



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA INDUSTRIAL

AUTORA:

SALAZAR SALDAÑA, LEISLI SHARON

ASESORES:

MGRT. ESQUIVEL PAREDES, LOURDES

MGRT. LÓPEZ AGUILAR, CESAR

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

CHIMBOTE – PERÚ

2019

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

ACTA N° 002-0-2019-EII/UCV-CH

El Jurado encargado de evaluar la tesis denominada “MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS CRÍTICOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HIELO EN LA EMPRESA LESSER S.A.C.”, presentada por la estudiante SALAZAR SALDAÑA, LESLI SHARON, reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

NOTA: 15 (Número) Quince (Letras).

Por lo tanto, el estudiante aprueba por Unanimidad

Chimbote, 08/03/2019

.....
 Ms. GALARRETA OLIVEROS GRACIA ISABEL
 PRESIDENTE

.....
 Mg. SIMPALO LOPEZ WILSON DANIEL
 SECRETARIO

.....
 Ms. QUILICHE CASTELLARES RUTH MARGARITA
 VOCAL

DEDICATORIA

***A mi Dios,** quien supo guiarme por el buen camino, por darme fuerzas para seguir adelante y no desfallecer en los obstáculos que se me presentaban en el camino, enseñándome a encarar las adversidades sin desmayar en el intento.*

***A mis Padres,** por su apoyo incondicional en todo momento, por su amor verdadero, por sus consejos, sus valores y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.*

***A mis hermanos,** por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han inculcado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y cumplir siempre mis metas.*

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme dado la sabiduría, la capacidad y la fortaleza para poder llegar al final de mi carrera, por iluminarme para salir adelante y no haber dejado que me rindiera en ningún momento.

Un agradecimiento muy especial a mis padres por haberme brindado la oportunidad de estudiar la carrera en la Universidad Cesar Vallejo, por su esfuerzo, dedicación y entera confianza depositada en mí.

A mis hermanos, por creer en mí y por ser una de las razones por la cual he de terminar mi carrera.

A mis amigos, que me brindaron la confianza en especial a Yerson, quién me brindó su apoyo en el proceso de desarrollo de esta tesis.

A los Docentes de nuestra escuela de Ingeniería Civil por brindarnos sus conocimientos en toda la etapa de nuestra formación profesional.

Mg. López Aguilar César Luis, asesor que con sus años de experiencia me ha guiado en el desarrollo de esta tesis.

Mg. Esquivel Paredes Lourdes Jossefyne, metodólogo del curso por su tiempo, detalle y paciencia para poder llegar al objetivo esperado.

A todos ellos, Gracias

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **SALAZAR SALDAÑA LESLI SHARON** con DNI N° 72733016, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaña es veraz y auténtica.

- Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Nuevo Chimbote, 17 de diciembre del 2018.



LEISLI SHARON SALAZAR SALDAÑA

DNI. 72733016

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada “Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C”, la cual tiene como objetivo general elaborar un programa de mantenimiento del proceso de producción de hielo, la misma que someto bajo su consideración a la espera de poder cumplir con los requisitos de aprobación y lograr obtener el título profesional de Ingeniería Industrial, la cual contempla en su estructura la introducción en donde se presenta la realidad problemática, los trabajos previos, la justificación, las teorías relacionadas al tema, además de los objetivos y formulación de problema. Seguido de ello se presenta el método, donde se desglosa al método, diseño, variables, población y muestras, por ultimo las técnicas e instrumentos empleados. Así mismo se contempla el resultado de los cinco objetivos planteados, para lo que se realizó una auditoría - check list a la gestión de mantenimiento actual en la empresa Lesser SAC, seguido de un análisis de criticidad a los equipos empleados para el proceso de producción de hielo para posteriormente realizar un análisis de modos y efectos de fallas(AMEF) a los componentes, de tal manera que se logre poder aplicar indicadores de mantenimiento que permitan calcular la disponibilidad de los equipos críticos, para finalmente plantear el programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, que ayudará a mejorar la disponibilidad del equipo.

Ésta investigación ha sido desarrollada en cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniería Industrial.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Salazar Saldaña Leisli Sharon

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad Problemática	14
1.2. Trabajos Previos.....	19
1.3. Teorías Relacionadas al Tema.....	25
1.4. Formulación al Problema.....	33
1.5. Justificación del Estudio.....	33
1.6. Hipótesis	34
1.7. Objetivos	35
1.7.1. Objetivo General	35
1.7.2. Objetivo Específicos	35
II. MÉTODO	36
2.1. Diseño de Investigación.....	36
2.2. Variables, Operacionalización	36
2.2.1. Variable Independiente:	36
2.2.2. Variable Dependiente:	36
2.2.3. Operacionalización de las variables	37
2.3. Población y Muestra.....	38
2.3.1. Población.....	38
2.3.2. Muestra.....	38
2.3.3. Muestreo	38
2.3.4. Criterios Inclusión	38
2.3.5. Criterios Exclusión.....	38
2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	39

