causar daños a las correas.
7. Tense las correas en V mediante la alineación del motor. Puede hacerlo realizando un ajuste lento utilizando las varillas roscadas.
8. Atornille el bloque del motor en la posición correcta (Ajuste los pernos).
9. Reemplace la defensa de correa.
10. Reemplace la tapa inferior y la tapa superior usando los pernos.

Procedimiento 09

Procedimiento mantenimiento del pedestal y reemplazo de sellos para la lavadora de gases de CO₂

1. Quite los pernos de la tapa inferior y superior del alojamiento.
2. Libere el motor aflojando las varilla roscadas y desenroscando los pernos, el motor se moverá hacia el alojamiento de la lavadora, (es decir, acortará la distancia hasta el eje) para reducir la tensión de la correa.
3. Quite las correas en V.
4. Extraiga el motor, incluso la placa del motor y el disco de la correa en V.
5. Desconecte los tubos de lubricación.
6. Quite las tuercas de la placa de apoyo.
7. Ahora, puede extraer el rotor completo con el eje conductor, rodamiento superior, disco de correa en V, etc. fuera del alojamiento de la Lavadora de Aerosoles.
8. Quite el disco de la correa en V.
9. Quite el disco de la tapa superior junto con el sello de junta tórica.
10. Quite la tuerca de apriete y retire el rotor del eje con una herramienta de extracción.
11. Quite las tuercas de la tapa inferior y levante con sumo cuidado la junta de labios.
12. Quite el anillo de seguridad.
13. Extraiga cuidadosamente el eje conductor con el cojinete inferior.
14. Quite el cojinete superior.
15. Realice los cambios necesarios de las piezas que estén en mal estado
16. Reemplace los sellos de eje por mantenimiento sistemático
17. Realice los pasos 1-14 para la puesta en marcha del pedestal

Procedimiento 10

Procedimiento verificación de lubricante y cambio de lubricante para la lavadora de gases de CO₂

1. Desconecte la alimentación eléctrica la lavadora de gases de CO₂
2. Colóquese en la parte baja del motor de impulsión
3. Retire las latas de lubricantes
4. Verifique que alas misma no le falta lubricante, de ser así coloque una nueva.
5. Conecte la alimentación eléctrica de la lavadora de gases de CO₂

Procedimiento 11

Procedimiento para la limpieza de los intercambiadores de calor del compresor

1. Cierre el compresor en el panel de operaciones
2. Cierre la válvula en la salida del compresor de CO₂ y fije la válvula usando un tope.
3. Asegúrese de que haya un consumidor en funcionamiento
4. Cierre las válvulas de entrada y salida de H₂O al compresor
5. Asegurarse que no hay presión, ni presencia de H₂O en los intercambiadores.
6. Al cerrar la válvula a la salida del compresor de CO₂, el compresor quedará sin presión.
7. Retire los fusibles y bloquee el interruptor principal del panel del compresor de CO₂ para evitar un arranque indeseado del compresor de CO₂.
8. Busque un recipiente de 1000 litros para realizar la mezcla de H₂O, el ácido fosfático, las herramientas mecánicas, la bomba centrífuga y las mangueras a utilizar.
9. Colocarse los equipos de protección antes de iniciar el procedimiento de mezcla
10. Diluir 3 litros del ácido fosfático a 30% en 300 litros de H₂O.
11. Realizar las conexiones de las mangueras a la entrada y salida del H₂O de los intercambiadores
12. Dejar la recirculación de la mezcla en cada intercambiador por 3 horas
13. Utilizar una mezcla nueva para cada intercambiador.
14. Verifique si todas las partes están montadas y si es seguro dar arranque al equipo nuevamente.
15. Quite el tope del interruptor principal en el panel del compresor de CO₂.
16. Reemplace los fusibles del motor.
17. Purgue el sistema para evacuar el aire y el H₂O con presencia de acides.
18. Abra la válvula de admisión y de descarga del compresor de CO₂ y retire el tope.
19. Inicie el compresor de CO₂ en el panel de operaciones.
20. Abra las válvulas de alimentación y descarga de H₂O
21. Guarde el recipiente y la bomba centrífuga en el almacén
22. Guarde los equipos de seguridad en su lugar correspondiente
23. Deshágase del agua utilizada en el desagüe habilitado para ese tipo de líquido

