BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN PLAN PARA INCREMENTAR EL CUMPLIMIENTO Y EFICIENCIA EN MANTENIMIENTOS DE UNIDADES

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA INDUSTRIAL

PRESENTA:

GUADALUPE RIVERA LOPEZ

ASESOR:

M. SC. A CARLOS ROBERTO IBÁÑEZ JUÁREZ

PUEBLA, PUE **ENERO 2021**

BUAP

Oficio No. SAC/0850/2021

C. GUADALUPE RIVERA LÓPEZ
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
P r e s e n t e.

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional en línea, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

"DISEÑO DE UN PLAN PARA INCREMENTAR EL CUMPLIMIENTO Y EFICIENCIA EN MANTENIMIENTOS DE UNIDADES."

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como Asesor de tema al Mtro. Carlos Roberto Ibáñez Juárez.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

A t e n t a m e n t e
"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Z. a 20 de abril de 2021

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director

M'ACGZ /barv
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

Facultad de Ingeniería
Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel, Ciudad Universitaria, Puebla, Pue. C.P. 72570
222 229 55 00 Ext. 7610

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e.

El que suscribe: Mtro. Carlos Roberto Ibáñez Juárez, director del tema de tesis:

"DISEÑO DE UN PLAN PARA INCREMENTAR EL CUMPLIMIENTO Y EFICIENCIA EN MANTENIMIENTOS DE UNIDADES."

Presentada por la C. Guadalupe Rivera López, pasante del Colegio de Ingeniería Industrial, y en atención al oficio No. SAC/0850/2021 con fecha de emisión 20 de abril de 2021, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

A t e n t a m e n t e
"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Z. a 21 de abril de 2021

Mtro. Carlos Roberto Ibáñez Juárez
Director de Tema

M'CRIJ/BARV
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

A mi familia

Ahora sé que todo el esfuerzo y dedicación
han valido la pena y que sin ustedes
y su apoyo incondicional
no habría podido llegar a la meta,
este logro también en suyo.

Agradecimiento

Mi más sincero agradecimiento al maestro Carlos Ibáñez por haber confiado en mí y animado a emprender la elaboración de esta tesis. A veces, en los proyectos interfieren factores que los dilatan en el tiempo y sin su apoyo incondicional y sus consejos este trabajo no habría podido hacerse realidad.

Al departamento de Mantenimiento de Cryoinfra Planta Puebla, por permitirme realizar este proyecto, su apoyo y paciencia al explicarme distintos temas.

A mis amigas y todas las personas que me han animado en este camino, que siempre han estado cuando los he necesitado.

Muchas gracias a todos.

Índice

CAPITULO 1 8
1.1 Introducción 8
1.2 Problema de proyecto 9
1.2.1 Contexto 9
1.1.2 Formulación y análisis del problema 12
1.3 Justificación 13
1.4 Objetivos del proyecto 14
1.4.1 Objetivo general 14
1.4.2 Objetivos específicos 14
1.5 Pregunta de investigación 14
1.6 Diseño del proyecto (Herramientas a utilizar) 15
1.7 Alcances y delimitaciones 15
CAPITULO 2 16
2.1 Antecedentes 16
2.1.1 Historia del mantenimiento 16
2.1.2 Producción de gases atmosféricos 20
2.1.3 Métodos de Abastecimiento Cryoinfra 23
2.2 Marco teórico 24
2.2.1 Recipientes sujetos a presión 24
2.2.2 Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) 27
2.2.3 Tanques criogénicos 32
2.3 Generalidades sobre el mantenimiento criogénico 35
2.3.1 Tipos de mantenimiento 38
2.3.2 Filosofías del mantenimiento 40
CAPÍTULO 3 43
3.1 Diagnóstico del mantenimiento 43
3.1.1 Actividades de inspección 46
3.1.2 Frecuencia de las inspecciones 47
3.1.3 Necesidades, recursos y medios de mantenimiento 50
3.2 Análisis del mantenimiento 51
3.2.1 Diagrama de Ishikawa 51

3.2.2 Método de Borroto 52
3.2.3 Diagrama de Pareto 53
3.2.4 Concentrado de datos 55
CAPITULO 4 61
4.1 Sistema eléctrico 63
4.2 Sistema mecánico 67
4.3 Sistema de medición e instrumentación 69
4.4 Programación de unidades por mes 72
CAPITULO 5 77
5.1 Recomendaciones 77
5.2 Conclusiones 81
GLOSARIO 83
BIBLIOGRAFIA 85

CAPITULO 1

1.1 Introducción

En el presente trabajo se desarrolló la planificación del mantenimiento para las unidades criogénicas de la empresa Cryoinfra por lo que se propuso la metodología de Mantenimiento basado en el tiempo, donde se establecen las siguientes fases: planificación, ejecución y control del mantenimiento.

Para el desarrollo de esta metodología fue necesario desarrollar los conceptos teóricos referentes a: tecnología criogénica, y el mantenimiento de taques y unidades criogénicos así como producción de gases.

Para la correcta gestión del mantenimiento de las unidades, la etapa de planificación es decisiva, por tal razón se requiere la selección adecuada de una metodología de mantenimiento tomando en cuenta los correctivos y preventivos. Debe permitir identificar los problemas presentados, y posteriormente desarrollar la manera eficiente para la preparación de materiales y repuestos.

Debido a que las unidades contienen en su interior gases en estado líquido; es necesario tener conocimiento acerca de la tecnología criogénica y de los riesgos implicados en la manipulación y exposición a tales gases criogénicos. La adecuada planificación y ejecución del mantenimiento permitirá garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos; es decir de las unidades criogénicas.

Finalmente se indicaron las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la planificación del mantenimiento.

1.2 Problema de proyecto

1.2.1 Contexto

Mantenimiento industrial

Aunque el origen del mantenimiento es, sin duda, tan antiguo como las primeras máquinas que utilizó el hombre, el mantenimiento industrial tal como lo entendemos, hizo su aparición, como actividad sistemáticamente organizada, en los albores del siglo XX. Tuvieron lugar, al parecer los primeros casos conocidos, en fundiciones de Estados Unidos, y en el sector militar: en aviones y submarinos durante la primera guerra mundial. En 1920 el mantenimiento mecánico ya se practicaba en plantas industriales, actividades de transporte, etc.

A finales de la década de los 60, comienza la aplicación sistemática de las técnicas de fiabilidad, permitiendo la predicción de los costes derivados de los fallos y el cálculo de la rentabilidad de la actividad de mantenimiento, destacando la utilidad de disponer de estadísticas históricas de averías para el análisis y planificación del mantenimiento, así como la descripción de diversos métodos de optimización de políticas de mantenimiento (Hanks, 1961).

Especialmente en las últimas décadas es cuando se intensifica la utilización de estrategias organizativas de mantenimiento, aunque normalmente en el entorno de las grandes empresas, como el basado en la fiabilidad (RCM), el productivo total (TPM), el efectivo, proactivo, reactivo, de clase mundial (WCM) centrado en el riesgo, así como otros muchos modelos teóricos.

Actualmente el mantenimiento debe hacer énfasis en la seguridad, la fiabilidad, la calidad, la protección al medio ambiente tomando en cuenta la gestión y la

ingeniería de este, la gestión como un proceso de organización, planificación, ejecución y control, derivándose de este ultimo las acciones correctivas de mejora y, la ingeniería por su parte debe contener fundamentos de inspección y diagnostico (Martínez, 2017).

Grupo INFRA fundando en 1919 es una importante organización mexicana conformada por más de 30 empresas tales como: Cryoinfra, InfraMedica, Edasa Infra, Infra del Sur, Electrodos Infra, Finesa Infra, Infra Silver Star, Infra Soldadoras Industriales, Infra, Infra Seguridad Industrial, Metaloides, Infra Super-Flex, entre otras.

El grupo se dedicada a la producción, venta y distribución de gases criogénicos, industriales, de alta pureza, especiales, medicinales, así como tanques de almacenamiento criogénico, soldaduras, máquinas y equipos para soldar y cortar, equipo de protección personal, así como una amplia gama de productos relacionados.

Cryoinfra planta Puebla forma parte de este grupo y ha sido el establecimiento de una red de producción y distribución de gases industriales, que han sido un invaluable apoyo para el desarrollo de industrias como la petroquímica, química, metalúrgica, automotriz, médica y alimenticia, entre otras. Los gases industriales que produce y comercializa son: oxigeno, nitrógeno, argón, y dióxido de carbono.

Distribuye sus productos en forma líquida con transportes criogénicos, gaseosa a través de redes de gaseoductos y construye plantas In-Situ para suministro por tuberías a grandes consumidores. Para mantener un producto criogénico en estado líquido a presión atmosférica, es necesario conservarlo a baja temperatura en recipientes especiales llamados “Dewar” en memoria de su inventor, el químico

James Dewar, quien en 1892 empleo por primera vez el aislamiento por vacío, y para 1908, fue el primero en conseguir hidrogeno líquido.

El departamento de distribución es el encargado de realizar la entrega de los productos hasta las instalaciones de los clientes en este caso a través de transportes criogénicos, los cuales son puestos a disposición al área de mantenimiento criogénico para asegurar la funcionalidad de estos.

La integridad entre estos departamentos constituye uno de los elementos para alcanzar los objetivos en el cumplimiento del programa del mantenimiento preventivo, y aseverar la condición del equipo y su disponibilidad, debido al posible deterioro de algunos componentes de las unidades por las variables que caracterizan el desempeño de las operaciones.

1.1.2 Formulación y análisis del problema

Los diferentes modelos de mantenimiento que se aplican tienen algo en común, se han ido adaptando a la situación práctica de la industria en búsqueda de una mayor eficiencia.

En la planta de Cryoinfra CO2 se realizan los mantenimientos de unidades transportadoras de líquidos criogénicos, sin embargo, no están programados de forma adecuada, ya que se generan demasiadas órdenes de trabajo correctivas, así como también incumplimiento de lo programado mensualmente, lo cual pone en duda sobre la efectividad de los indicadores de calidad y desempeño del departamento.

Esto es un indicador de la ejecución de los mismos y de la inadecuada programación que no se ajustan a los planes de mantenimiento. Además, es necesario señalar que las órdenes de trabajo correctivas no se almacenan correctamente, esto imposibilita el control del trabajo realizado y no existe un histórico registrado que permita prever un posible fallo.

Aunado a esto se considera que se utiliza demasiados materiales y refacciones que generan descontrol en el stock e inventarios de almacén, ya que en este se concentran lo necesario para las dos plantas, mantenimiento de plantas y mantenimiento de unidades criogénicas.

1.3 Justificación

Con el paso del tiempo el mantenimiento ha evolucionado a gran escala, los actuales cambios del mundo industrial han traído nuevas políticas e ideologías que se han adaptado al ritmo de las empresas de clase mundial. Actualmente cualquier empresa que desee enfrentar estos retos debe estar preparada para asimilar los cambios que le imponen el desarrollo. (Sánchez, 2010)

El mantenimiento desempeña un papel importante ya que puede proporcionar ventajas en el mercado, por eso debe integrarse y considerarse dentro de la estrategia corporativa. Es preciso analizar y procesar la información que llega al área de mantenimiento que garantice el desempeño total y su cumplimiento. (Abreu J, 2013)

Es necesario también tener en cuenta que el éxito del trabajo de mantenimiento no solo depende de la cantidad de recursos o financiamiento que se le asigne al mismo, depende de la capacidad y calidad con que se organice el servicio (Bevilacqua, 2010).

En el desarrollo de este proyecto se pretende generar una propuesta que logre una mayor integración entre la planificación de la distribución y la del mantenimiento, mediante un plan que contribuya a incrementar el cumplimiento y eficiencia en los mantenimientos preventivos a transportes criogénicos, ya que el actual presenta frecuentes incumplimientos en el programa.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo basado en el tiempo que permita mejorar la eficiencia y el cumplimiento del programa.

1.4.2 Objetivos específicos

- Conocer los diferentes tipos de mantenimiento que se relacionan con la industria de autotransportes de recipientes sujetos a presión.
- Evaluar el mantenimiento a los vehículos a través de un indicador de tiempo de paro.
- Desarrollar las tareas u órdenes de trabajo que se requieren utilizar para un plan de mantenimiento.

1.5 Pregunta de investigación

¿El diseño de un plan de mantenimiento permitirá incrementar la eficiencia y disminuir los incumplimientos en los servicios de transportes criogénicos?

1.6 Diseño del proyecto (Herramientas a utilizar)

- Método de Borroto: establece que los fallos pueden clasificarse atendiendo a elementos tales como: aleatoriedad, facilidad de detección, frecuencia y periodicidad.
- Método de Kant: este enfoque plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que cualquier sistema está compuesto básicamente por tres elementos: personas, máquinas y entorno.
- Diagrama de Pareto: para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados, para asignar un orden de prioridades.
- Diagrama de Ishikawa: también conocido como de causa y efecto, es una herramienta de la calidad que ayuda a levantar las cusas-raíces de un problema, analizando todos los factores que involucran la ejecución del proceso.
- Indicadores: datos que sirven para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.

1.7 Alcances y delimitaciones

Alcances: Se desarrollará una propuesta de diseño de un plan para incrementar el cumplimiento y eficiencia en mantenimientos de unidades criogénicas, optimizando los recursos y disminuyendo materiales y refacciones.

Limitaciones: El proyecto se realizará en Cryoinfra Puebla Planta CO2, y se basará en el departamento de mantenimiento criogénico, que es independiente al de planta. En este caso también será enfocado a transportes criogénicos sin tomar en cuenta tractores, y tanques ubicados en clientes a los que también les realizan servicios preventivos y correctivos.

CAPITULO 2

2.1 Antecedentes

2.1.1 Historia del mantenimiento

El mantenimiento está considerado como un órgano funcional y técnico, cuyo encuadre depende del menor o mayor alcance de las funciones que le sean asignadas según la política de mantenimiento de la empresa. La organización del mantenimiento se desenvuelve en forma gradual y a lo largo de cierto periodo. Se establece como resultado de dicho desenvolvimiento, siguiendo un plan o por el azar mismo. Se trata de una estructura de relaciones prácticas para ayudar a la consecución de los objetivos de la empresa.

Está relacionado muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria, herramienta y equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando riesgos laborales. Es obligación primordial de la función de mantenimiento el propugnar por la obtención de los objetivos de la empresa de la cual es parte.

Desde el inicio de la vida humana las herramientas fabricadas por el hombre se han perfeccionado día con día, debido a que éstas le permiten conseguir sus satisfactorios físicos y psíquicos. Durante la Primera Revolución Industrial, se consideró que, para fabricar un producto cualquiera, era necesario emplear 90% de mano de obra y el resto lo proporcionaban las máquinas. Conforme el tiempo pasó y a través de los esfuerzos por mejorar su función se hicieron las máquinas más rápidas y precisas, en la actualidad se consigue obtener un producto o servicio con máquinas que se encargan de elaborar más de 90% de éste, lo cual ha sido posible por la dedicación que la humanidad le ha puesto al desarrollo de las labores de

cuidado a sus recursos físicos, materia a la que desde sus inicios se llamó mantenimiento.