2.5.	Métodos de Análisis de Datos	41
2.6.	Aspectos Éticos.....	42
III.	RESULTADOS	43
3.1.	Datos generales de la empresa.....	43
3.1.1.	Reseña histórica	43
3.2.	Diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento.....	44
3.3.	Análisis de criticidad a los equipos del proceso de producción de hielo.....	48
	49
3.4.	Análisis de modos y efectos de falla a los equipos críticos del proceso de producción de hielo	52
3.5.	Aplicación de indicadores del mantenimiento que permiten calcular la disponibilidad del equipo crítico del proceso de producción de hielo.....	55
3.6.	Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad a los equipos críticos del proceso de producción de hielo	59
3.7.	Evaluación de la disponibilidad de equipos críticos después de aplicar el programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad	62
3.7.1.	Contrastación de hipótesis	66
IV.	DISCUSIÓN	69
V.	CONCLUSIONES	72
VI.	RECOMENDACIONES	74
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables	37
Tabla 2:Técnicas e instrumentos	40
Tabla 3: Métodos de Análisis de Datos.....	41
Tabla 4: Puntos de la Gestión de Mantenimiento Efectiva.....	44
Tabla 5: Resultados de la gestión actual de mantenimiento	45
Tabla 6: Gestión actual del mantenimiento en la empresa Lesser S.A.C	45
Tabla 7: Índice de Conformidad	46
Tabla 8: Lista de equipos del proceso de producción de hielo	48
Tabla 9: Matriz de Criticidad	50
Tabla 10: Nivel de Criticidad.....	51
Tabla 11: Resumen de los modos y efectos de falla del compresor	53
Tabla 12: Tiempo promedio entre paradas	55
Tabla 13: Resumen de los tiempos promedio entre paradas	56
Tabla 14: Tiempo promedio para reparar	56
Tabla 15: Resumen de los tiempos promedio para reparar	57
Tabla 16: Registro de indicadores de la disponibilidad	58
Tabla 17: Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad del compresor	60
Tabla 18: Tiempo promedio entre paradas	63
Tabla 19: Tiempo promedio para reparar	63
Tabla 20: Resumen de los tiempos promedio entre paradas	64
Tabla 21: Resumen de los tiempos promedio para reparar	64
Tabla 22: Registro de indicadores de la disponibilidad	65
Tabla 23: Comparación de disponibilidad	66
Tabla 24: Estadísticas de muestras emparejadas	67
Tabla 25: Correlaciones de muestras emparejadas.....	67
Tabla 26: Prueba de muestras emparejadas	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Empresa Lesser SAC.....	43
Figura 2: Situación actual de la gestión de mantenimiento.....	46
Figura 3: Análisis de los puntos clave de la gestión de mantenimiento	47
Figura 4: Esquema del proceso de producción de hielo	49
Figura 5: Resumen de contrastes de hipótesis	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Cuestionario- Check list	79
ANEXO 2: Guía de criticidad	83
ANEXO 3: Guía de nivel de prioridad de riesgo	84
ANEXO 4: Matriz de modo y efecto de falla (AMEF)	86
ANEXO 5: Registro de falla	90
ANEXO 6: Registro de falla	93
ANEXO 7: Guía de planificación	95
ANEXO 8: Reporte de Inspección	96
ANEXO 9: Tabla T de Student	97
ANEXO 10: Descripción del equipo compresor	98
ANEXO 11: Fotografías de los equipos del proceso de producción de hielo	100
ANEXO 12: Fotografías del compresor y sus partes	102
ANEXO 13: Acta de aprobación de originalidad de tesis	103
ANEXO 14: Formulario de autorización para la publicación electrónica de tesis	104
ANEXO 15: Formulario de autorización de la versión final del trabajo de investigación.....	105

RESUMEN

La presente investigación titulada “Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C”, donde se empleó el método deductivo, investigación tipo descriptivo, donde se describió los modos de falla que pueden causar una falla funcional en el equipo. La muestra estuvo representada por la disponibilidad de los equipos críticos del proceso de producción de hielo. Para lo cual empleó como técnicas la auditoria de mantenimiento, el análisis de criticidad, el análisis modal de fallas y efectos (AMEF) y la guía de planificación; resultando que la gestión de mantenimiento posee un índice de conformidad de 48.63% el cual se encuentra en el punto aceptable pero mejorable, seguidamente se determinó que el equipo muy crítico es el compresor con un índice de criticidad de 759. Así mismo, se determinó la disponibilidad del compresor de los primeros 3 meses con una disponibilidad promedio de (77%). Finalmente se determinó que luego de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad se logró mejorar la disponibilidad del equipo compresor obteniendo como disponibilidad promedio un (98%) que significa que el equipo compresor mejoró la disponibilidad luego de la aplicación de las tareas planteadas en el programa, demostrando que el si el equipo compresor cumple correctamente cada actividad de mantenimiento se encontrará en las condiciones óptimas para su manejo contante en la producción.

Palabras claves: Mantenimiento centrado en la confiabilidad, Disponibilidad, Equipos críticos

ABSTRACT

The present investigation entitled "Maintenance focused on the reliability to improve the availability of critical equipment of the process of ice production in the company Lesser SAC", where the deductive method was used, descriptive type research, where the failure modes that can be described were described. cause a functional failure in the equipment. The sample was represented by the availability of critical equipment for the ice production process. For which he used maintenance audits, criticality analysis, modal failure and effects analysis (FMEA) and the planning guide as techniques; resulting that the maintenance management has a compliance index of 48.63% which is at the acceptable but improvable point, then it was determined that the very critical equipment is the compressor with a criticality index of 759. Likewise, the compressor availability for the first 3 months with an average availability of (77%). Finally, it was determined that after applying reliability-centered maintenance, the availability of the compressor equipment was improved, obtaining as an average availability (98%), which means that the compressor equipment improved the availability after the application of the tasks proposed in the program. , demonstrating that if the compressor equipment correctly fulfills each maintenance activity, it will be in optimum conditions for its constant handling in production.

Keywords: Maintenance focused on reliability, availability, critical equipment

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En la actualidad, las empresas buscan aplicar sus programas de mantenimiento de una manera más eficientes. La búsqueda de ésta perfección nace en la necesidad de adquirir ventajas competitivas, que pongan a la empresa en mejores condiciones que la competencia, para eso es necesario estar acorde con la nueva tecnología respecto al mantenimiento y los equipos, así mismo de lograr obtener los equipos con una óptima disposición para la producción que se requiera.