Procedimiento 12

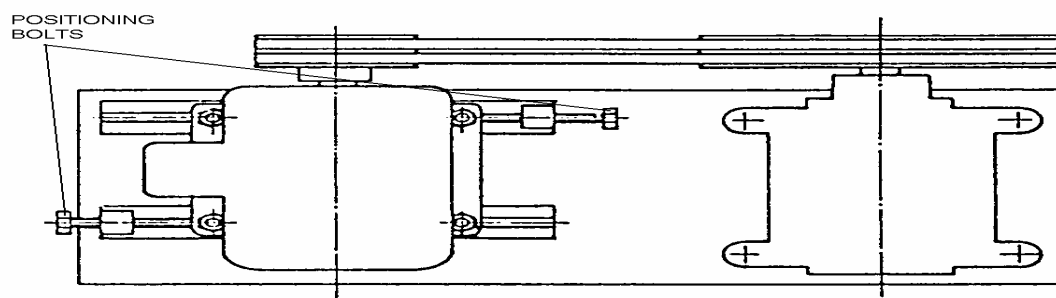
Procedimiento para el cambio de aceite y filtro de aceite del compresor

1. Cierre el compresor en el panel de operaciones
2. Cierre la válvula en la salida del compresor de CO₂ y fije la válvula usando un tope.
3. Asegúrese de que haya un consumidor en funcionamiento
4. Cierre las válvulas de entrada y salida de H₂O al compresor
5. Asegurarse que no hay presión, ni presencia de H₂O en los intercambiadores.
6. Al cerrar la válvula a la salida del compresor de CO₂, el compresor quedará sin presión.
7. Retire los fusibles y bloquee el interruptor principal del panel del compresor de CO₂ para evitar un arranque indeseado del compresor de CO₂.
8. Busque el filtro de reemplazo y las latas de lubricante en el almacén
9. Busqué las herramientas correspondientes para esta operación
10. Retire el tornillo de drenaje a aceite, el cual está debajo de la bomba de aceite
11. Drene el aceite que se encuentre en el compresor
12. Luego de ser drenado el mismo proceda a echar el nuevo aceite
13. Proceda a reemplazar el filtro de aceite usado
14. Luego de realizada esta operación energice nuevamente el compresor y habrá las válvulas de H₂O y CO₂ respectivamente
15. Ponga en marcha el compresor y verifique que la presión del aceite es de 3 bar la máxima y 2 bar la mínima

Procedimiento 13

Procedimiento para el cambio de las correas en V del compresor

Para la explicación utilizaremos una imagen.



1. Cierre el compresor en el panel de operaciones.
2. Retire los fusibles y bloquee el interruptor principal del panel del compresor de CO₂ y el motor eléctrico para evitar un arranque indeseado del compresor de CO₂.
3. Aflojar las correas a través de los tornillos señalado en la imagen.
4. Luego de colocadas las nuevas correas en V procederemos a darle tensión a las correas nuevamente utilizando los tornillos antes mencionados.
5. Luego de realizado el cambio coloque los fusible nuevamente del compresor y el motor eléctrico.
6. Informar al supervisor que la operación ha completado.

Procedimiento 14

Procedimiento para el cambio del Filtrado de CO₂ del post-filtro de carbón activo y secador de CO₂.

1. Apague la planta de CO₂
2. Aislé la línea donde se encuentra el filtro de CO₂
3. Despresurice la línea a través de la purga la cual se encuentra debajo del filtro
4. Quite el filtro usado y coloque el nuevo
5. Vuela a abrir las válvulas antes cerradas para el aislamiento de la línea del filtro

Nota: Para el procedimiento del calefactor y los elementos de filtro e secante no hay un procedimiento escrito en ningunos de los documentos de la planta, ni tampoco fue explicado por el técnico enviado por la compañía que diseño e instalo la planta de CO₂. Tampoco se ha tenido la oportunidad de realizar un cambio de los mismos ya que ninguno ha dado problemas y su tiempo de cambio aún no se ha cumplido.

Procedimiento 15

Procedimiento para inspección de fugas de refrigerante en el sistema de enfriamiento de CO₂.