En todos los tiempos, el hombre ha sentido la necesidad de mantener sus maquinarias y equipos de trabajo en óptimas condiciones. Por lo general ocurrían descomposturas en ciertos equipos, producto del mal manejo del operador. Los mantenimientos se practicaban al momento de la falla, es decir, mientras el equipo estaba en funcionamiento, a este acontecimiento se le llamó mantenimiento reactivo o de ruptura, también conocido como mantenimiento correctivo.

Fue hasta el siglo XX, que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un concepto diferente en mantenimiento, que se apegaban o guiaban de las recomendaciones del fabricante del equipo, las cuales hacían referencia a las limitaciones del equipo, forma y cantidades de trabajo al día, tipo de mantenimiento, forma de operar, maquinarias y materiales a utilizar en el mantenimiento. A esta nueva tendencia se le llamó mantenimiento preventivo, se extendió a otros campos dentro de la empresa, ya que muchos gerentes de planta se interesaron en aplicar estos conceptos en departamentos como: mecánica, electricidad, transportación entre otros.

El año 1970 dio lugar a la globalización del mercado, lo que trajo consigo fuertes competencias entre las compañías por ser cada día más competitivas y escalar niveles más altos en comparación con las demás empresas.

A partir del año 1990 se les da la verdadera importancia a los sistemas de mantenimiento como parte integral del sistema de producción y como apéndice del sistema de calidad total, que muchas empresas utilizan eficazmente.

En el año 2002 el mantenimiento industrial no sólo entrenaba como al inicio departamentos específicos, sino que también, todo el conglomerado de la empresa, desde sus gerentes y administradores hasta la persona que hace la operación más simple.

En los comienzos del siglo XX, los estudios realizados por el científico Frederic W. Taylor cambiaron de manera pacífica las malas aplicaciones que existían en las empresas antiguas. “A partir de sus observaciones empíricas llegó a diseñar métodos de trabajo donde la persona y la máquina eran una sola entidad, una unidad inspirada por un salario atractivo para operar la máquina de acuerdo con las instrucciones requeridas”. (Diseño e Implantación del Programa de Mantenimiento “BETICO” 1992)

Analizando la historia enfocada al mantenimiento, a continuación, se muestra una línea del tiempo simplificada.

1780 Mantenimiento Correctivo (CM)

1798 Uso de partes intercambiables en las máquinas

1903 Producción Industrial Masiva

1910 Formación de cuadrillas de Mantenimiento Correctivo

1914 Mantenimiento Preventivo (MP)

1916 Inicio del Proceso Administrativo

1927 Uso de la estadística en producción

1931 Control Económico de la Calidad del producto Manufacturado

1937 Conocimiento del Principio de W. Pareto

1939 Se controlan los trabajos de Mantenimiento Preventivo con estadística.

1946 Se mejora el Control Estadístico de Calidad (SQC)

1950 En Japón se establece el Control Estadístico de Calidad

1950 En Estados Unidos de América se desarrolla el Mantenimiento Productivo

1951 Se da a conocer el “Análisis de Weibull”

1960 Se desarrolla el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

1961 Se inicia el Poka-Yoke

1962 Se desarrollan los Círculos de Calidad (QC)

1965 Se desarrolla el análisis- Causa- Raíz (RCA)

1968 Se presenta la Guía MSG-1 conocida como el RCM mejorado.

1970 Difusión del uso de la computadora para la administración de Activos (CMMS)

1971 Se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM)

1978 Se presenta la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en naves aéreas.

1980 Se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO)

1980 Se aplica el RCM-2 en toda clase de industrias

1995 Se desarrolla el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (5S’s)

2005 Se estudia la filosofía de la Conservación Industrial (IC)

Esta línea del tiempo proporciona un panorama desde el punto de vista del mantenimiento, que estamos considerando desde hace 120,000 a.c. hasta nuestros días. Las iniciales nos informan los nombres con los que se distinguen las acciones, que hicieron posibles los cambios relevantes, en los trabajos actualmente llamados de mantenimiento.

2.1.2 Producción de gases atmosféricos

Los gases atmosféricos son los gases normalmente encontrados en el aire que nos rodea. Ellos son: aire, argón, dióxido de carbono, helio, nitrógeno y oxígeno.

De estos gases, el argón, el oxígeno y el nitrógeno se producen principalmente por la separación del aire en los componentes que los constituyen. Esto normalmente se logra reduciendo la temperatura del aire hasta que cada componente se licua y se puede extraer. De los dos gases restantes, el dióxido de carbono se produce como subproducto de varios procesos químicos.

Cada uno de estos gases tiene sus propias características únicas pero juntos proporcionan una mezcla que sustenta la vida y que ha mantenido sus compuestos, si bien no sus proporciones, durante muchos millones de años. La mayoría de los gases atmosféricos se clasifica como no reactivos o inertes, y son sólo los gases oxidantes, oxígeno y dióxido de carbono, los que reaccionan fácilmente con otros elementos. Son éstas y otras características de los gases atmosféricos que los procesos industriales explotan completamente.

Los gases industriales se pueden suministrar comprimidos en cilindros o en fase líquida y sus usos son muy variados, como puede verse en los siguientes ejemplos:

El oxígeno tiene un amplio abanico de aplicaciones que van desde la soldadura, corte de aceros y de la combustión industrial en general hasta la depuración biológica de las aguas. El dióxido de carbono es un gas versátil, se puede utilizar para realizar soldaduras como para añadir en diferentes bebidas (cerveza, agua, refrescos) para gasificarlas y conseguir esas burbujas tan refrescantes.

La producción de gases atmosféricos (oxigeno, nitrógeno y argón) parte de la separación del aire. Entre los procesos más comunes para la producción se encuentran: destilación criogénica, absorción por barrido y separación por membrana.

La destilación criogénica permite la producción masiva de gases a comparación del resto de método de separación y aprovecha las temperaturas de ebullición de los gases en estado líquido, en la Figura 1 se observa la escala de las temperaturas de ebullición de los gases.

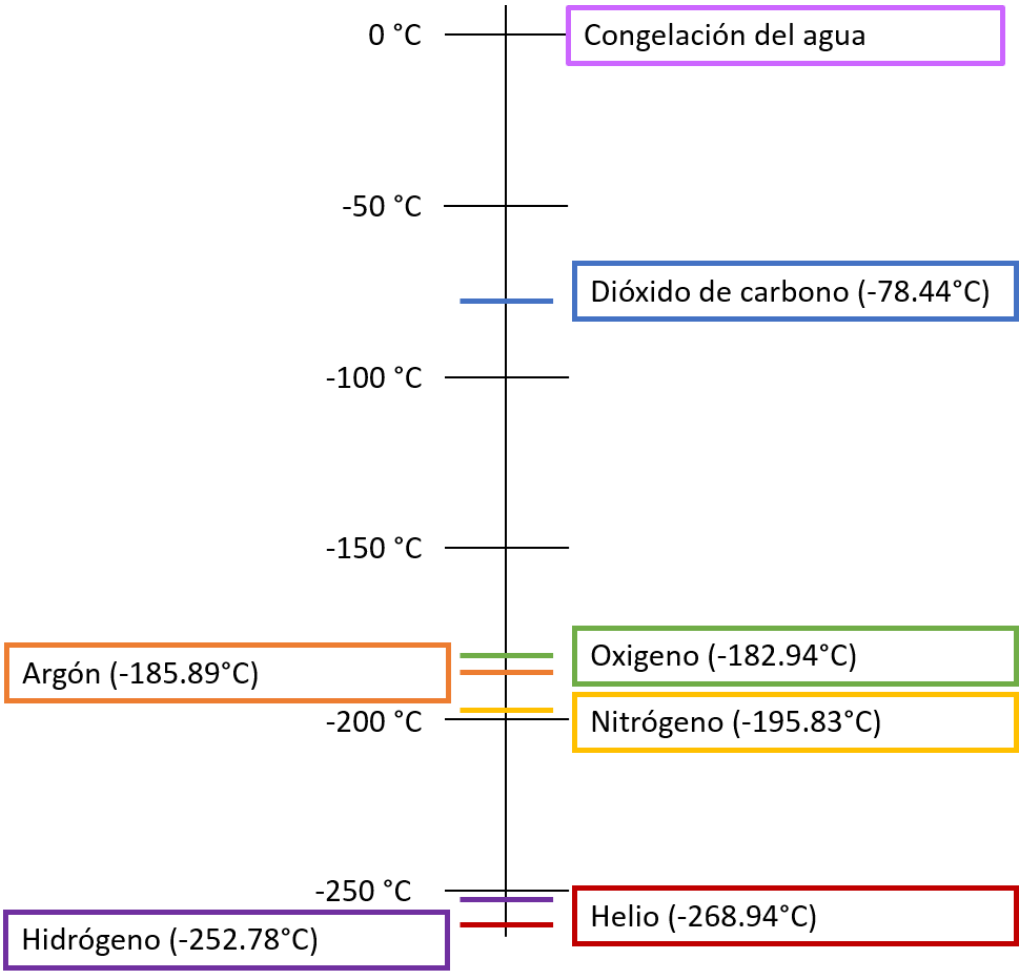


Figura 1. Escala de temperaturas de ebullición de los gases (INFRA, 2006)

Los gases atmosféricos tienen un gran campo de aplicación en la industria y en la medicina. En la siguiente tabla se resumen las principales aplicaciones de los gases que se almacenan en los tanques criogénicos.

Tabla 1. Aplicaciones de los gases

GAS	APLICACIONES
Argón	Procesos de soldadura MIG y TIG, corte por plasma, fabricación de lámparas incandescentes y fluorescentes y producción de acero.
Dióxido de carbono	Inertización de tanques y reactores, congelación de alimentos, soldadura por arco, fundición de metales, fabricación de plástico, extinción de fuego y fabricación de bebidas carbonatadas.
Nitrógeno	Inertización de tanques y reactores, refrigerante, pulverización criogénica de plástico, congelación y conservación de alimentos.
Oxigeno	Fines médicos y terapéuticos, producción de acero, procesos de soldadura y corte, producción de combustibles y químicos.

Fuente: (INFRA, 2006)

2.1.3 Métodos de Abastecimiento Cryoinfra

Para altos volúmenes de gases estos son entregados en pipas (semirremolques) y autotanques, diseñados para transportar Oxigeno, Nitrógeno, Argón e Hidrogeno en estado líquido, estos cuentan con una bomba criogénica de transferencia y con un sistema de vaporización para elevar la presión del tanque interior y transferir el producto. Además cuentan con discos de ruptura, válvulas de seguridad, venteo e indicadores de presión y nivel.

Finalmente, para usuarios con altos requerimientos de volumen de gases estos son generados directamente en sitio. Los gases atmosféricos, nitrógeno y oxígeno pueden extraerse del aire usando destilación criogénica o usando métodos de separación no criogénicos basados en tecnologías de membrana y de adsorción. El hidrógeno también puede generarse en sitio, normalmente usando tecnología de cracking del gas natural o por la reformación de metano.

La planta criogénica permite la extracción de los gases atmosféricos en estado líquido criogénico o mediante líneas aisladas térmicamente. Los gases criogénicos que se producen se encuentran aproximadamente a: 7 Bar (700kPa) y -185 °C (78.15 K); tales gases se almacenan finalmente en tanques criogénicos. Los cuales se encuentran diseñados con aislamientos especiales para permitir el almacenamiento de estos líquidos y evitar su gasificación. La distribución de los líquidos criogénicos se realiza mediante tanques cisternas asiladas; los cuales permiten proveer el producto a los tanques criogénicos instalados en las diversas ubicaciones del cliente.

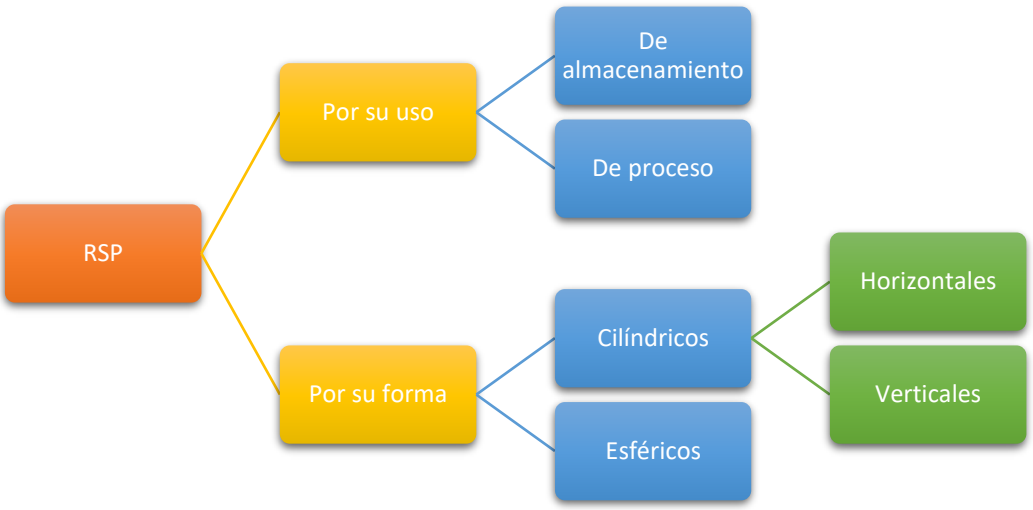
2.2 Marco teórico

2.2.1 Recipientes sujetos a presión

Un recipiente sujeto a presión es un recipiente cerrado diseñado para contener gases o líquidos a una presión sustancialmente diferente a la del ambiente. Son recipientes que están diseñados para funcionar a presión por encima de 15 psig, estos se utilizan para mantener el aire, agua, vapor, refrigerantes, nitrógeno, amoníaco, propano y otros combustibles.

Las paredes de los recipientes sujetos a presión son más gruesas que los contenedores normales y proporcionan una mayor protección durante el uso de productos químicos peligrosos explosivos u otros. Estos recipientes son especializados, por lo general tienen un sistema de control de temperatura incorporado y esto puede ayudar a mantener los productos químicos volátiles en los estados inertes, así como también se puede utilizar para cambiar el estado de la materia, con el fin de utilizarlos para el transporte, además de contar con medidores de presión y temperatura interna.

Clasificación de los recipientes sujetos a presión:



Fuente: Elaboración propia

Usos y aplicaciones

Tienen una aplicación variada en la industria, se utilizan para almacenar líquidos y gases a presión.

Los principales usos son los siguientes:

- Almacenamiento de productos químicos
- Almacenamiento de productos derivados del petróleo
- Calderas de vapor, generadores de vapor
- Torres de destilación
- Cámara de re-compresión
- Autoclaves en las refinerías de la minería o del petróleo y plantas petroquímicas
- Tanques de almacenamiento de gases licuados como el amoniaco, butano, cloro, gas propano y gas LP.

Ejemplos de aplicación de los recipientes sujetos a presión:

- Industria Farmacéutica
- Industria Cosmética
- Industria Alimentos y bebidas
- Industria del Procesamiento de plásticos
- Industrial de Generación de energía
- Industria de Productos químicos
- Industria Papelera y Celulosa

Peligros asociados

En sus inicios los recipientes sujetos a presión y las calderas dieron lugar a numerosas explosiones, causando la pérdida de vidas y daños materiales considerables. Hace unos 80 años, la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos formó un comité con el propósito de establecer normas mínimas de seguridad de construcción para las calderas.