La importancia de la gestión de mantenimientos para un proceso que requiere de maquinarias, es extremadamente alta. Si una empresa carece de una buena gestión de mantenimiento integral, inevitablemente va ocasionar muchas pérdidas por motivos de inoperatividad. Si los procesos dependen de los equipos es mejor prevenir antes que reparar, quiere decir que se debe poner énfasis en la prevención, sin dejar de lado la corrección. (MARTÍNEZ, 2012).

Básicamente la gestión de mantenimiento, tiene como función reducir los tiempos de mantenimiento desde la prevención, ya que las fallas no deben ocurrir, sino deben ser reparadas antes de que ocurran, debido a que la mayoría de las empresas comercializadoras representan una marca de alcance internacional, es que deben garantizar un producto de óptima calidad y brindar un servicio post venta acorde con el nivel de calidad que la empresa representada específica.

Debido a eso es que el hombre ha buscado crear nuevas herramientas que le permita satisfacer sus necesidades en menor tiempo y de una manera más sencilla, con el desarrollo del sector industrial y la sustitución de la fuerza del hombre por la fuerza de las máquinas, los empresarios han adquirido equipos cada vez más veloces que les permitan incrementar la disponibilidad de los mismos, por lo mismo que las organizaciones no consigan ser ajenas a la modernidad y para poder competir en este mundo globalizado es necesario estar a la vanguardia en todo aquello que pueda generar una ventaja en el crecimiento continuo. Por ese motivo las empresas deben analizar sus problemas, aplicando técnicas modernas para resolverlos y así poder ser más competitivas. (CHANG, 2008).

De lo anterior podemos decir que las empresas se ven obligadas a planificar y controlar la utilización de sus recursos ya sean equipos, maquinarias y/o del mismo personal encargado, con el fin de prevenir o reparar las averías, ya que eso conlleva a generar gastos innecesarios y costos elevados que son empleados para la elaboración de un producto, dicho servicio debe apegarse a un control de calidad muy estricto, que obliga a que el equipo utilizado para proporcionar el servicio, opere correcta y continuamente. Sabiendo que el mantenimiento consiste en la planeación de ciertas medidas dedicadas a conservar la maquinaria en óptimas condiciones de operación, de la misma manera se sabe que un RCM bien aplicado ayuda a incrementar la vida útil de los equipos y reduce los costos de servicio al disminuir el número de fallas y los tiempos de paro de los equipos.

La empresa Lesser SAC, es una empresa privada peruana que viene trabajando desde agosto del año 2012 al servicio del país ubicada en la Av. Los pescadores Mz. "K" Lote 04 – en la Zona Industrial Gran Trapecio – 27 de octubre situado en la ciudad de Chimbote, Provincia

del Santa, Departamento de Ancash - Perú que entró en el mercado de producción y comercialización de hielo en bloques, operando con Refrigerante R-717 o Amoniaco manteniéndose en temperaturas de 35°C y -15°C en el condensador y el evaporador respectivamente, con un grupo de 8 empresas en la localidad con las cuales se disputa el mercado de abastecimiento de hielo, por lo que todas las empresas cuentan con un similar sistema de refrigeración. Cuenta con un equipo de trabajadores profesionales, técnicos y operarios capacitados, orientados a la mejora continua.

Realizando un análisis y según información suministrada por la empresa, se encontró que uno de los principales problemas que afronta son relacionados al mantenimiento, ya que la empresa Lesser SAC cuenta con dos pozas para la producción de hielo: la poza 1 que tiene aproximadamente 3 años activa y la poza 2 que se inauguró en diciembre del año 2016, indicio de que evidentemente se generan fallas y paradas no programadas, pero cabe resaltar que uno de los principales equipos con mayor incidencia de fallos se centra en el compresor 8wa, sabiendo que el principal problema para que la producción pueda parar es que falle uno de ellos, o que fallen los dos al mismo tiempo, esto quiere decir que la avería que se pueda presentar en éste equipo imposibilita la continuidad del proceso, haciendo aun sumamente necesaria la atención preventiva que se necesite para evitar consecuencias y estos puedan realizar su trabajo en sus mejores condiciones, ya que es una gran desventaja para la empresa que se presenten fallas o varias al mismo tiempo y más aún si se encuentran en el levantamiento de la pesca ya que dificultaría producir, sin tener en cuenta la alta demanda de hielo que se estaría perdiendo por el paro de los equipos y la falta de producción, lo que ocasionaría desvaloración tanto en los ingresos como en los clientes. Se puede decir que la empresa Lesser SAC, la planta realiza su mantenimiento a los equipos basándose a las guías del fabricante; sin embargo, han ocurrido varios modos de fallas que no estaban

cubiertos por este plan, como es el caso que se da en los compresores, que a pesar de realizarle su mantenimiento, existen incidentes que no se pueden controlar lo que ha ocasionado considerables pérdidas de producción debido a las fallas imprevistas que se presentan, otro problema se da en la bomba de agua que por el trabajo que realiza tiene que mantenerse prendida las 24 horas y más aún cuando se presenta la demanda de hielo, lo que conlleva a desgastar los sellos por las impurezas, las cuales éstas originan que al entrar el aire y genere un vacío, no permita que la bomba succione agua lo que acude a que se tenga que llamar al jefe de mantenimiento y se realice un revisado previo para repararla, teniendo en cuenta que si el eje de la bomba no está malograda su reparación no se tardaría aproximadamente 2 horas y si lo está su reparación tardaría 1 día, otro acontecimiento que también se presentó es en el agitador que por la vibración que realizan origina que se aflojen las bases y se tenga que estar constantemente ajustándolas. Por otro lado al moler el hielo muchas veces hace que estos bloques se traben y el personal encargado de molerlo no toma las precauciones necesarias y proceden a jalar el hielo lo que ocasiona muchas veces que el fierro se introduzca dentro del molino por el mínimo descuido, ocasionando que este tuerza la puntas dentro del molino y dificulte a poder sacar el fierro lo que conlleva a tener que desarmar el molino, por otro lado se sabe que la mayoría de los equipos muchas veces por su trabajo constante origina que las fajas se desgasten y si no se aplica un programa de mantenimiento adecuado origina a que se produzcan fallas y ocasione paradas imprevistas, por lo que muchas veces no se sabe si la maquina puede parar durante la producción o después causando incomodidad de las empresas que satisfacen sus necesidades con los servicios brindados, así mismo causa desconfiabilidad en los operarios debido a que no saben en qué grado les puede afectar dicha falla, ya que muchas veces cuando existe una complicación todos los encargados que son: el ingeniero, jefe de