- 1- Revisar visualmente y auditiva que las tuberías y aislantes no están agrietadas, causando una pérdida de refrigerante en el sistema.
- 2- Si existe algún tipo de grieta o fisura en las tuberías deberá llenar la planilla de datos a entregar al supervisor, donde especifica que hay un error de secuencia, donde el supervisor contactaras a los contratitas pertinentes para su reparación.

Procedimiento 16

Procedimiento para verificar el contenido de humedad en el R507.

- 1- Colocarse frente al visor de humedad en el R507, el cual se encuentra debajo del compresor en la línea de entrada del refrigerante al mismo.
- 2- Interpretar las instrucciones los colores del visor según muestra la siguiente tabla, para el diagnóstico de la operación realizada.

UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE
Visual / Audible	Visor de color verde	Visor de color amarillo o rojo

- 3- Si el mismo se encuentra en los límites no aceptables se deberá detener la máquina.
- 4- Llenar la planilla de datos a entregar al supervisor, donde especifica el error, el supervisor contactaras a los contratitas pertinentes para su reparación.

Procedimiento 17

Procedimiento para el cambio del líquido refrigerante.

Este procedimiento está en el manual del compresor, el cual fue suplido por la empresa que diseño el sistema de enfriamiento de CO₂, que este fue sub-contratado por la empresa que diseño la planta de CO₂ para esta parte de la misma, el procedimiento debe ser realizado en la presencia de un técnico de la empresa que diseño la planta de CO₂ por cuestiones de garantía de la maquinaria. El manual está en manos del supervisor de la planta de CO₂.

Nota: en este manual también se encuentran los procedimientos de cambio de filtros de aceite y cambios de aceite.

Procedimiento 18

Procedimiento para verificar el nivel de humedad en el aceite.

- 1- Colocarse frente al visor de humedad de aceite, el cual se encuentra en la línea de salida del recipiente de aceite.
- 2- Interpretar las instrucciones los colores del visor según muestra la siguiente tabla, para el diagnóstico de la operación realizada.

UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE
Visual / Audible	Visor de color verde	Visor de color amarillo o rojo

- 3- Si el mismo se encuentra en los límites no aceptables se deberá detener la máquina.
- 4- Llenar la planilla de datos a entregar al supervisor, donde especifica el error, el supervisor contactaras a los contratitas pertinentes para su reparación.

Procedimiento 19

Procedimiento para el cambio de aceite y filtro de aceite del sistema de enfriamiento de CO₂.

1. Cierre el sistema de enfriamiento en el panel de operaciones
2. Cierre la válvula en la salida del compresor y el recipiente de aceite, fije la válvula usando un tope.
3. Cierre las válvulas de entrada y salida de refrigerantes y aceites
4. Al cerrar la válvula elimine la presión.
5. Retire los fusibles y bloquee el interruptor principal del panel para evitar un arranque indeseado.
6. Busque el filtro de reemplazo y las latas de lubricante en el almacén
7. Busqué las herramientas correspondientes para esta operación
8. Retire el tornillo de drenaje a aceite y drene el mismo.
9. Luego de ser drenado el mismo proceda a echar el nuevo aceite
10. Proceda a reemplazar el filtro de aceite usado
11. Luego de realizada esta operación energice nuevamente el compresor y habrá las válvulas.
12. Ponga en marcha la máquina y verifique que la presión del aceite estén bien.

Procedimiento 20

Procedimiento de revisión al tanque de almacenamiento de CO₂ líquido de la Unidad purificadora de CO₂.

1. Verificar visualmente si la presión del tanque de almacenamiento está en los parámetros de diseño estipulado. Esta se verifica observando el manómetro depresión el cual se encuentra la parte superior del mismo.
2. Verificar que el aislamiento térmico del tanque y sus tuberías están es perfecto estado sin rasgaduras ni fisuras.
3. Verificar que no existe filtración.

Todo este se realiza de una forma visual por el operador, cual luego de realizar los puntos antes mencionados le informa al supervisor el estado de cada una de los puntos.

Procedimiento 21

Procedimiento para la verificación de la bomba de la Unidad purificadora de CO₂.