En 1925 se emitieron una serie de reglas para el diseño y la construcción de recipientes sujetos a presión sin fuego. Los RSP están diseñados para operar con seguridad a una presión y una temperatura específica, técnicamente se conoce como: la presión y la temperatura de diseño.

Un tanque que no está adecuadamente diseñado para manejar una alta presión constituye un riesgo de seguridad muy grande, debido a esto, el diseño y certificación de recipientes sujetos a presión se rige por los códigos de diseño tales como el Código ASME en el norte de América, la Directiva de Equipos a Presión de la UE (PED), Japanese Industrial Standard (JIS) en Japón, CSA B51 en Canadá y AS1210 en Australia.

Los riesgos potenciales relacionados son:

- Intoxicaciones
- Incendios
- Asfixia
- Explosiones

Las fallas o rupturas pueden causar daños considerables a la vida y la propiedad, por lo tanto, el diseño, instalación, operación y mantenimiento adecuado, según los códigos y normas son muy necesarias para la seguridad el trabajador, la planta y el medio ambiente.

Para prevenir los daños y accidentes se deben tomar precauciones tales como un diseño seguro, una operación y mantenimiento adecuados, así como una instalación de acuerdo con las normas y códigos, son absolutamente necesarios para proteger al trabajador y las instalaciones del centro de trabajo.

2.2.2 Normas Oficiales Mexicanas (NOM's)

Tienen como principal objetivo prevenir los riegos a la salud, la vida y el patrimonio y por lo tanto son de observancia obligatoria. Son las regulaciones técnicas que contienen la información, requisitos, especificaciones, procedimientos y metodología que permiten a las distintas dependencias gubernamentales establecer parámetros evaluables para evitar riesgos a la población, a los animales y al medio ambiente.

Estas normas se han elaborado en múltiples materias cubriendo especificaciones, métodos de prueba, características dimensionales y de operación, que deben cumplir los materiales, equipos, productos y dispositivos de seguridad, así como los métodos para el muestreo y cuantificación de los niveles de concentración de sustancias químicas que produzcan contaminación en el ambiente.

Las Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con Seguridad, son expedidas por diversas Secretarias de Estado como la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, La Secretaría de Comunicaciones y Transportes u otras dependencias de la Administración Pública Federal, conforme a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

NOM-020-STPS-2002

Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - funcionamiento - condiciones de seguridad

Su objetivo es establecer los requisitos de seguridad para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas en los centros de trabajo, a fin de prevenir riesgos a los trabajadores y daños en las instalaciones.

Establece las condiciones de seguridad y las medidas preventivas para evitar riesgos de trabajo por el uso y el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y calderas en los centros de trabajo, que cuenten con mayores probabilidades de riesgo por variables de presión, dimensiones y fluidos a los que la STPS les otorga números de control.

Se considera fluidos peligrosos a aquellas sustancias químicas que por sus características intrínsecas y de temperatura en el proceso, cumplen con lo siguiente:

a) Representan riesgos a la salud, de inflamabilidad y/o reactividad, por tratarse de sustancias oxidantes o que reaccionan al contacto con el agua, según lo establecido en la NOM-018-STPS-2000, o las que la sustituyan, o

b) Su temperatura de operación sea mayor a 50 °C, o

c) Su temperatura sea inferior a -10 °C

Clasificación de los equipos de acuerdo a la STPS

Tipos de Categorías para Recipientes Sujetos a Presión*			
Categoría	**Fluido**	**Presión***	**Volumen**
I	Agua, aire y/o fluido no peligroso	Menor o igual a 490.33 kPa	Menor o igual a 0.5 m^3
II	Agua, aire y/o fluido no peligroso	Menor o igual a 490.33 kPa	Mayor a 0.5 m^3
	Agua, aire y/o fluido no peligroso	Mayor a 490.33 kPa y menor o igual a 784.53 kPa	Menor o igual a 1 m^3
	Peligroso	Menor o igual a 686.47 kPa	Menor o igual a 1 m^3
III	Agua, aire y/o fluido no peligroso	Mayor a 490.33 kPa y menor o igual a 784.53 kPa	Mayor a 1 m^3
	Agua, aire y/o fluido no peligroso	Mayor a 784.53 kPa	Cualquier volumen
	Peligroso	Menor o igual a 686.47 kPa	Mayor a 1 m^3
	Peligroso	Mayor a 868.47 kPa	Cualquier volumen

Nota: * Presión de calibración en su (sus) dispositivo (s) de relevo de presión.

Tipos de Categorías para Recipientes Criogénicos	
Categoría	**Volumen**
II	Menor o igual a 1 m^3
III	Mayor a 1 m^3

Tipos de categorías para generadores de vapor o calderas*		
Categoría	**Presión****	**Capacidad Térmica**
II	Menor o igual a 490.33 kPa	Menor o igual a 1674.72 MJ/hr
II	Menor o igual a 490.33 kPa	Mayor a 1674.72 MJ/hr
	Mayor a 490.33 kPa	Cualquier capacidad

Nota: ** Presión sobre la primera válvula de seguridad

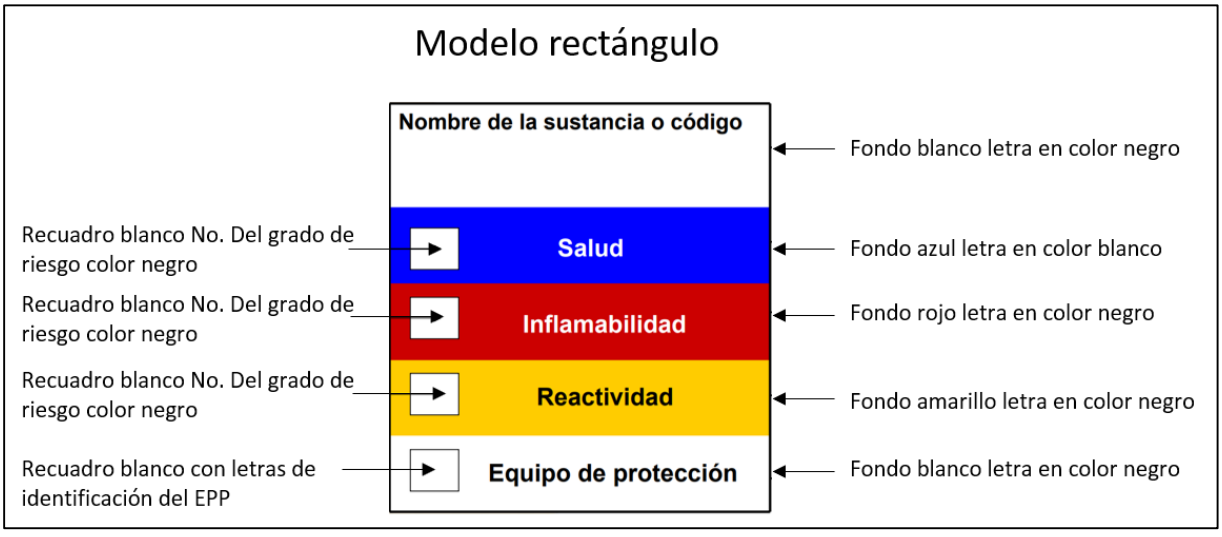
NOM-018-STPS-2000

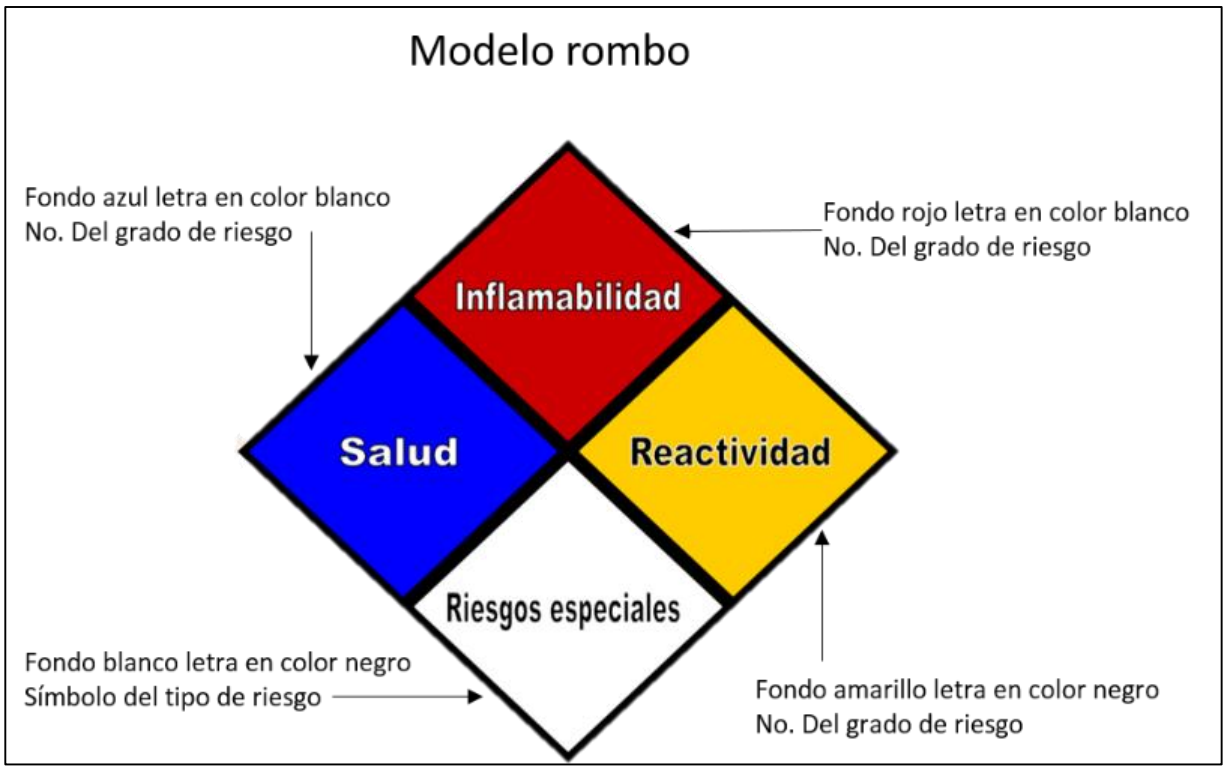
Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en el centro de trabajo

Valora en los centros de trabajo los peligros de todos los químicos que se producen o empleen en el lugar de trabajo. Se asegura que exista un mecanismo a través del cual la información con respecto a los peligros que estos presentan es comunicada a los trabajadores.

Rige en todo territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en los que se manejen, transporten o almacenen sustancias químicas peligrosas. Establece que el fabricante deberá determinar los peligros que representa la sustancia, proveer etiquetas/ avisas, proveer las Hojas de datos de Seguridad HDS.

El sistema de comunicación de riesgos es a través de identificación y señalización de riesgos en modelo rectángulo o rombo, capacitación y comunicación a los trabajos.




Modelo rombo
Fondo azul letra en color blanco
No. Del grado de riesgo
Fondo rojo letra en color blanco
No. Del grado de riesgo
Inflamabilidad
Salud
Reactividad
Riesgos especiales
Fondo blanco letra en color negro
Símbolo del tipo de riesgo
Fondo amarillo letra en color negro
No. Del grado de riesgo

2.2.3 Tanques criogénicos

El tanque criogénico es un recipiente cilíndrico aislado térmicamente, destinado para almacenar uno o más fluidos criogénicos. Se compone de: recipiente interno de acero inoxidable, tanque externo de acero al carbono, aislamiento de perlita o poliuretano, válvulas de seguridad, indicadores de nivel, indicadores de presión del tanque interno y líneas de tubería para la regulación de presión. La capacidad de almacenamiento depende del diseño del tanque, se tiene disponibles desde 5 a 320 m^3 de volumen de producto. (Gonzales, 2014)

Tipos de tanques criogénicos

En forma general la clasificación de los tanques criogénicos depende del diseño y del campo de aplicación.

Diseño:

- Verticales
- Horizontales

Campo de aplicación:

- Tanques estáticos
- Tanques cisterna
- Tanques móviles

Tanques criogénicos estáticos

Se instalan en posiciones fijas en la operación. Se clasifican en:

- Diseño del tanque
- Producto que contiene
- Capacidad
- Presión de trabajo

En la Figura 2 se muestra un ejemplo de diseño horizontal, normalmente se utiliza para almacenar grandes cantidades de producto.

Figura 2. (Eleet Cryogenics, Inc. , 2019)

En la Figura 3 se indica un tanque criogénico vertical, se utilizan en mayor cantidad para el almacenamiento de líquidos criogénicos; debido a que requieren un área menor para la central de instalación.

Figura 3. (Eleet Cryogenics, Inc. , 2019)

Tanques cisterna criogénicos

Los tanques cisterna son tanques transportables, instalados sobre un chasis-bastidor con rodadura independiente como se indica en la Figura 4. El diseño del bastidor permite la movilización del tanque por medio de un vehículo independiente.

El abastecimiento de los tanques cisternas se realiza en las plantas de producción de gases atmosféricos. Dispone adicionalmente de un sistema de bomba centrífuga criogénica con válvulas de seguridad, y manqueras criogénicas de transvase; el cual permite el transvase de producto a los tanques criogénicos estáticos.

El principio de operación y diseño del tanque cisterna es similar al de los tanques criogénicos estáticos.

Figura 4. (Eleet Cryogenics, Inc. , 2019)

Tanques criogénicos móviles

Los tanques móviles se construyen con medidas normalizadas por tal razón se conocen como Iso-tanques. Poseen una estructura que permiten su izamiento y transporte. El diseño permite el abastecimiento de gases para ciertas operaciones temporales. En la figura 5 se muestra un ejemplo.

Figura 5. (LUXI, 2019)

2.3 Generalidades sobre el mantenimiento criogénico

Criogenia

Es el estudio de los procesos que se producen a temperaturas extremadamente bajas.

La Oficina Nacional de Normas en Boulder Colorado considera el campo de la criogenia a temperaturas inferiores de 123.15 K (-150 °C), la cual es una línea divisoria que se basa en las temperaturas de ebullición normales de los llamados gases permanentes, tales como: helio, hidrogeno, neón, nitrógeno, oxígeno y argón.

Tabla 2. Ventajas de la tecnología criogénica

Característica	Descripción
Capacidad	Traslado, almacenamiento y suministro de grandes cantidades de producto gaseoso
Carga	Sistema de recarga del tanque criogénico reduce los trabajos de operación con cilindros a presión
Pureza	Mayor pureza del producto gaseoso que en los cilindros
Retorno	No hay retorno de gas a la planta de llenado
Distribución	El tanque criogénico permite la instalación de una red centralizada
Seguridad	Evita el traslado de cilindros dentro de las instalaciones, reduciendo los riesgos innecesarios para los operadores.

Fuente: (Flynn, 2005)

Mantenimiento de transportes criogénicos

El mantenimiento debe poseer características que permitan garantizar la operación estable del equipo y por tanto reducir las pérdidas económicas al mínimo y maximizar la disponibilidad, adicionalmente se debe garantizar la seguridad física de los operadores.