mantenimiento, personal terceros, hasta el mismo gerente general tiene que dejar su labor para afrontar el problema existente.

Por otro lado se tomó información con respecto a las máquinas y se encontró que la poza 1 tiene más tiempo trabajando ya que lleva 3 años activa y es la que sufre más fallas y paradas no programadas, lo que implica que al haber tenido un evento de falla en alguno de los equipos, toda la producción tuvo que parar durante el tiempo que demoró la reparación unos de los efectos que encontraron fue por el deterioro del equipo y el mal manejo de mantenimiento que se habría estado llevando a cabo para que origine ciertos problemas.

Otro de los problemas que presenta la empresa fue encontrado en el historial actual y es que las circunstancias se dieron cuando se estaba produciendo 50 toneladas de hielo con la falla del compresor por el consumo y desgaste del aceite, este problema causó una parada del equipo de aproximadamente 54 horas: 24 horas que duró el mantenimiento del check de retención y 30 horas que involucra el restablecimiento del equipo para que empiecen a producir nuevamente hielo en las condiciones normales, muchos de estos inconvenientes podrían ser subsanados si se contara con un programa de mantenimiento, ya que se evitaría muchas paradas inesperadas de producción y pérdidas de dinero, debido a que al realizar un mantenimiento únicamente correctivo origina que exista pérdida de tiempo en producción por otra parte muchas veces no se cuenta con el stock de repuestos necesarios para realizar la reparación o el recambio, lo que genera a incrementar los costos, reducir la vida útil de los equipos y la ocurrencia de daños próximos. Hay que tener en cuenta que el poseer un programa de mantenimiento, no implica saber exactamente cuándo y cómo puede ocurrir una falla, sino lo que se busca con una programación es poder reducir la posibilidad de que falle y aumentar el lapso de tiempo entre una falla y otra.

De esta forma es que se planteó la propuesta de un programa de mantenimiento que permita mantener un control exhaustivo sobre los equipos principalmente los equipos críticos ya que estos pueden fallar en cualquier momento lo que conlleva a que puede afectar al buen manejo y seguridad de la planta. Es por ello que para la realización del presente trabajo se realizará con la finalidad de poder tener una hoja de ruta con la cual basarse al realizar el mantenimiento de los equipos de la planta en especial la que tuvo más ocurrencias de fallas y de este modo intentar mejorar la disponibilidad de los equipos, así se logrará tener una planta de hielo con un funcionamiento más fiable y seguro.

Se ha podido observar que la falta de un programa de mantenimiento no puede ayudar a la gerencia aumentar la productividad debido a que no se toma en cuenta los fallos que incurre por paradas no programadas y las constantes fallas en los equipos lo que ocasiona que el tiempo de duración de la reparación se alargue.

1.2. Trabajos Previos

Para la siguiente investigación se tomaron en cuenta los siguientes trabajos:

Según CARPIO, Marco (2016) en su tesis “Implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad del taller de maestranza comercial torno centro AREQUIPA SRLDA”, para obtener el Grado Académico de Magister en Ciencias con mención en Ingeniería de Mantenimiento en la Universidad Católica de Santa María – Arequipa. La Metodología que se aplicó se basa en realizar un estudio de campo, primero se diseñó y luego se aplicó un cuestionario al personal de la empresa para verificar la viabilidad de la aplicación de la estrategia RCM. Seguidamente se realizó el estudio y análisis de la maquina tanto en movimiento como en parada. Una vez definido el Contexto Operacional, se implementa

la estrategia del RCM, para ello se da uso del Análisis de Criticidad. Para la aplicación del Análisis de Criticidad, en primer lugar, se ha realizado el análisis de criticidad al Taller en general, después de determinar las fallas se analizaron los efectos que producen cada modo de falla y su ocurrencia en las funciones Primarias y Secundarias de los Sistemas y del Equipo. Finalmente se aplicó el Diagrama de Decisión del RCM para determinar la mejor Propuesta de Tarea de Mantenimiento a desarrollar, además de ello se ha elaborado documentos de Mantenimiento. Todo ello, se llegó a la conclusión que el taller de maestranza requería de una nueva redistribución de máquinas, que conllevo a dividirse en 3 áreas en la cual se aplicó el análisis de criticidad , dando como el área de rectificado el más crítico y, dentro de ello; la máquina rectificadora de cilindros, por el cual se decidió aplicar la metodología RCM, y en base a la implementación se logró la optimización de las técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo lo que a futuro garantizará confiabilidad, disponibilidad, seguridad y mejor uso de repuestos y consumibles en los equipos.