1. Verificar visualmente y auditivamente la bomba
2. Asegurarse que están en los parámetros especificado en la siguiente tabla.

UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE
Visual / Audible	No ruidos elevados / vibración mínima	Ruidos altos / vibración elevadas

- 3- Si la misma se encuentra en los límites no aceptables se deberá detener la bomba.
- 4- Llenar la planilla de datos a entregar al supervisor, donde especifica el error, el supervisor contactaras a los contratitas pertinentes para su reparación.

Procedimiento 22

Procedimiento para la verificación de los Tanques de almacenamiento de CO₂

Este consiste simplemente en que el operador realizar una ronda inspeccionando los tanque de forma visual y auditiva, en busca de fisuras o escapes en las diferentes conexiones de los tanques y su integridad del casco. Luego de haber realizado inspección se reporta al supervisor lo visto y escuchado.

Procedimiento 23

Procedimiento para reemplazar de las manueras de despacho de CO₂

1. Asegurarse que las mangueras están fuera de uso
2. Asegurarse que las misma están libre de presión y fluidos
3. Verificar visual mente si las mismas poseen fisuras o rasgaduras
4. Si poseen fisuras o su tiempo de cambio proceder al cambio de la misma
5. Se colocaran una juego nuevo de mangueras las cuales están en el almacén
6. Asegurarse que las conexiones fueron realizadas eficazmente, sin fugas

Procedimiento 24

Procedimiento para la verificación de la bomba de despacho de CO₂

1. Verificar visualmente y auditivamente la bomba
2. Asegurase que están en los parámetros especificado en la siguiente tabla.

UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE
Visual / Audible	No ruidos elevados / vibración mínima	Ruidos altos / vibración elevadas

- 3- Si la misma se encuentra en los límites no aceptables se deberá detener la bomba.
- 4- Llenar la planilla de datos a entregar al supervisor, donde especifica el error, el supervisor contactaras a los contratitas pertinentes para su reparación.

Procedimiento 25

Procedimiento para la limpieza interna de la torre de enfriamiento de H₂O

1. Detenga el suministro de agua desde el depósito de agua.
2. Cierre la válvula de alimentación de agua del depósito principal de agua.
3. Desagüé las líneas principales y secundarias de entrada y salida de agua de la torre de enfriamiento.
4. Elimine el suministro eléctrico del ventilador de extracción de calor y de la bomba de agua de la torre de enfriamiento.
5. Retire los fusibles del abanico de extracción de calor y la bomba de agua de la torre de enfriamiento.
6. Proveer de equipos de seguridad para los empleados.
7. Reanude el suministro de agua desde el depósito de agua.
8. Abra la válvula de alimentación de agua del depósito principal de agua.
9. Reanude el suministro eléctrico del ventilador de extracción de calor y de la bomba de agua de la torre de enfriamiento.
10. Coloque nuevamente los fusibles del abanico de extracción de calor y la bomba de agua de la torre de enfriamiento.

Procedimiento 26

Procedimiento para verificación de la bomba de agua de la torre de enfriamiento

1. Verificar visualmente y auditivamente la bomba
2. Asegurase que están en los parámetros especificado en la siguiente tabla.

UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE
Visual / Audible	No ruidos elevados/ vibración mínima	Ruidos altos / vibración elevadas

- 3- Si la misma se encuentra en los límites no aceptables se deberá detener la bomba.
- 4- Llenar la planilla de datos a entregar al supervisor, donde especifica el error, el supervisor contactaras a los contratitas pertinentes para su reparación.

Procedimiento 27

Procedimiento para verificación del ventilador de la torre de enfriamiento de agua

1. Verificar visualmente y auditivamente el ventilador
2. Asegurarse que están en los parámetros especificado en la siguiente tabla.

UNIDADES DEL FALLO	LIMITE ACEPTABLE	LIMITE NO ACEPTABLE
Visual / Audible	No ruidos extraños / vibración mínima	Ruidos altos extraños / vibración elevadas

- 3- Si la misma se encuentra en los límites no aceptables se deberá detener el ventilador.
- 4- Llenar la planilla de datos a entregar al supervisor, donde especifica el error, el supervisor contactaras a los contratitas pertinentes para su reparación.