La planificación del mantenimiento permite establecer la prioridad del mantenimiento y por tanto orientar los recursos necesarios para cumplir eficazmente los trabajos. El desarrollo de la planificación requiere establecer un proceso que permita optimizar el mantenimiento y funcionalidad de los transportes, por tal razón es importante que se cumplan los siguientes aspectos:

- Garantizar el suministro continuo de producto
- Eliminar perdidas de producto por liberación de sobrepresión
- Prolongar la vida útil del transporte
- Disminuir reclamos por parte del cliente
- Garantizar la seguridad de la operación
- Reducir el costo de mantenimiento

2.3.1 Tipos de mantenimiento

El mantenimiento preventivo se definió como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o las condiciones del equipo**”.** (Dixon, 2000)

Mantenimiento es el conjunto de técnicas y de sistemas que nos permiten prevenir las averías en los equipos, efectuar las revisiones y reparaciones correspondientes a fin de garantizar el buen funcionamiento de los equipos.

A continuación, vamos a ver qué tipos de mantenimiento hay:

- Mantenimiento Basado en el Tiempo (Preventivo)
- Mantenimiento Basado en las Condiciones (Predictivo)
- Mantenimiento Después de la avería (Correctivo)

<u>Mantenimiento Basado en el Tiempo TBM</u>

Consistirá en inspeccionar, ejecutar servicios, limpiar los equipos y sustituir periódicamente piezas para evitar averías súbitas y problemas en los procesos. Este concepto será parte importante tanto del mantenimiento autónomo como del mantenimiento especializado.

Mantenimiento Basado en las Condiciones CMB

Utilizará equipos diagnósticos para supervisar y diagnosticar las condiciones de las máquinas móviles de manera continua o intermitente durante la operación y en inspección durante el empiezo de funcionamiento (verificando las condiciones de los equipos estáticos y comprobando las señales de cambio con técnicas de inspección no destructivas). Como indica su nombre, el mantenimiento basado en condiciones será realizado en función de las condiciones reales de los equipos y no por transcurso de un determinado intervalo de tiempo.

Mantenimiento después de la avería (BDM)

Al contrario de los sistemas anteriores, con este sistema se espera que los equipos fallen para repararlos. Se utiliza el concepto de mantenimiento por avería o defectos cuando el fallo no afecta significativamente las operaciones o la producción o no genera otras pérdidas, además de los costos de reparaciones.

2.3.2 Filosofías del mantenimiento

En forma general existen dos filosofías establecidas, las cuales son: Mantenimiento Total Productivo (TPM) y el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), (Gonzalez, 2005)

Mantenimiento Total Productivo

Tiene los siguientes objetivos: mejorar los sistemas productivos, eliminar las pérdidas económicas, optimizar los recursos y aumentar la fiabilidad de los equipos.

En la Figura 6 se muestran las ventajas del TPM.

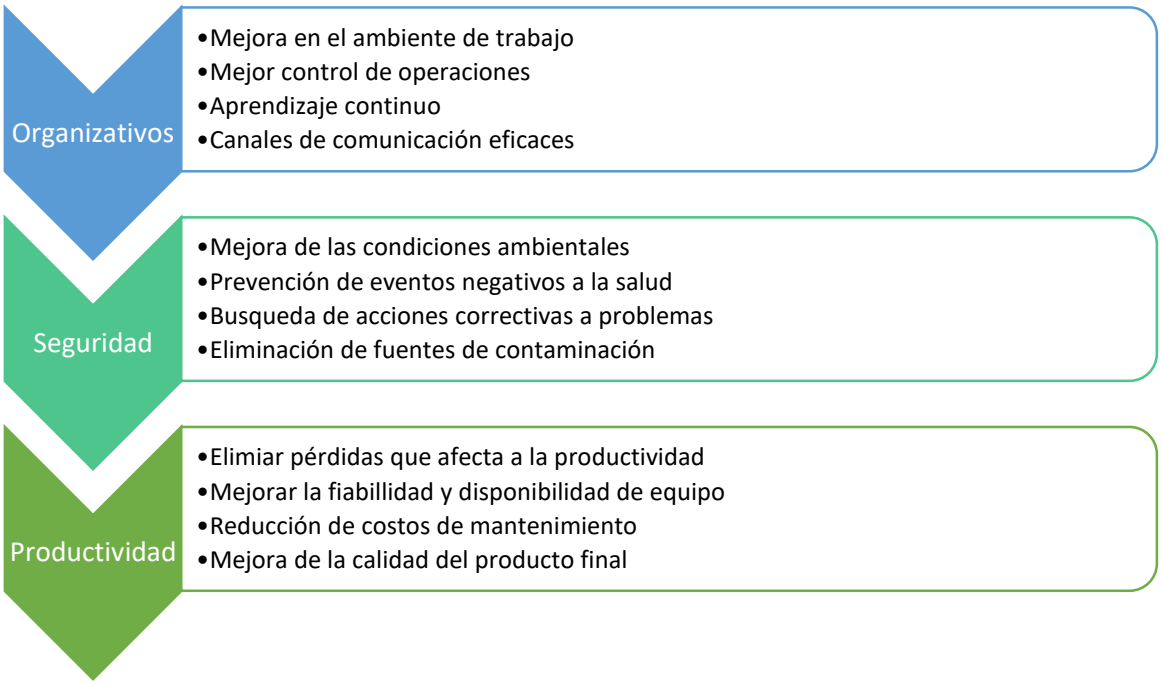


Figura 6. Ventajas del Mantenimiento Total Productivo

(Gómez, 2011)

El TPM toma como referencia el método de calidad e las 5s, es decir, organización, orden, limpieza, aseo y disciplina. Las estrategias básicas que permiten el desarrollo del TPM s les denomina “pilares”, existen ocho los cuales son: mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mantenimiento de calidad, seguridad e higiene, educación y entrenamiento, prevención del mantenimiento y control administrativo, (Tavares, 2006)

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Según el RCM mantenimiento es asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas, esto es porque el mantenimiento (el proceso de causar que continúe) solamente puede entregar la capacidad incorporada o fiabilidad inherente de cualquier elemento (no puede aumentarla). En otras palabras, si cualquier tipo de equipo es incapaz de realizar el funcionamiento deseado en principio, el mantenimiento por sí solo no puede realizarlo. En tales casos, debemos modificar los elementos de forma que pueda realizar el funcionamiento deseado o por el contrario reducir nuestras expectativas.

RCM se basa, pues, en la puesta de manifiesto de todos los fallos potenciales que puede tener una instalación, en la identificación de las causas que los provocan y en la determinación de una serie de medidas preventivas que eviten esos fallos acordes con la importancia de cada uno de ellos. A lo largo del proceso se plantean una serie de preguntas clave que deben quedar resueltas:

¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?

¿Cómo falla cada equipo?

¿Cuál es la causa de cada fallo?

¿Qué parámetros monitorizan o alertan de un fallo?

¿Qué consecuencias tiene cada fallo?

¿Cómo puede evitarse cada fallo?

¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

La solución a estas preguntas para cada uno de los sistemas que componen una instalación industrial conduce a la determinación de los fallos potenciales, las causas de éstos y las medidas preventivas que tendrán que adoptarse.

CAPÍTULO 3

3.1 Diagnóstico del mantenimiento

Los trabajos de mantenimiento de transportes criogénicos, en este caso semirremolques (pipas) y autotanques (ambos denominados tanques cisternas) y más adelante mencionados como UNIDAD, véase en las figuras 7 y 8, se indican en el Programa de Mantenimiento Preventivo Anual, y los correctivos se solicitan imprevistamente por el área de distribución según las averías presentadas en las unidades por medio de una orden de trabajo.

Cabe mencionar que el análisis de mantenimientos, se realizara con los datos obtenidos durante un año.

Figura 7, Semiremolque criogénico (EDASA INFRA , 2019)

Figura 8, Autotanque criogénico (EDASA INFRA , 2019)

Cabe mencionar que las unidades se encuentran en el estacionamiento de planta criogénica, sin embargo, reciben el servicio de mantenimiento en planta de CO2 que se encuentra a 500 metros de distancia.

Se dispone de un listado que contiene el número económico (de unidad), el producto que transporta, y el correspondiente mes para servicio de mantenimiento considerado trimestralmente de acuerdo con el manual de procedimientos interno.

Los trabajos realizados se solicitan mediante una orden de trabajo para los correctivos, y se registran en un reporte de servicio, sin embargo, no se registra en una bitácora de mantenimiento por cada unidad y por lo tanto no se lleva un registro completo de cada servicio proporcionado a la misma, lo que conlleva a pasar por alto algún servicio anterior incumpliendo así con el programa de mantenimiento.

El organigrama del área de mantenimiento se establece de la siguiente manera.

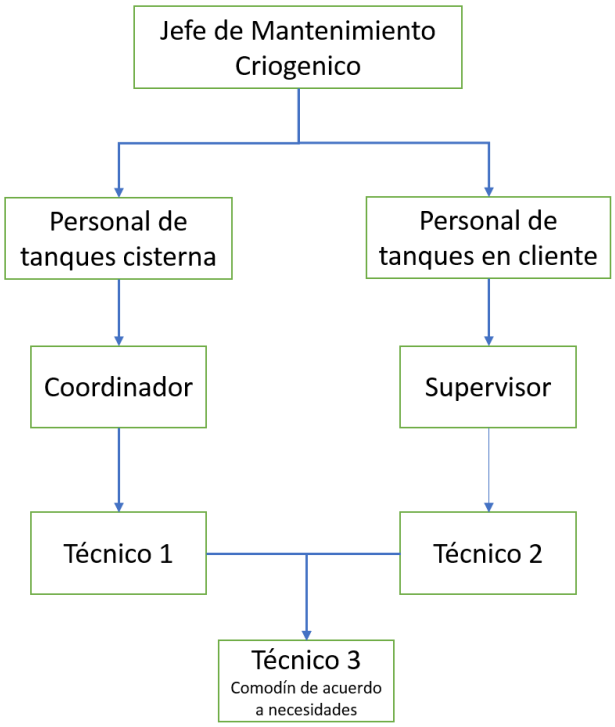


Figura 9. Fuente elaboración propia

El trabajo dentro del departamento de mantenimiento criogénico, se puede esquematizar de la siguiente manera:

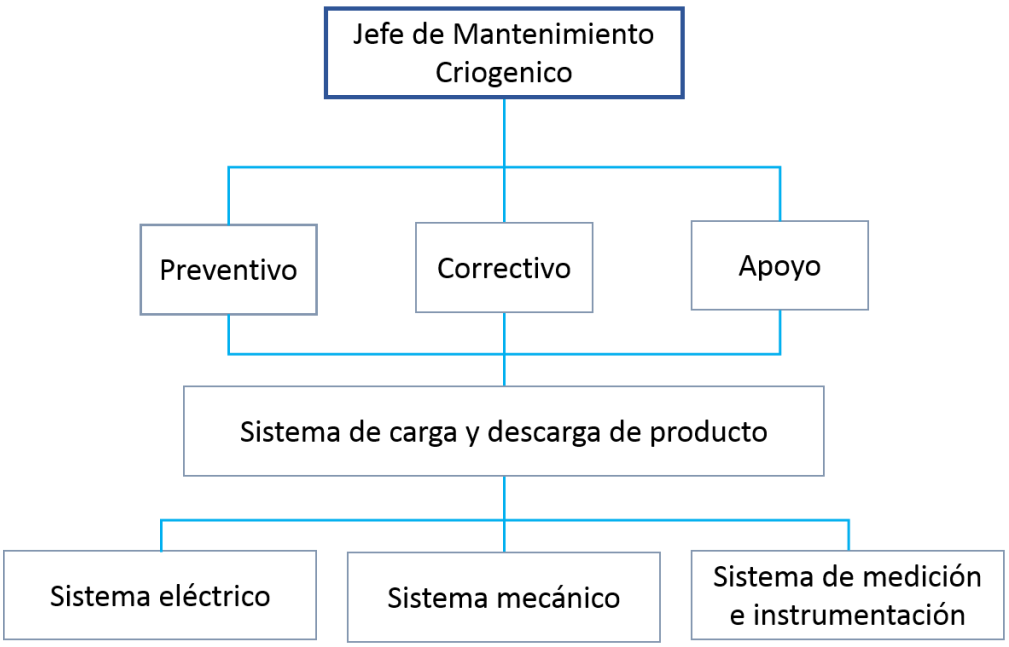


Figura 10. Esquema de trabajo, elaboración propia

3.1.1 Actividades de inspección

- Revisión de datos iniciales

Se cuenta con número económico de cada unidad, su respectivo estimado de mantenimiento preventivo en los dos formatos anual y mensual.

Se redactan los siguientes formatos por mantenimiento preventivo.

- Reporte de servicio a clientes
- Reporte de falla criogénica
- Reporte de inspección trimestral a transportes criogénicos (Check list)
- Reporte de inspección trimestral a transportes de CO2 (Check list)
- Salida de material de consumo de almacén general
- Certificado de servicio y mantenimiento a válvulas de seguridad
- Formato Calibración de flujómetro (en caso de ser necesario)

- Clasificación de los datos

Por producto y a su vez por semirremolque o autotanque.

OXIGENO								
AUTOTANQUES	O11	O12	O13	O14				
SEMI REMOLQUES	O110	O111	O112	O113	O114	O115	O116	O117

NITROGENO						
AUTOTANQUES	N21	N22				
SEMI REMOLQUES	N210	N211	N212	N213	N214	N215

ARGON					
AUTOTANQUES	A31				
SEMI REMOLQUES	A310	A311	A312	A313	A314

DIOXIDO DE CARBONO							
AUTOTANQUES	D71	D72					
SEMI REMOLQUES	D710	D711	D712	D713	D714	D715	D716
	D717	D718	D719	D720	D721	D722	D723
	D724	D725	D726	D727	D728	D729	D730
	D731	D732	D733	D734	D735	D736	D737
	D738	D739	D740	D741			

3.1.2 Frecuencia de las inspecciones

El concepto de fallo en un equipo, máquina o instalación es cuando deja de brindar el servicio, e impide que este realice la función para la que fue diseñada. Las causas de los fallos son muy diversas, no suelen ser los mismos cuando se producen en el inicio de la vida útil que al final. (Sanchez F, 2007)

La duración de la vida útil se puede dividir en tres ciclos diferentes:

- Juventud, periodo de fallo infantil

La mayoría de las fallas son provenientes de la fabricación, pueden presentarse de una manera inmediata o al cabo de poco tiempo de funcionamiento, consecuencia de algunos factores como: errores de diseño o defectos de fabricación o montaje.

- Madurez, periodo útil

En esta zona cuyo periodo es de mayor duración, la tasa de fallos es aproximadamente constante y aleatoria, ya sea fallo mecánico o estructural debido a que los componentes sufren daños por degradación de sus características

consecuencia del paso del tiempo, por lo que se realizan cambios de algunos de sus sistemas antes de que alcancen el periodo de envejecimiento.

- Envejecimiento

Este periodo es el último de la vida útil, en esta zona la tasa de fallos vuelve a crecer, ya que los elementos o sistemas fallan por degradación de sus características por el paso del tiempo y durante el funcionamiento. Aun con reparaciones y mantenimientos efectuados, las tasas de averías aumentan, hasta que al final resulta demasiado costoso el mantenimiento frente a la adquisición de un nuevo equipo.