Según RIVERA, Manuel (2015) en su tesis “Implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) a la Empresa Fabricaciones Generales Mantenimiento y Servicios S.A.C”, para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánica en la Universidad Católica de Santa María - Arequipa, expone que en la actualidad la empresa viene aplicando un mantenimiento de corrección y esporádicamente de prevención, debido a que no existe un cronograma definido de los mantenimientos a realizarse, es más, en la mayoría de los casos se espera a que ocurra alguna acción fuera de lo normal para realizar un chequeo o un mantenimiento teniendo como consecuencia el respectivo daño o parada de la máquina. La implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – RCM a los activos de la empresa en mención permitirá una mejora continua de los indicadores claves de performance a través de

estrategias de gestión de mantenimiento en planificación y programación que eviten las paradas imprevistas y aumenten las horas de producción de cada equipo y/o máquina. La metodología base filosófica aplicada es la siguiente: Aplicación del Análisis de Criticidad a los activos de la Empresa: Por medio de la Norma ISO 14224: Industrias de petróleo y gas natural y además la recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de los activos. Aplicación del Análisis Modos de Fallos y Efectos AMFE: Basándose en el procedimiento explicado en la Norma SAE JA 1012, para los activos críticos. Aplicación de un programa adecuado de mantenimiento a cada uno de los activos, sistemas o componentes de la Empresa, de acuerdo al análisis efectuado por medio del AMFE. Llegando a la conclusión que con la implementación del RCM, y el análisis de criticidad (incluido), se logró obtener un programa de mantenimiento proactivo que permitirá mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas y por consiguiente con la retroalimentación y seguimiento del proyecto llevará a una mejor efectividad de los indicadores.

Según GUZMÁN, Carlos (2013). En su tesis: “Plan de análisis de modos/efectos de falla y plan de mantenimiento para una maquina industrial lavadora de prendas.” con motivo de optar el grado de Ingeniero Mecánico en la Universidad Autónoma de Occidente en el año 2013 en la ciudad de Santiago de Cali – Colombia. Propone diseñar el plan de mantenimiento para una maquina industrial lavadora de prendas utilizando la metodología de modos y efecto de fallas para así lograr disminuir las paradas aleatorias, los tiempos de inactividad y la compra bajo demanda de repuestos. Realiza una caracterización y modelación de los componentes que conforman la maquina utilizando la información técnica obtenida en los manuales, así mismo determino todas las funciones que desempeña la máquina y las distintas formas en que esta pueden fallar, se evaluaron los riesgos potenciales, a través del análisis de modos y efectos de fallas

de los equipos relacionados con cada falla funcional y finalmente define las tareas y la frecuencia de mantenimiento que eviten o disminuyan los impactos indeseados sobre la seguridad del personal, medio ambiente y a la producción de la planta medina S.A.

Se concluye que la evaluación del desempeño de la maquina lavadora utilizando el análisis FMEA de la metodología RCM permitió evaluar el potencial riesgo de las fallas funcionales del sistema y la manera en que pueden afectar a la organización.

Según PEREZ, Erick (2013) en su tesis:” Diseño de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad del tractor CAT- D8T DE ICCGSA en Toromocho” para obtener el título profesional de Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo. El presente trabajo trata acerca de la aplicación del RCM en maquinarias pesadas para poder optimizar la disponibilidad de las mismas y a su vez elevar el nivel de producción de la Empresa ICCGSA orientadas hacia la calidad de todo el Proceso de Producción y del Sistema de Mantenimiento del equipo mecánico, priorizando la creación de entornos disciplinados basado en la aplicación de las actividades y tareas propias de la aplicación del RCM.

Si se logra la implementación del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad se reducirá el costo de mantenimiento, debido a la aplicación de un tipo de mantenimiento adecuado y la eliminación de mantenimiento rutinario. Debido a la cuidadosa selección del uso de técnicas de mantenimiento logrando alargar la vida útil de los componentes. El RCM consta en reducir el costo de mantenimiento, evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias. El RCM es un tipo de mantenimiento, por el cual el trabajo de mantenimiento se hará más eficaz y a la vez planificado para obtener una mejor disponibilidad de

la flota de tractores CAT-DBT, sin que estos tengan fallas imprevistas y no planificadas.

Según SANCHEZ, Fátima (2013) en su tesis, “Mejora de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en el área de lavandería industrial de la empresa S&E Servicios Generales S.A.C”, en su tesis para la obtención de título de Ingeniería Industrial en la Universidad Privada del Norte – Cajamarca. tiene como objetivo general "Mejorar la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad" para así incrementar la disponibilidad de los equipos en el área de lavandería industrial de la empresa S&E Servicios Generales S.A.C. y para lograrlo se realizó con el uso de herramientas las cuales permitieron el cálculo de análisis aplicados, tal como el análisis de modos y efectos de falla, análisis de tiempos y los indicadores de gestión de mantenimiento, este último es el más importante en el estudio, porque con los indicadores se evaluó el antes y después del área de lavandería industrial. Se concluye que para una mejora de la gestión de mantenimiento están las capacitaciones, implementación de formatos de reportes de fallas, entre otros. Los resultados obtenidos se muestran a continuación: la Reducción del reporte de fallas mediante el análisis de modos y efectos de fallas que se aplicó a los todos las maquinas del área de lavandería industrial por otra parte los Indicadores de gestión de mantenimiento se incrementaron sobre el 95%.