Estos periodos de vida útil se pueden apreciar en la figura 11 conocida como la curva de la bañera.

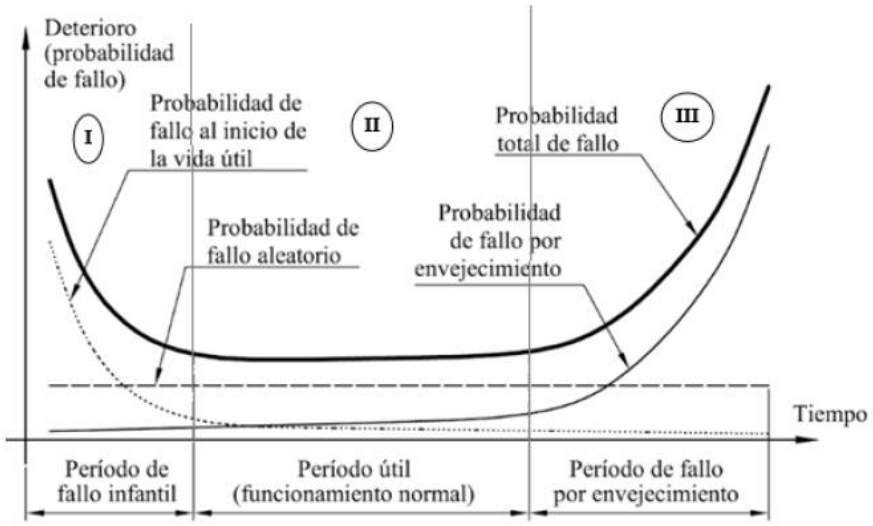


Figura 11. Curva de la bañera (Marin, 2006)

Los mantenimientos preventivos se programan trimestralmente por unidad, por logística en ocasiones estos son adelantados un mes o por el contrario se realizan con un atraso de uno a los tres meses, es decir solo reciben un servicio de mantenimiento en seis meses. Sin el control adecuado existen unidades que rebasan ese tiempo.

También se da el caso de préstamo de unidades de una zona a otra, las cuales no reciben el servicio hasta que regresan, o su cambio definitivo, por lo cual se anexa una unidad que no estaba en dicha zona, y se programa su respectivo mantenimiento a partir de su segundo mes en la zona asignada.

3.1.3 Necesidades, recursos y medios de mantenimiento

El presupuesto con que se cuenta varía cada año en dependencia de las necesidades. Lo que se asigna es en relación a lo que se vaya a comprar como piezas de repuesto o reparaciones, trabajos realizados por terceros, pero no se cuenta con un plan de compra ideal.

No se cuenta con un almacén independiente, ni se lleva su gestión por parte del jefe de mantenimiento. Para cumplir con los principios básicos de mantenimiento, cada persona cuenta con las herramientas e instrumentos necesarios para ejecutar las tareas pertinentes. Los trabajos como pintura de unidades, o proyectos necesarios en la instalación del taller de mantenimiento serán contratados a terceros.

La organización del departamento se divide en dos equipos, los asignados a tanques en clientes normalmente son tres personas, su hora de entrada es a las 8:00 am y dos personas más se quedan en el taller para realizar los mantenimientos a unidades (semiremolques y autotanques), su hora de entrada a las 9:00 am, como punto importante a resaltar es que el encargado de almacén también entra a las 9:00 am, por lo tanto los que van a clientes deben realizar el vale de salida de materiales de almacén y recoger el material pedido un día antes y si por alguna razón hay cambios por urgencias en otros clientes, deben esperar una hora para para poder acceder al almacén.

3.2 Análisis del mantenimiento

3.2.1 Diagrama de Ishikawa

También llamado Diagrama Causa – Efecto, Diagrama de Espina de Pescado o Diagrama de los 6Ms, es una herramienta que ayuda a identificar las causas raíces de un problema, analizando todos los factores involucrados en la ejecución de un proceso.

Fue creado por Kaoru Ishikawa en 1943 para el análisis de los problemas que básicamente representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan. Por tratarse de una herramienta visual, es bastante aplicada para facilitar la organización y el raciocinio de los equipos

Para analizar los factores que influyen en la inadecuada gestión del mantenimiento fue necesario realizar este diagrama, para localizar la mayoría de los problemas existentes. A continuación se observa en la figura 13 la causa principal y las secundarias del problema.

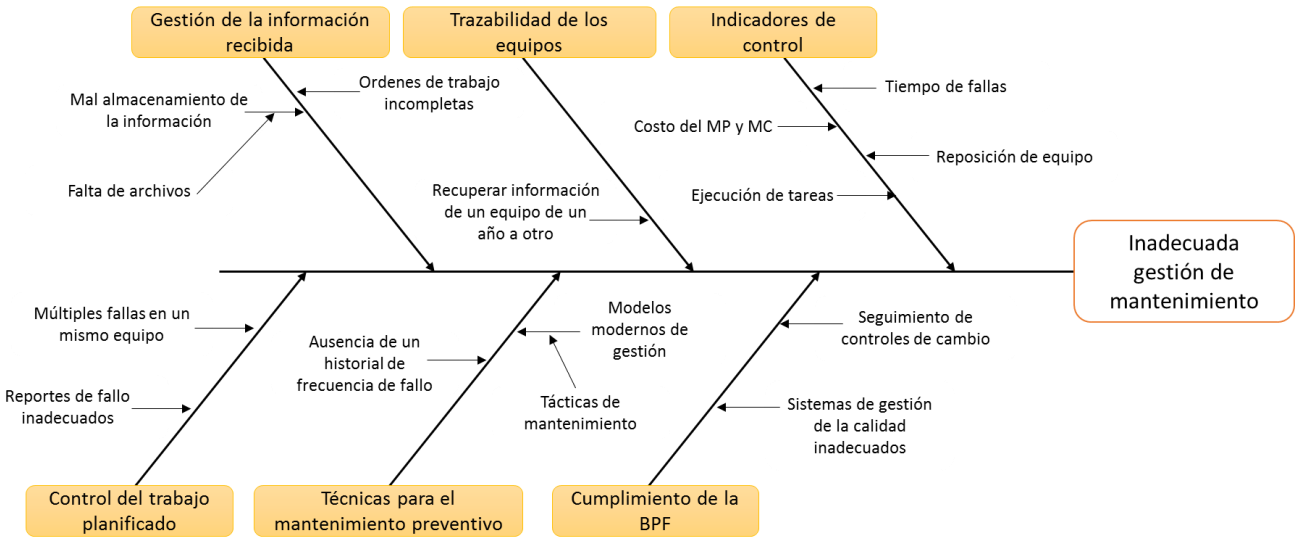


Figura 13, Diagrama de Ishikawa, elaboración propia

3.2.2 Método de Borroto

Se utiliza para identificar los modos de fallos, determinar cuál es la causa origen de cada fallo. Esto asegura que no se malgasten tiempo y esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas.

De acuerdo a este método establece que los fallos pueden clasificarse por aleatoriedad, facilidad de detección, frecuencia y periodicidad.

Para determinar el tipo de mantenimiento más adecuado a cada fallo se consideraron tres tipos: Mantenimiento Predictivo (I), Mantenimiento Preventivo (II) y Mantenimiento Correctivo (III).

Este método se resume en la siguiente tabla.

Clase	Periódico de fácil detección	Periódico de difícil detección	Aleatorio poco frecuente	Aleatorio muy frecuente
"A"	I, II, III	II, I, III	I, III	I, III
"B"	I, II, III	II, III	III	I, III
"C"	II, III	III	III	III

Tabla 3. Método utilizado para seleccionar el sistema de mantenimiento más adecuado a cada activo

El factor Clase caracteriza la importancia del modo de fallo dentro del proceso. Los de clase “A” son los de mayor importancia, debido al impacto que provocan en el orden económico y en la seguridad del personal. Los de clase “C” aquellos que influyen poco sobre las variables mencionadas.

Según este método, para un modo de fallo que clasifique como “A” y sea periódico, y de fácil detección, debería analizarse primero la posibilidad de asignársele mantenimiento predictivo, y de no ser posible, el mantenimiento preventivo y, por último el correctivo.

3.2.3 Diagrama de Pareto

Es una técnica que permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que deberías enfocarte y solucionarlos.

Entonces, la función del diagrama de Pareto es que las empresas puedan reconocer cuales son las necesidades más importantes a las que deberían dirigir sus esfuerzos y no malgastar recursos en asuntos pocos relevantes, de ahí la importancia de siempre hacer un análisis de datos.

Es un gráfico de barras que enumera las categorías de orden descendente de izquierda a derecha, el cual es utilizado por un equipo para analizar causas, estudiar resultados y planear una mejora continua.

En el diagrama de Pareto se indica que hay muchos problemas sin importancia y solo unos graves, ya que por lo general el 80% de los resultados de fallos totales se originan en el 20% de los elementos.

Permite identificar visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que son importantes prestar atención y de esta manera utilizar todos

los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar. En la figura 14 se puede observar un diagrama de Pareto aplicado a este caso.

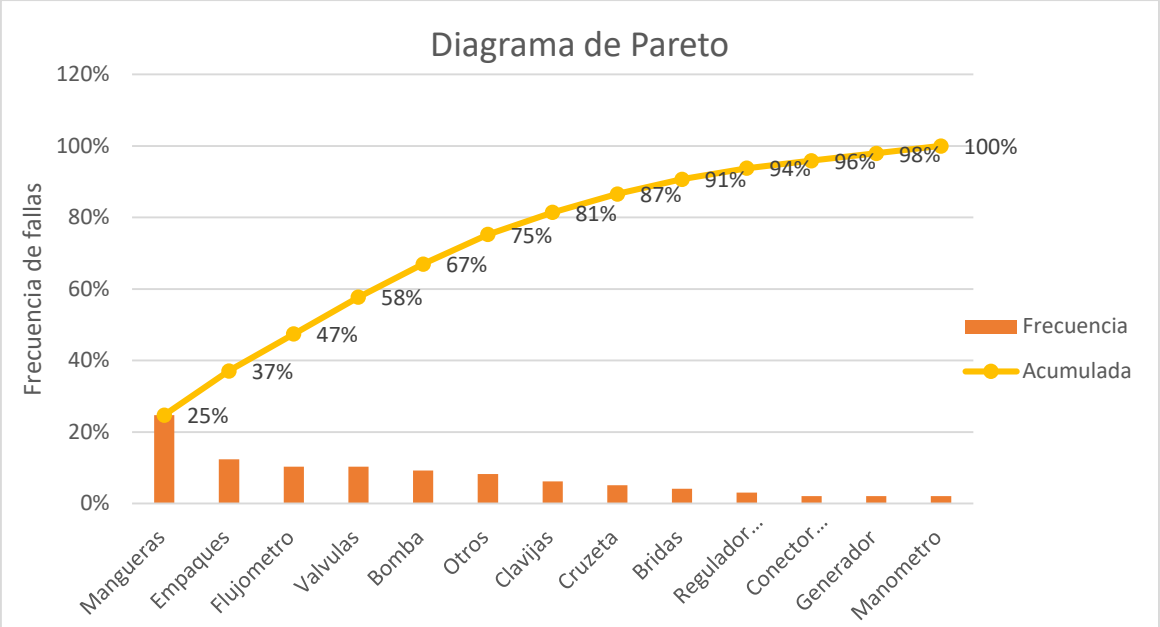
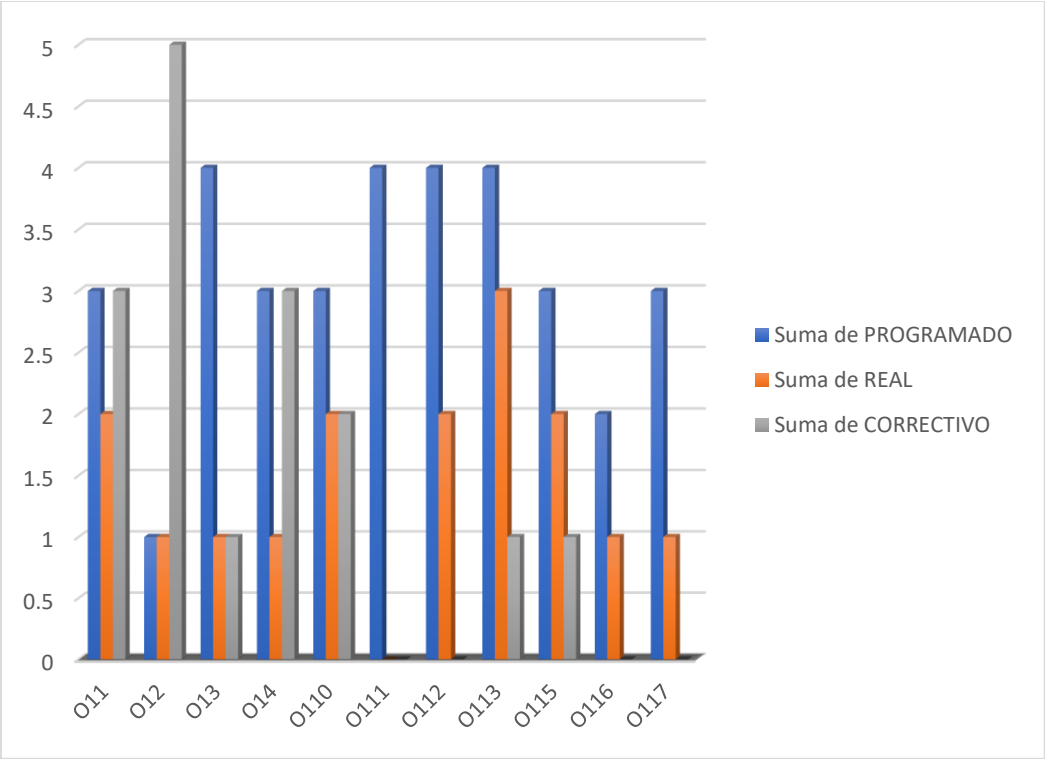


Figura 14, Diagrama de Pareto, elaboración propia

3.2.4 Concentrado de datos

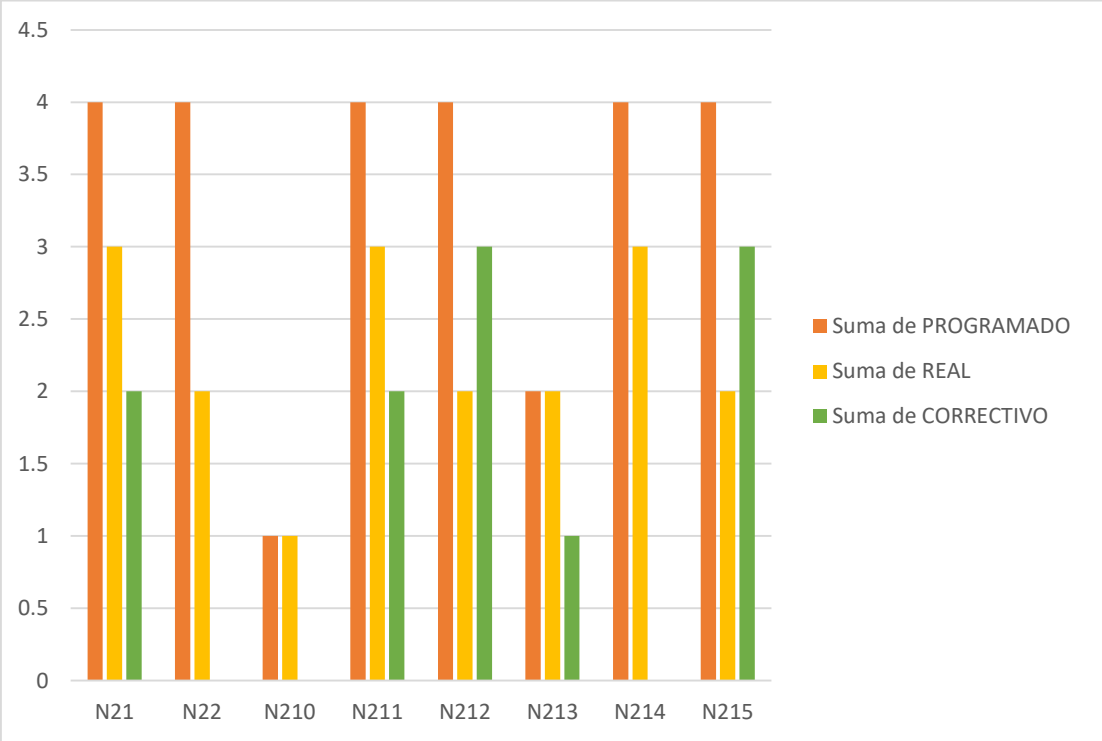
Con base a lo obtenido de información sobre los servicios brindados a las unidades (mantenimientos preventivos y correctivos) en el periodo de un año, se registran los siguientes resultados por producto.

Oxigeno



Grafica 1, para la distribución de oxígeno se cuenta con 11 unidades, como podemos observar en algunos casos específicos los mantenimientos preventivos son iguales a los correctivos, o en su defecto más correctivos que preventivos, lo que pone de manifiesto una inadecuada gestión de los mantenimientos pues se enfoca en corregir lo que va a saliendo con el paso del tiempo deteniendo la unidad por algunas horas, en vez de dejarla en el taller por un turno completo para revisar a detalle el funcionamiento.

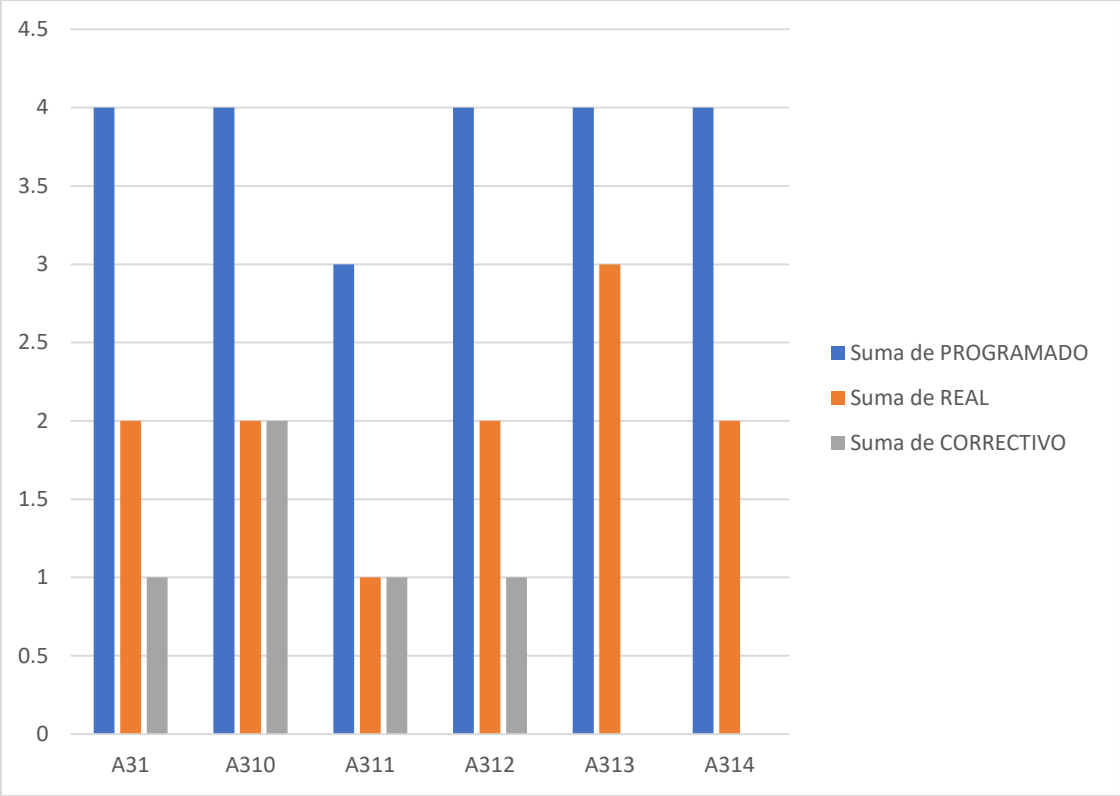
Nitrógeno



Grafica 2, en el caso de nitrógeno se tienen 8 unidades, aquí podemos observar que las tendencias de cumplimiento son mejores que en el producto anterior, sin embargo, los mantenimientos correctivos en dos unidades son iguales a los mantenimientos preventivos.

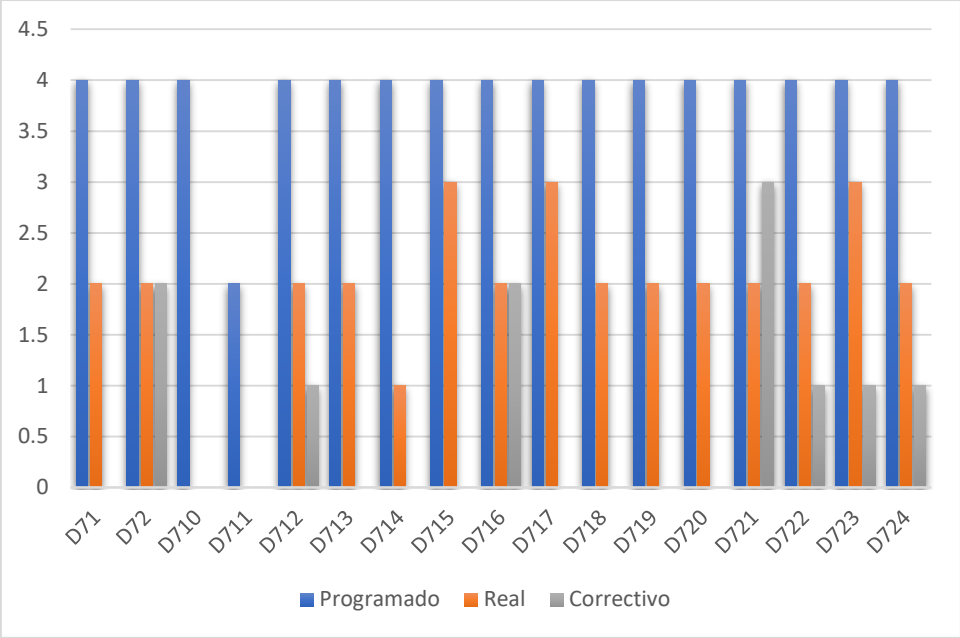
Esto puede ser consecuencia de varios factores, tiempo disponible para ejecutar el mantenimiento, disponibilidad de piezas de recambio, stock de almacén, etc. pero simplificando eso denota una ejecución media en el mantenimiento.

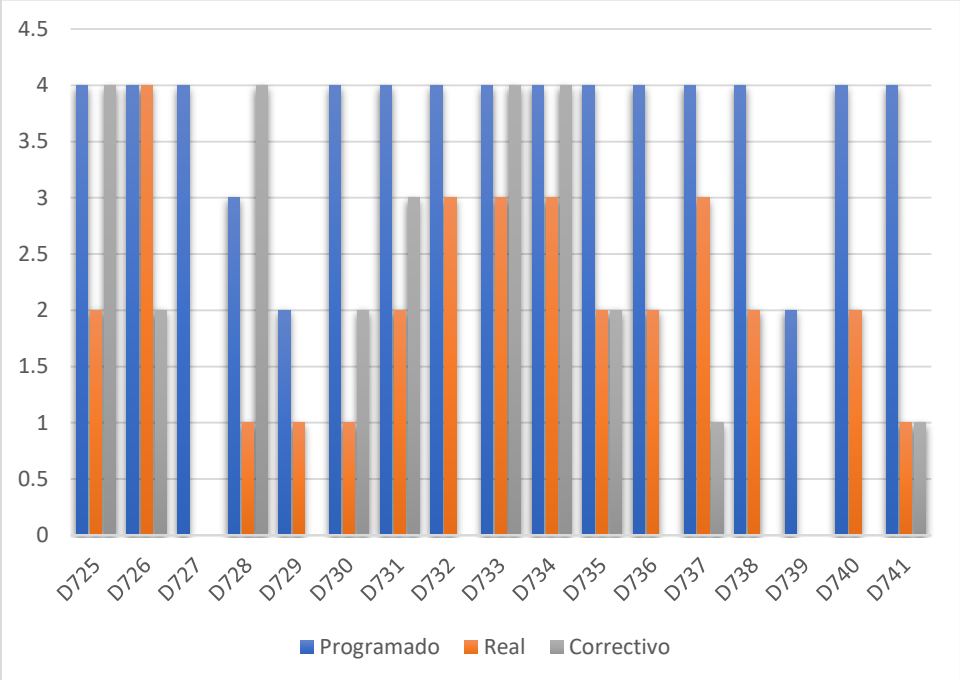
Argón



Grafica 3, en el caso de este producto es el que menor ha recibido mantenimientos correctivos aun considerando la proporción de que solo son 6 unidades, en los cumplimientos no se observa una tendencia favorable, pero se minimiza en la eficiencia por los pocos correctivos que presentan.

Dióxido de Carbono

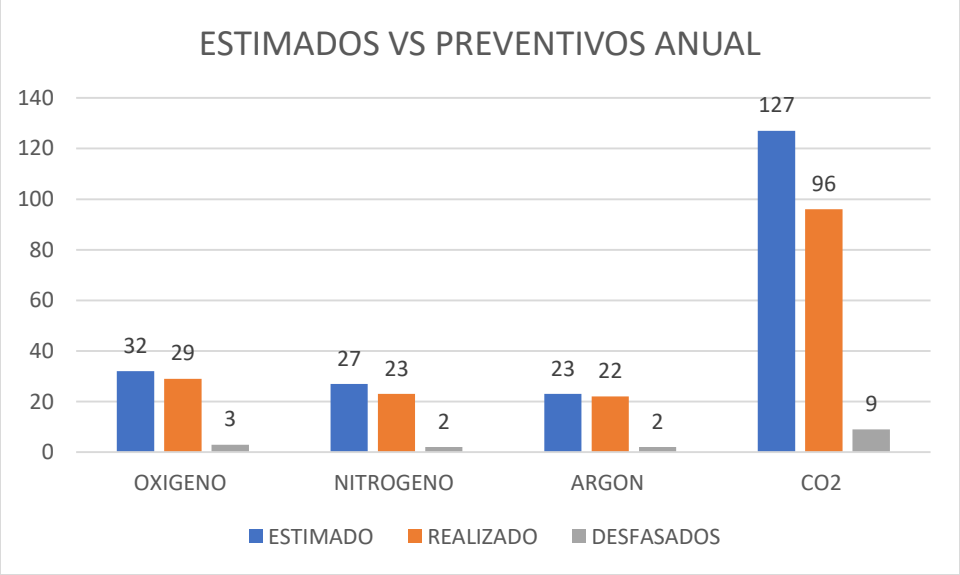




Grafica 4, para la comercialización de este producto se cuentan con 17 unidades, estas son las que mayor demanda tienen por parte de distribución y mantenimiento, para su utilización y para brindarles servicios respectivamente. También es importante mencionar que son las que presentan mayor movilidad entre zonas (préstamos o cambios definitivos).

En todos los casos anteriores se evidencia que no se cumple con el 100% de los mantenimientos programados, como se describió con anterioridad esto no solo depende del departamento de mantenimiento el cual depende en cierto grado del área de distribución (logística), para detener las unidades en la fecha estimada por los calendarios mensuales, los cuales se envían al fin de mes con la programación del mes siguiente.

A continuación, se presenta la gráfica que reúne todos los datos obtenidos durante el año, de estimados y preventivos realizados agrupados por productos.



Grafica 5, se muestra como resultado una eficiencia de 78.62% en el área de mantenimiento.

Por los resultados obtenidos en el análisis de datos, como puede verse en los resultados, la eficiencia no es tan mala, sin embargo, también nos pudimos dar cuenta de que hay unidades de después de salir de un mantenimiento preventivo, presentaban fallas al mes o incluso antes.

Otra observación importante es la disponibilidad de la unidad (semirremolque o autotanque) para realizar su servicio de mantenimiento correspondiente trimestral. Lo cual conlleva a tener unidades que, si cumplen con sus cuatro respectivos preventivos que fueron estimados, pero no en el mes que les correspondía, dando así unidades desfasadas en el tiempo.

CAPITULO 4

Propuesta de plan anual de mantenimiento preventivo

Se pretende realizar el mantenimiento preventivo basado en el tiempo para esto tomaremos en cuenta un promedio de 60 unidades anuales. Se propone hacer 4 mantenimiento preventivos anuales por unidad, dos de estos mantenimientos serán denominados mayores y se realizarán cada medio año, y dos menores, a continuación se describe en que consiste cada uno.

En el mantenimiento mayor, se realizará una unidad en todo el turno, por dos técnicos, los cuales se encargarán de revisar toda la unidad, sustituyendo piezas dañadas etc.

MANTENIMIENTO MENOR

Se efectuará cada dos meses y se realizará de la siguiente manera:

a) Limpieza general del equipo
b) Verificar el funcionamiento adecuado de los mecanismos, operando libremente sin forzamientos
c) Limpiar, asentar y apretar tornillería y conexiones flojas
d) Verificar que no haya desgaste excesivo en las piezas y/o cables, reemplazando cualquier parte rota, quemada, deformada o desgastada.
e) Revisar que los equipos tengan la calibración adecuada.

MANTENIMIENTO MAYOR

Se llevará a cabo cada 6 meses, se realizarán todas las operaciones de mantenimiento menor más el complemento a los siguientes equipos.

a) Motor eléctrico
b) Generador eléctrico
c) Bombas de transferencia
d) Flujómetro
e) Totalizador

El sistema de carga y descarga de producto es parte fundamental de los tanques para el transporte, pues como su nombre lo indica por medio de este sistema se llenan las pipas y autotanques para distribuir el producto en forma líquida a los clientes.

Este sistema está compuesto por tres partes fundamentales (eléctrica, mecánica y de medición), que son dependientes entre sí, ya que necesitan tener una correcta coordinación para que se logre el funcionamiento del Sistema Principal.

- Sistema eléctrico

  Compuesto principalmente por: tomas de fuerza, generadores, motores, motobombas, tableros de fuerza y control.

- Sistema mecánico

  Está compuesto principalmente por: bombas de transferencia, válvulas y reguladores.