Según MONTANO, Everlino (2013) en su tesis, “Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad aplicado para una flota de volquetes de 50 toneladas para acarreo de material en La Mina Arasi”, en su tesis para obtener el título de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Callao - Perú expone que La gestión integral de mantenimiento busca garantizarle al cliente interno o externo la disponibilidad de los activo fijos (volquetes Mercedes Benz modelo Actros 414k), cuando lo requieran con confiabilidad y seguridad total,

durante el tiempo óptimo necesario para operar en las condiciones tecnológicas exigidas, para producir bienes o servicios que satisfagan necesidades, deseos o requerimientos de los usuarios, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno, al menor costo posible y con los mayores índices de productividad, rentabilidad y competitividad. El mantenimiento actual posee un rol destacado dentro de la confiabilidad operacional por su importante contribución a la seguridad, respeto al medio ambiente, productividad y rentabilidad industrial, garantizando una alta disponibilidad y confiabilidad de los activos. Lo que le llevo a la conclusión de que el Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM permite mejorar el desempeño del área de mantenimiento aumentando la disponibilidad entre 88% y 93%, lo que permite una mejora de 60 horas mensual por unidad generada, un beneficio en los ingresos de la empresa de 1 890 000.00 dólares, además que genera una buena coordinación entre el área de operación y de mantenimiento, por otro lado el uso del análisis de modos y efectos de falla genera la optimización en la planificación de las actividades de mantenimiento, priorizando las que tienen criticidad I, que han sido seleccionadas de acuerdo a las más recurrentes de la historia del mantenimiento. Es decir, que el análisis de modos y efectos de falla (AMEF), la criticidad de los equipos, la aplicación de técnicas predictivas, el análisis de la historia del mantenimiento, permitió mejorar los planes de mantenimiento entre 12% a 30% del tiempo total programado para las tareas de mantenimiento, mientras que en conjunto y evaluado en un lapso de 2 años o 12000 horas se consigue una disminución de 37% a 56% respecto al tiempo requerido con los planes actuales de la empresa.

Según SALAZAR, Carlos (2009) en su tesis, "Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para sistemas de aire en plantas de extracción de líquidos del gas natural" en su tesis para obtener el título de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Oriente—

Venezuela. En el siguiente trabajo, se realizó el diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para sistemas de aire en plantas de extracción de líquido de gas natural, como caso específico la Planta de Extracción San Joaquín, con fines de mejorar la confiabilidad de los equipos, evitar la utilización excesiva de las horas extras de mantenimiento, las recurrentes alarmas, fallas y paradas en los equipos. En vista de no contar con historiales de mantenimiento, fue conveniente utilizar la metodología del Mantenimiento centrado en Confiabilidad, donde se realizó un diagnóstico de la situación actual del sistema, se determinó el contexto operacional del sistema y se aplicó un análisis de criticidad para enfatizar estudios y destinar recursos en los componentes de mayor relevancia, luego se realizó un Análisis de Modos y Efecto de Falla a los componentes críticos, asentándolos en la hoja de información para luego determinar el tipo de mantenimiento mediante el Árbol Lógico de Decisiones y registrarlas en la hoja de decisión, de allí se elaboró el plan de mantenimiento donde se generaron 83% de tareas preventivas, para una totalidad de 465 Horas Hombres, de las cuales 78% son atribuidas al departamento de Mecánica. Las tareas son variadas y con paridad de porcentajes, entre las cuales figuran tareas a condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y búsqueda de falla, donde el compresor generó la mayor cantidad de ellas.

1.3. Teorías Relacionadas al Tema

“Mantenimiento es el conjunto de acciones destinadas a mantener o reacondicionar un componente o equipo en un estado en el cual sus funciones pueden ser cumplidas. Es decir que los bienes físicos continúen cumpliendo las funciones que sus usuarios esperan”. (MESA ORTIZ, PINZÓN, 2016).

El concepto de mantenimiento también conocido dentro del mantenimiento el RCM que permite determinar la forma más efectiva

de manejar el mantenimiento, teniendo como objetivo central el aumento de la confiabilidad con el costo más efectivo posible. Costo efectivo no significa el menor costo; es el menor costo necesario para alcanzar la confiabilidad deseada y podría ser mayor que el que se tenía al principio. (MOUBRAY, 2004).

Un mantenimiento inadecuado limita los volúmenes de producción, afecta la calidad, deteriora el servicio al cliente, condiciona accidentes y daño al medio ambiente y origina costos indirectos que superan largamente el costo tradicional del mantenimiento. (SANTILLÁN, 2017).

Cualquier proceso de mantenimiento centrado en la confiabilidad debe responder satisfactoriamente a siete (7) preguntas en la secuencia indicada: ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional (funciones)?, ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones (fallas funcionales) ?, ¿Cuál es la causa de cada falla funcional (modos de falla)?, ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de las fallas)?, ¿En qué sentido es importante cada falla (consecuencias de las fallas)?, ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla (intervalos de tareas y tareas proactivas)?, ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada (acciones por defecto)?. (SALGUERO, 2010).

El proceso dependerá básicamente del desempeño del equipo natural de trabajo, el cual se encargará de responder a las siete preguntas básicas del RCM siguiendo los siguientes pasos: Conformación del equipo natural de trabajo, selección del sistema, definición del contexto operacional, un análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA en el cual se deberán definir las funciones, determinar las fallas funcionales, identificar los modos de fallas y efectos por otro lado las

consecuencias de las fallas y la aplicación de la hoja de decisión de un plan de mantenimiento. (SANTILLÁN, 2017).

Según, MOUBRAY (2004), relata que el análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, con la finalidad de facilitar la toma de decisiones. “Para realizar un análisis de criticidad se debe definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto de análisis” (MUJICA, 2014, p.86).

Matemáticamente, la criticidad se puede expresar como: Criticidad igual a la frecuencia por la consecuencia. “Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema, proceso evaluado y la consecuencia está referida con: el impacto y el nivel de producción, los costos de reparación, los impactos en seguridad y ambiente”. (SALGUERO, 2010)

La consecuencia se calcula multiplicando el impacto operacional, el nivel de producción y los costos de reparación adicionándole la sumatoria de los costos de reparación, los impactos en seguridad y ambiente, donde el impacto operacional es aquel que determina cuanto se ve afectada la producción y cuando se presenta una falla; así mismo la flexibilidad operacional está referido a las posibilidades de recuperar la funcionalidad del equipo con repuestos que se tienen en almacén central; los costos incurridos en el mantenimiento es decir costos generados para reparar esa determinada falla, y la seguridad ambiental referido a la inseguridad tanto en el medio ambiente como en las personas trabajadoras o llamados operarios.