- Sistema de medición

Se compone principalmente por: indicadores de nivel, manómetros, flujómetros y totalizadores.

A continuación se describe cada sistema y la forma en que se revisaran para realizar el mantenimiento.

4.1 Sistema eléctrico

Este puede variar dependiendo si se trata de una pipa o de un autotanque, puesto que su alimentación se realiza de forma diferente. Su principal diferencia es que el autotanque cuenta con un generador eléctrico que le permite tener un sistema autónomo y que también puede ser externo. En el caso de una pipa siempre será externo.

Mantenimiento menor

Para realizar un mantenimiento menor del sistema eléctrico el equipo debe estar desenergizado y será de la siguiente manera:

1. Limpieza general del tablero.
2. Verificar el funcionamiento del horómetro y tomar lectura.
3. Revisión del contactor magnético: verificando el funcionamiento adecuado de los mecanismos.
4. Revisar que el relevador de sobrecarga tenga la calibración adecuada ya que por estar sujetos a movimientos sufren desajustes. Calibrarlos de acuerdo a los datos de la placa del motor.

5. Verificar que tanto el selector de rotación como el de voltaje giren libremente en ambos sentidos.
6. Apretar tornillería en todos los puntos de conexión. Las conexiones flojas ocasionan inconsistencia en la operación y aumentan el riesgo de una descarga eléctrica, además de contribuir a las interferencias electromagnéticas.
7. Limpiar y asentar todos los platinos móviles y fijos que existan en el sistema.
8. Reconectar cables sueltos.
9. Revisar los bornes de las clavijas y apretar los tornillos que sujetan los cables.
10. Verificar que el motor no tenga la base rota ni tornillos sueltos o faltantes. Se debe girar manualmente la flecha debiendo girar esta libremente. Detectar ruidos, resequedad en baleros, movimientos axiales o radiales excesivos.
11. Revisar que las escobillas del alternador no estén pegadas o que no tengan un desgaste excesivo.
12. Inspeccionar los anillos deslizantes del alternador, verificando que no tengan picaduras, superficie rugosa o perdida de concentricidad.

Con equipo energizado:

1. Colocar el selector de rotación en la posición de neutro.
2. Conectar la clavija en el receptáculo adecuado para el nivel de tensión (220v o 440v) que se va a trabajar.

3. Accionar el selector de voltaje al nivel de tensión requerido, así como el selector de rotación para verificar el funcionamiento adecuado de los contactos de control en 220v y 440v del mismo selector.
4. Verificar que la lámpara de la caseta este encendida.
5. Accionar el botón de arranque de motor e inmediatamente pararlo, esto es con el fin de verificar el sentido del giro de la bomba, se debe esperar a que pare totalmente el motor y cambiar a la otra posición para hacer el cambio de giro.
6. La prueba con el motor funcionando debe hacerse por intervalos de tiempo muy cortos, pues la bomba al trabajar en vacío se daña en sus partes internas, principalmente los impulsores y el sello.
7. Conectar la toma de fuerza mecánica que mueve al generador y echarlo a andar para verificar su correcto trabajo y generación de energía eléctrica.

Mantenimiento mayor

Se llevará a cabo cada medio año y se realizarán todas las operaciones del mantenimiento menor más la habilitación de tableros de reserva para emergencia y el mantenimiento completo a las maquinas eléctricas que se describen a continuación:

- Generador eléctrico
    1. Se efectúa cambio de baleros.
    2. Se revisan flecha, poleas, banda, ventilador y bases.
    3. Se rectifican anillos.

4. Se cambian las escobillas buscando que al menos un 75% de su superficie este en contacto con el anillo.
5. Se mide la resistencia de aislamiento y se barnizan los embobinados.
6. Se limpia la carcasa y se pinta.

- Motor eléctrico
  1. Se efectúa cambio de baleros.
  2. Se revisa y/o cambia la flecha, poleas, banda, ventilador y bases.
  3. Se mide la resistencia de aislamiento y se barnizan los campos.
  4. Se limpia la carcasa y se pinta.

- Habilitación de tableros
  1. Se examina cuidadosamente cada uno de los dispositivos, reparando o reponiendo la parte dañada.
  2. Se reponen piezas faltantes.
  3. Se cambia todo el alambrado siguiendo el diagrama eléctrico.
  4. Se habilitan los selectores de rotación y voltaje con ayuda de su respectivo diagrama.

4.2 Sistema mecánico

En este caso no hay un procedimiento estricto a seguir. La cantidad y el grado de mantenimiento que se requiera depende sobre todo de la naturaleza del uso de la bomba, por lo tanto, las prácticas de mantenimiento deben determinarse en gran parte por el usuario.

Mantenimiento preventivo

Se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo a bombas criogénicas que se lleva a cabo cada mil horas de trabajo efectivo, es importante mencionar que se tomó como antecedente la vida útil del sello criogénico y de los baleros.

- El sello criogénico tiene un tiempo de vida de seis meses, pero si la bomba se mantiene dentro de las tolerancias descritas por el fabricante y la operación es adecuada, la vida útil se puede prolongar hasta alrededor de un año.

- La vida útil de los baleros es indefinida pero por experiencia se determinó que a partir de mil horas de vida útil presentan fallos como: vibración, calentamiento, desgaste axial, desconchado, entre otras.

Para una operación satisfactoria se recomiendan las siguientes inspecciones:

1. Mensualmente hacer una inspección visual de la bomba.
2. Cada seis meses inspeccionar el ensamble del sello y reemplazarlo si es necesario.
3. Anualmente desmontar y checar todo el equipo, inspeccionando todos sus componentes:

a) Revisar desgaste u otras condiciones de falla.

b) Reemplazar el sello.

c) Reemplazar los baleros.

d) Reemplazar componentes en mal estado.

e) Registrar todos los datos y observaciones en la bitácora de la bomba.

El mantenimiento preventivo para el resto del sistema mecánico, es decir, las válvulas en general y reguladores se lleva a cabo cada medio año, observando y reparando y/o cambiando la pieza o la parte que se cree puedan causar problemas.

Para el caso de las válvulas de seguridad y de alivio, el mantenimiento se hace sustituyendo la válvula total para ser recalibradas, aun cuando abran adecuadamente, esto es porque son consideradas un dispositivo vital dentro del sistema de seguridad del tanque ya que estas garantizan que el recipiente no se sobrepresione y por consecuencia garantizan la seguridad del personal, los equipos y la integridad del tanque.

4.3 Sistema de medición e instrumentación

Es el encargado de cuantificar y totalizar la presión y el producto contenido y descargado. Está integrado por:

- Indicador de nivel
- Manómetros
- Flujómetro y totalizador

Mantenimiento preventivo

Para la detección de fallas, reparación y/o retiro del indicador de nivel, se debe seguir el procedimiento:

1. Revisar visualmente el instrumento, válvulas, tuberías y conexiones para detectar puntos de falla.
2. Revisar con el detector Sherlock para localizar fugas en el sistema.
3. Revisar la posición de las válvulas de bloqueo y tripe.
4. Realizar los trabajos correspondientes como son:
    a) Cambiar tuercas
    b) Sellar
    c) Avellanar
    d) Cambiar tubos
    e) Apretar conexiones
    f) Revisar y/o cambiar diafragma de válvula de derivación
    g) Limpiar válvula de diafragma

h) Cambio de manómetro si se requiere

5. Probar fluidez en líneas
    a) Desconectar la tubería de las conexiones del indicador
    b) Abrir válvulas de diafragma gas y líquido, cerrar derivación
    c) Abrir la válvula de bloque líquido, comprobando que el líquido fluya continuamente, cerrar la válvula
    d) Cerrar válvulas de diafragma gas y líquido, abrir derivación
6. Arrancar el sistema
7. Checar la posición de las válvulas
    a) Revisar que no haya fugas

Para el caso del flujómetro y totalizador, el programa de mantenimiento también se aplica cada seis meses.

Se deben revisar las tarjetas de funcionamiento las cuales son:

- Tarjeta multiplicadora
- Tarjeta indicadora
- Tarjeta compensadora de temperatura

Se revisan todas las conexiones, es estado de todos los componentes externos, la turbina de flujo y la continuidad en los cables de conexión.

Para el caso específico del flujómetro se debe calibrar por el método metrológico de Calibrador patrón dada su exactitud.

A continuación se explica brevemente el procedimiento de calibración:

1. Se conecta el calibrador patrón a la descarga del tanque. Un extremo de manguera a la salida del patrón y el otro al llenado superior de la pipa.
2. Se conectan los cables del calibrador patrón al flujómetro y sensor de temperatura. Se alimenta el calibrador a una fuente de 110v.
3. Después de enfriar adecuadamente la bomba, se procede a recircular el producto.
4. Tener la máxima exactitud a la hora de la prueba, haciendo coincidir el conteo del patrón con el del tanque.
5. Finalmente se da el debido ajuste al totalizador del tanque con respecto a lo indicado por el calibrador patrón.

4.4 Programación de unidades por mes

Para la realización de este plan anual se tomaron en cuenta los días de asueto y vacaciones considerados en la ley federal del trabajo y los que la empresa otorga a los trabajadores, así como los días de descanso, por consiguiente los días de trabajo efectivo al mes.

Se considera que algunos incumplimientos son por tener unidades programadas de más de acuerdo a los que se pueden atender, por ejemplo, el mes de diciembre tuvo una asignación de 20 unidades para mantenimientos preventivos y 6 unidades para mantenimientos correctivos.

Tomando en cuenta que para cada MP se requiere un turno completo de trabajo de dos técnicos, y que para los MC también requieren tiempo, salida a almacén, llenado de documentos para autorizaciones, entre otros factores, se tenían a disposición 17 días, por lo tanto la eficiencia y el cumplimiento se ven comprometidos. Es por esto que a continuación se presenta las tablas comparativas de la distribución de unidades por producto mensual.

	ANTERIOR				
	Oxigeno	Nitrógeno	Argón	CO2	TOTAL
ENERO	1	3	1	10	15
FEBRERO	1	1	2	9	13
MARZO	5	3	2	11	21
ABRIL	3	4	1	10	18
MAYO	3	1	2	10	16
JUNIO	3	3	3	11	20
JULIO	3	2	1	10	16
AGOSTO	2	1	2	13	18
SEPTIEMBRE	2	3	3	11	19
OCTUBRE	3	2	1	9	15
NOVIEMBRE	3	1	2	12	18
DICIEMBRE	4	2	3	11	20

Tabla 4, distribución anterior.

Así es como estaban distribuidos los mantenimientos el año pasado, como se explicó en párrafos anteriores había meses en los que había más programados de los que se podían atender al 100%, en algunos casos solo se revisaba y corregía lo urgente, programando la unidad para días consecutivos, los cuales movían completamente las unidades que se tenían programadas para esos días.

Resaltemos que hay casos contrarios, meses en los que había días que no había ninguna unidad en el taller para ejecutar su mantenimiento, a pesar de tener programado mínimo una unidad por día, dicha unidad no se presentaba para su servicio, algunas causas fueron por viajes urgentes a clientes, tiempo de más en los viajes, cambios o prestamos no notificados al área de mantenimiento, entre otros.

Propuesta

Por productos se tomó en cuenta los siguientes datos;

- Oxigeno; 12 unidades
- Nitrógeno; 8 unidades
- Argón; 6 unidades
- Dióxido de carbono; 17 unidades

	Oxigeno	Nitrógeno	Argón	CO2	TOTAL
ENERO	1		1	3	5
FEBRERO	1	1		2	4
MARZO	1		1	3	5
ABRIL	1	1		2	4
MAYO	1	1	1	3	6
JUNIO	1	1		4	6
JULIO	1	1	1	3	6
AGOSTO	1	1		4	6
SEPTIEMBRE	1		1	3	5
OCTUBRE	1	1		3	5
NOVIEMBRE	1		1	3	5
DICIEMBRE	1	1		1	3

Tabla 5, distribución por producto.

De acuerdo al total de unidades por producto, se distribuyeron en los meses teniendo en consideración los días disponibles por mes. Para el oxígeno se cuenta con 12 unidades, asignando 1 unidad por mes, en el nitrógeno se cuenta con 8 unidades, se propuso asignar unidades en los meses con menos días de asueto, en el caso del argón como son 6 unidades se distribuye dejando un mes libre entre cada programado y por último para la distribución de las unidades de CO2 recurrimos a lo realizado en el nitrógeno, asignar más unidades en los meses que tienen más días disponibles.

Recordando que por cada unidad programada en el mes, esta tiene 3 mantenimientos programados más durante el año. Por lo cual queda de la siguiente manera.

	PROPUESTA				
	Oxigeno	Nitrógeno	Argón	CO2	TOTAL
ENERO	4	2	2	11	19
FEBRERO	4	4	2	12	22
MARZO	4	2	2	11	19
ABRIL	4	2	2	11	19
MAYO	4	4	2	12	22
JUNIO	4	2	2	11	19
JULIO	4	2	2	11	19
AGOSTO	4	4	2	12	22
SEPTIEMBRE	4	2	2	11	19
OCTUBRE	4	2	2	11	19
NOVIEMBRE	4	4	2	12	22
DICIEMBRE	4	2	2	11	19

Tabla 6, distribución propuesta.

Hay que tomar en cuenta que los mantenimientos preventivos por unidad son de cuatro al año, con dos mantenimientos mayores que se realizaran en un turno completo de dos técnicos.

	MAYOR				MENOR				TURNO COMPLETO
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	
ENERO	2	1	2	6	2	1	0	5	11
FEBRERO	2	2	0	6	2	2	2	6	10
MARZO	2	0	2	6	2	2	0	5	10
ABRIL	2	1	0	5	2	1	2	6	8
MAYO	2	2	2	6	2	2	0	6	12
JUNIO	2	2	0	5	2	0	2	6	9
JULIO	2	1	2	6	2	1	0	5	11
AGOSTO	2	2	0	6	2	2	2	6	10
SEPTIEMBRE	2	0	2	6	2	2	0	5	10
OCTUBRE	2	1	0	5	2	1	2	6	8
NOVIEMBRE	2	2	2	6	2	2	0	6	12
DICIEMBRE	2	2	0	5	2	0	2	6	9

Tabla 7, distribución considerando mantenimientos mayores y menores.

Esto quiere decir que, por turno completo se estaría dando mantenimiento preventivo a 11 unidades en 11 días por poner un ejemplo en el mes de enero y los días restantes se pueden atender a las otras 8 unidades para mantenimiento menor que requieren menos horas de trabajo y un solo técnico para la realización de este, es decir, estarían haciendo 15 días efectivos de trabajo y además podrían atender unidades para mantenimientos correctivos o en dado caso calibraciones de flujómetros.

A continuación se presenta el Programa anual de mantenimiento preventivo por meses, unidades y productos.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL

PLANTA: _____ FECHA: _____

Primer MP Mayor
Segundo MP Mayor
MP menores

		AÑO												
PROD.	UNIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	OBSERVACIONES
LOX	O11													
LOX	O12													
LOX	O13													
LOX	O14													
LOX	O110													
LOX	O111													
LOX	O112													
LOX	O113													
LOX	O114													
LOX	O115													
LOX	O116													
LOX	O117													
LIN	N21													
LIN	N22													
LIN	N210													
LIN	N211													
LIN	N212													
LIN	N213													
LIN	N214													
LIN	N215													
LAR	A31													
LAR	A310													
LAR	A311													
LAR	A312													
LAR	A313													
LAR	A314													
CO2	D71													
CO2	D72													
CO2	D710													
CO2	D711													
CO2	D712													
CO2	D713													
CO2	D714													
CO2	D715													
CO2	D716													
CO2	D717													
CO2	D718													
CO2	D719													
CO2	D720													
CO2	D721													
CO2	D722													
CO2	D723													
CO2	D724													
CO2	D725													
CO2	D726													
CO2	D727													
CO2	D728													
CO2	D729													
CO2	D730													
CO2	D731													
CO2	D732													
CO2	D733													
CO2	D734													
CO2	D735													
CO2	D736													
CO2	D737													
CO2	D738													
CO2	D739													
CO2	D740													
CO2	D741													

CAPITULO 5

5.1 Recomendaciones

El resultado de la evaluación de los indicadores es importante en dos sentidos. Por una parte es importante mejorar la calidad del servicio para proporcionar excelencia en el buen desempeño del trabajo, pero por otra parte los aspectos competitivos no deben ser descuidados.

Indicadores

Los indicadores se han dividido en tres grupos básicos: indicadores de equipamiento, de gestión y productividad e indicadores de costo.

- Equipamiento: Tiempo medio entre fallas, Tiempo promedio para fallar, Tiempo medio para reparar, Disponibilidad.
- Gestión y productividad: Cumplimiento del Plan de Mantenimiento, Ocupación, Rendimiento, Eficacia.
- Costos: Costos de mantenimiento Planificado, Costo de mantenimiento correctivo, Resumen de las actividades de mantenimiento.

Organización del departamento

Con el objetivo de llevar un control de las actividades que se realicen durante el día se propone que la hora de entrada de todo el personal de mantenimiento sea a las 8:30 am, para realizar una reunión diaria y definir las prioridades del día, situación de los trabajos realizados, trabajos pendientes, etc. se realizara el llenado de bitácora diaria con las decisiones tomadas.

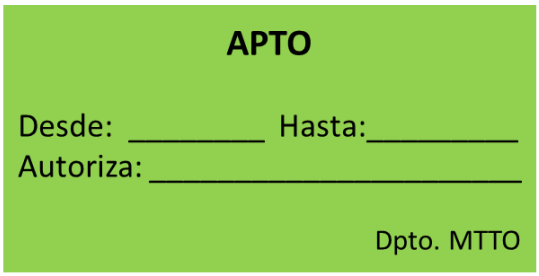
Etiquetas de identificación

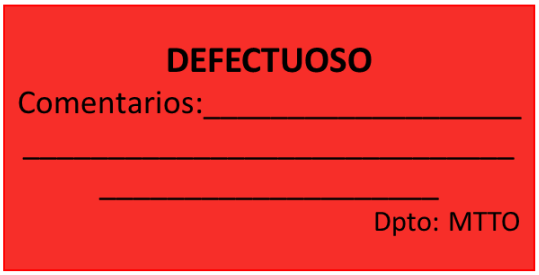
La unidad se podrá utilizar siempre y cuando su etiqueta lo indique, se usarán tres tipos de etiquetas: apto, precaución y defectuoso.

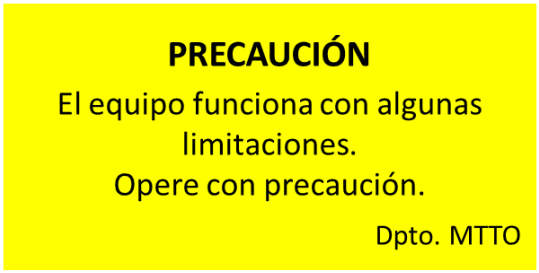
La etiqueta de precaución, se visualizará con color amarillo y se colocará:

- Cuando se realice una intervención correctiva y no se devuelva de forma óptima a sus condiciones de disponibilidad, pero pueda operar bajo ciertas restricciones sin ocasionar daños ni pérdidas o;
- Cuando se haya sobrepasado el tiempo de mantenimiento preventivo y no se le haya brindado asistencia técnica.

Las etiquetas de identificación se muestran a continuación:







Informes técnicos:

El sistema informático almacenara en soporte digital toda la información relacionada con las actividades de mantenimiento. Los modelos a implementar son los siguientes:

- Expediente técnico
- Ficha de vida
- Informes de actividades de mantenimiento
- Programa anual de MPP
- Presupuesto operativo
- Solicitud de compras
- Solicitud de mantenimiento
- Orden de trabajo

Organización del almacén (sección de mantenimiento)

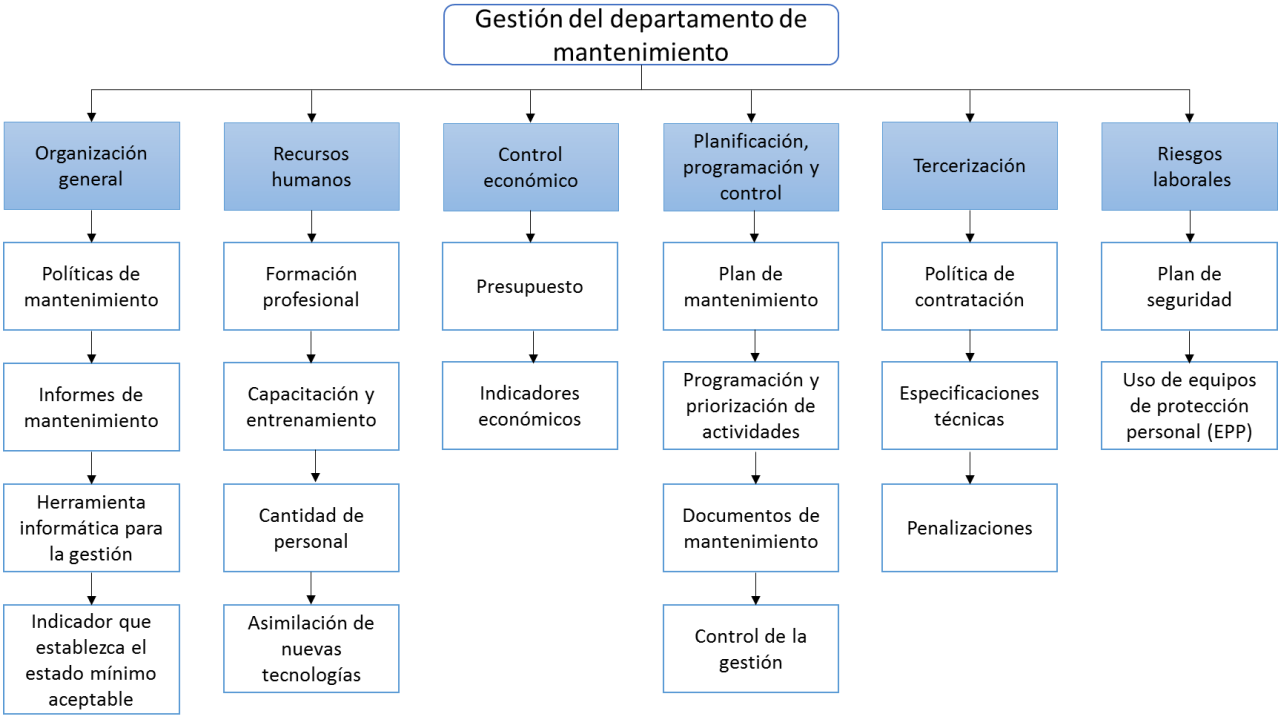
Es necesario la existencia del almacén para mantenimiento o una sección de insumos en el área de mantenimiento, identificando a la figura responsable por parte de mantenimiento.

Para esto es necesario realizar un listado del material necesario, repuestos, instrumentación, elementos de desgaste, etc. El listado debe ser ABC de materiales (mínimo de Stock necesario para ejecutar la función mantenimiento en no menos de un año).

Mayor comunicación e interacción de las áreas de mantenimiento y distribución

Para programar los estimados de las unidades teniendo en cuenta la información como horas o días disponibles, recorrido de las unidades para saber cuándo regresaran a planta, posibles cambios de zona o prestamos, unidades que llegaran a nuestra zona y así poder incluirlas en los calendarios, así como pedir sus reportes técnicos de mantenimiento en el último año.

A continuación se presenta una estructura jerárquica de los requerimientos y criterios a priorizar en la gestión de mantenimiento.



5.2 Conclusiones

En el presente trabajo se demuestra la importancia de implementar un sistema de gestión de mantenimiento para el control de las actividades del departamento, el procedimiento se sustenta en la idea de que lo más importante es lograr el cumplimiento de los objetivos cuidando que las decisiones del departamento de distribución sean coherentes con las exigencias y capacidad del área de Mantenimiento.

Se reafirma que la metodología que se propuso a desarrollar Mantenimiento basado en el tiempo, cumple con los requerimientos necesarios para mejorar la gestión de los trabajos que se realizan en el departamento de mantenimiento tomando en cuenta los preventivos y correctivos.

Como ya se mencionó, la etapa de planificación es decisiva por lo cual se establece un calendario anual y a su vez mensual que permita tener un margen más amplio de tiempo para la atención de cada orden de mantenimiento descrita por el departamento de distribución.

Los resultados fundamentales que aporta el procedimiento consisten en el establecimiento del sistema más adecuado a cada modo de fallo, la necesidad de efectuar cambios dentro de la planificación táctica en caso de que posibles incumplimientos del plan de mantenimiento presenten un impacto significativo sobre los objetivos.

El proceso de implementación tiene componentes claves, tales como: el compromiso por parte de la administración de la empresa, la identificación de las debilidades y amenazas y la entrega total de los trabajadores del departamento. El

resultado del proceso de implementación de esta metodología es un departamento de mantenimiento eficiente, preparado para enfrentar cualquier proceso regulatorio.

Se considera que la pregunta de investigación realizada al comienzo de este proyecto, fue respondida afirmativamente, el diseño de un plan de mantenimiento permite incrementar la eficiencia y disminuir los incumplimientos en los servicios de transportes criogénicos.

El departamento de Mantenimiento es de vital importancia pues influye de manera directa en el alcance de los estándares de calidad establecidos, de esta manera se cumplirá con los programas preventivos y la reducción del mantenimiento correctivo disminuyendo los tiempos muertos y, por lógica se producirá un bien real y directo a la empresa.

GLOSARIO

- Autotanque:

Unidad vehicular, tipo tanque, de especificaciones especiales destinado para el transporte de materiales y residuos peligrosos, en forma líquida o de gas principalmente, incluye accesorios, refuerzos, herrajes y cierres. Está unido permanentemente o forma parte de un vehículo motorizado o no está unido permanentemente, pero que, por su tamaño, construcción o unión a un vehículo motorizado, se puede cargar o descargar separado o no de un vehículo motorizado.

- Criogenia:

Se considera que todos los sistemas o procesos que operan en temperaturas menores a -150°C se les llama criogénicos. Una de las grandes aplicaciones industriales es la separación de gases que componen el aire.

- Dispositivo de seguridad:

Es cualquier válvula de seguridad, válvula de alivio de presión, disco de ruptura o cualquier otro elemento diseñado para desahogar una presión, que exceda el valor de calibración o de desfogue establecido para la operación segura del equipo.

- Flujo:

Se define a la cantidad de materia que pasa por una sección transversal de un tubo en una unidad determinada de tiempo, o dicho en otras palabras es el movimiento de sólidos, líquidos o gases, expresados en volumen o masa por unidad de tiempo, a través de tuberías o conductos.

- Horómetro

También llamado medidor de horas, es un medidor o instrumento que rastrea y registra el tiempo de funcionamiento del equipo.

- Presión atmosférica:

La atmosfera que rodea a la Tierra no es más que un gas (aire) que es atraída por la fuerza de gravedad, ya que tiene peso. Debido a esto, la capa atmosférica que envuelve a la Tierra y alcanza una altura de varios Km (80 Km respecto al nivel del mar), ejerce una presión sobre los cuerpos dentro de ella. A esta presión se le denomina presión atmosférica, también llamada presión barométrica ya que el instrumento para medirlas se llama barómetro.

- Recipiente sujeto a presión:

Aparato construido para operar con fluidos a presión diferente de la atmosférica, proveniente dicha presión de fuentes externas o mediante la aplicación de calor desde una fuente directa, indirecta o cualquier combinación de éstas.

- Trasvasar

Pasar un líquido de un recipiente a otro.

BIBLIOGRAFIA

- Abreu J, M. P. (2013). Business processes improvement on maintenance mangement: a case study. Procedia Technology, Vol.9, pp.320-330
- Carcel, F. & Rodriguez, M. (2013). Industrial maintenance and tacit knowledge: an introduction about its incidence. Dyna Management. Enero – Diciembre. Vol.1
- Carcel, F. (2014). La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas. Omnia Science.
- Conde, J. (1999). El mantenimiento efectivo: principios y métodos. Working paper, GIO-0500-uclm, Ciudad real.
- Crespo, A. (2014). Ingeniería de mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos. Aenor. Madrid.
- Dounce, E. (2009). La productividad en el mantenimiento industrial. México, Grupo editorial patria.
- EDASA INFRA. (2019). Obtenido de http://www.edasainfra.com/
- Eleet Cryogenics, Inc. (2019). Obtenido de http://www.eleetcryogenics.com/
- Flynn, T. (2005). Cryogenic Engineering (Segunda edición). Colorado: USA, Marcel Dekker.
- García, S. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. Madrid, Díaz de Santos.

- Gatica, R. (2009). Mantenimiento industrial: manual de operación y administración. México, Trillas.
- Gómez, C. (2011). Mantenimiento productivo total – una visión global. Madrid, Carola M. Gómez.
- Gonzáles, R. (2014). Criogenia: Calculo de equipos y recipientes a presión. México, Díaz de Santos.
- González, F. (2003) Teoría y practica del mantenimiento avanzado, Fundación Confemetal, Madrid.
- González, F. J. (2005). Teoria y practica del mantenimiento industrial avanzado. España, Artegraf S. A.
- INFRA, (2006) Manual de seguridad: Gases industriales y medicinales, México, Grupo INFRA.
- LUXI, (2019) Obtenido de http://www.lxnewenergy.com
- Marín, F. C. (2006) Mantenimiento mecánico de máquinas. España, Universidad Jaume.
- McKone, K, Schroeder R & Cua K. (2001). The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. Journal of operations management. January 2001. Vol 19, pp. 39-58.
- Mora, L. (2009). Mantenimiento: planeación, ejecución y control. México, Alfaomega.
- Rey, F. (2001). Manual del mantenimiento integral en la empresa. Fundacion Confemetal, Madrid.
- Rogers, D. S. – L. (1998). Going backwards: Reverse Logistics Trends. Reno, University of Nevada

- Sánchez, A. (2010). La gestión de los activos físicos en la función de mantenimiento. Ingeniería mecánica. Vol.13, pp. 72.
- Tavares, L. (2006). Administración moderna de mantenimiento. Brasil, Novo Polo.
- Viveros, P. Stegmaier, R & Kristjanpoller, F. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. Ingeniere Revista chilena de ingeniería, Vol. 21, pp. 125.