“En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad el impacto en la seguridad que es la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas, el impacto al ambiente que es la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente, el

impacto en la producción que es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla, el nivel de producción manejado que es la capacidad que se deja de producir cuando ocurre la falla y el costo de reparación que es el costo de falla seguidamente con el tiempo promedio para reparar". (SANTILLÁN, 2017, p.73).

Según Rausand (2004), las dos alternativas principales para presentar la criticidad o riesgo de las fallas son la matriz de riesgo y el número de prioridad de riesgo (NPR o RPN, por sus siglas en inglés), los cuales explica que La matriz de criticidad es el riesgo asociado a un modo de falla está en función de la frecuencia de la falla y de los efectos potenciales (impacto) del modo de falla. La matriz se representa en tres colores distintos verde para las fallas no críticas, amarillo para las semicríticas, anaranjado para los críticos y rojo para las muy críticas. (PARRA, CRESPO, 2012), así mismo el número de prioridad de riesgo mientras mayor sea, más crítica es la falla ya que toma en cuenta la medición cuantitativa de la consecuencia de la falla (medida en escala del 1 al 10) y la medición en escala de la frecuencia de falla y se obtiene mediante el producto de las mismas. (STOJANOVICH, 2015).

El análisis de modos de fallas y efectos es la herramienta principal del RCM para optimizar la gestión de mantenimiento en una organización determinada ya que ayuda a responder las primeras cinco preguntas básicas del RCM. (MOUBRAY, 2004).

AMFE identifica, en primer lugar, es el componente susceptible de averiarse, luego el modo de fallo dominante y a continuación sus efectos tanto en el propio sistema como en la instalación, en el área de trabajo de que se trate, etc. Tras ello intenta cuantificar la probabilidad de fallo y de ahí obtiene las tareas de mantenimiento preventivo requeridas. Como veremos, es el principio relativamente similar al utilizado en RCM, pero tiene dos consideraciones relevantes

que el lector debe saber para entender sus principales diferencias: el método AMFE considera las averías que puedan producirse en los componentes de un determinado sistema, pero, salvo excepciones a aportar por los que realizan el estudio, no tiene en sí mismo en cuenta la combinación de fallos cuya aparición simultánea puede pasar de ser una avería leve a un fallo catastrófico que impidiera al sistema dejar de cumplir su función, también considera aquellos modos de fallo que pueden impedir el cumplimiento de dicha función, pero no aquellos otros que degradan el sistema. (GÓNZALES, 2003).

Para (ALVAREZ, 2014, p.03). Es una herramienta que permite identificar y prevenir que puede salir o ir mal, y cuáles son las probabilidades de que esto suceda, y si algo sale mal, ¿Cuáles son sus consecuencias?, y de estas consecuencias, ¿Cuáles estamos dispuestos a asumir? ya que aborda la identificación, eliminación o reducción del riesgo, haciendo un análisis de toma de decisión de los riesgos que se está dispuesto a asumir.

Así el AMFE es un método sistemático que permite identificar los problemas antes de que ocurran y puedan afectar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. A partir del análisis realizado por los grupos de trabajo RCM a los distintos activos en su contexto operacional, se obtiene la información necesaria para prevenir las consecuencias y los efectos de los posibles fallos a partir de la selección adecuada de las actividades de mantenimiento.

Estas actividades se eligen de forma que actúen sobre cada modo de fallos y sus posibles consecuencias. El objetivo básico de AMFE es encontrar todas las formas y modos en los que puede fallar un activo dentro de un proceso, e identificar consecuencias de los fallos en función de tres criterios básicos en el RCM: seguridad humana, seguridad del medio ambiente e impacto en la producción. Para

cumplir este objetivo, los grupos de trabajo deben realizar el AMFE siguiendo las funciones de los activos y sus respectivos estándares de operación/ejecución que son: definir los fallos funcionales asociados a cada función del activo, definir los modos de fallos asociados a cada fallo funcional y por último establecer los efectos y consecuencias asociados a cada modo de fallo. (SANTILLÁN, 2017). Las fallas funcionales son los que ocurren cuando el activo no puede cumplir con una función de acuerdo a parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable. (MOUBRAY, 2004).

“Dentro de estas se ubican las fallas parciales, donde el activo no puede mantener los niveles de calidad o precisión; claro está, que esto solo se puede identificar luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo”. (SANTILLÁN, 2017, pp.81). Una vez identificado todas las fallas funcionales, se identifican los hechos que de manera razonable puedan haber causado cada estado de falla.

Los modos de fallas “Razonablemente posible “, incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto, fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallas que aún no han ocurrido, pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión. Todo lo expuesto por (MOUBRAY, 2004).

Seguidamente el efecto de falla es la descripción de lo que puede pasar un modo de falla, un efecto de falla no es lo mismo que una consecuencia de falla, el efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?, mientras que en una consecuencia de falla responde a la pregunta ¿Qué importancia tiene?, al describir un efecto de falla de hacerse contar lo siguiente: Se debe evidenciar que se haya producido una falla, en que forma la falla supone una amenaza para la seguridad o el ambiente, de qué manera afecta a la

producción u operación y por último que debe hacerse para reparar la falla. (SANTILLÁN, 2017, pp.83).

La consecuencia de falla se responde a la incógnita ¿En qué sentido es importante cada falla? Para determinar cuáles son las fallas que más afectan a la organización y cuáles no éstos debido a las consecuencias de las fallas que pueden afectar a las operaciones, la calidad del producto, el servicio brindado al cliente, la seguridad o el medio ambiente, por ello las consecuencias se dividen en cuatro grupos: “consecuencias por fallas ocultas: están asociadas a dispositivos de seguridad que son a prueba de fallos o averías y nos exponen a un fallo múltiple de serias o catastróficas consecuencias”, “consecuencias ambientales: Cuando se puede herir o matar a alguien, o se infringen normativas relacionadas con el entorno”. “consecuencias operacionales: Cuando afecta a la producción (cantidad, calidad, servicio al cliente o costes operacionales además del coste directo de reparación”. (SANTILLÁN, 2017).

“Consecuencias no operacionales: cuando afecta únicamente a la reparación”. (GONZÁLES, 2003, pp.85).

Los indicadores del mantenimiento son instrumentos que ayudan a conocer las condiciones de operación de un equipo, sabiendo que la probabilidad que un equipo se encuentre disponible se representa en 100%, así mismo se representa calculando el tiempo promedio entre paradas (**MTBF**), que es la frecuencia promedio de eventos de paradas de los equipos expresadas en horas, lo cual se obtiene dividiendo el total de horas operadas sobre el número de paradas y el tiempo promedio para reparar (**MTTR**), el cual es el tiempo promedio de las paradas de los equipos, expresado en horas. Las reparaciones planeadas, la administración y la ejecución son todos los factores que contribuyen a la duración de la parada de una máquina, es decir que el MTTR es un indicador que cuantifica el tiempo de la reparación, y que tan rápidas o lentas son tales actividades de reparación en la

parada de un equipo, lo cual se obtiene dividiendo el total de horas operadas sobre el número de paradas. (ARATA Y FURLANETTO, 2005).

La disponibilidad es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado. (CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD, 2011).

La disponibilidad es a probabilidad, en el tiempo, de asegurar un servicio requerido. Hay autores que definen la disponibilidad como el porcentaje de equipos o sistemas útiles en un determinado momento. Es la diferencia entre el MTBF (media de tiempos de un buen funcionamiento) y MTTR (media de tiempo técnicas de reparación) sobre MTBF (media de tiempos de un buen funcionamiento) y se expresa en porcentaje. (GONZÁLES, 2003, pp.63).

La confiabilidad puede ser definida como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. (MESA, ORTIZ Y PINZÓN, 2017, pp.30).

Para (MORA, 2009) la confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña durante un periodo de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno. La medida de la confiabilidad de un equipo es las frecuencias con la cual ocurren las fallas en el tiempo. Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aun aceptable, pero si es muy alta, el equipo es poco

confiable. Un equipo con un muy buen diseño, con excelente montaje, con adecuadas pruebas de trabajo en campo y con un apropiado mantenimiento nunca debe fallar (en teoría); sin embargo, la experiencia demuestra que incluso los equipos con mejores diseños, montaje y mantenimiento fallan alguna vez (BAZOVSKY, 2004).

1.4. Formulación al Problema

¿En qué medida un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad permitirá mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.?

1.5. Justificación del Estudio

La investigación se propuso por el motivo que en el área de mantenimiento existen irregularidades con respecto a las condiciones de operación y la disponibilidad de los equipos.

Para ello se planteó como objetivo elaborar un programa de mantenimiento, el cual proporcionará información relevante para conocer el estado de los equipos críticos dentro de la planta, la frecuencia, el responsable que la ejecutará, y los costos como consecuencia de los mismos que permitirá mejorar las condiciones de operación y poder tener una óptima disponibilidad. De esta manera entender las funciones que debe tomar cada equipo, lo cual ayudará a evitar que se sigan realizando mantenimientos correctivos y comenzar a realizar planes de mantenimiento.

La investigación también se justifica de manera económica ya que al proporcionar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad reducirá costos de reparación y reposición de repuestos, lo que significa que es un importante ahorro de horas hombre y horas de reparación o paradas no programadas.

Así mismo, ésta propuesta tendrá como finalidad hacer más competitiva a la empresa, permitiendo que los equipos funcionen de forma eficiente y confiable dentro del contexto operacional, ya que ayudarán a detectar y corregir problemas lo más pronto posible para evitar que continúe el paro de los equipos, gastos innecesarios y clientes insatisfechos.

1.6. Hipótesis

“El término hipótesis se define como una respuesta probable de carácter tentativo a un problema de investigación y que es factible de verificación empírica. La hipótesis expresa la relación entre dos o más variables que son susceptibles de medición. Una hipótesis planteada correctamente debe poderse verificar o contrastar contra la evidencia empírica”. (AVILA, 2006)

A través de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, se mejorará la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.

1.7. Objetivos

Son elementos del marco conceptual que se debe investigar. Usualmente los objetivos de la investigación se expresan en términos de una serie de objetivos de la empresa. Estos objetivos describen las perspectivas de la investigación y especifican lo que se espera de los resultados de la investigación. (MOHAMMAD, 2005)

1.7.1. Objetivo General

Elaborar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.

1.7.2. Objetivo Específicos

- a. Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa Lesser S.A.C.
- b. Realizar un análisis de criticidad a los equipos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.
- c. Analizar los modos y efectos de falla a los equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.
- d. Aplicar indicadores de mantenimiento que permitan calcular la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.
- e. Elaborar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad a los equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.
- f. Evaluar la disponibilidad de equipos críticos después del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación

Este diseño se caracteriza por el nulo o poco control de variables extrañas durante la realización del experimento. (BERNAL, 2006)

Pre - experimental porque existe un control mínimo de la variable independiente, se trabaja con un solo grupo (G) al cual se le aplica un estímulo (mantenimiento centrado en la confiabilidad) para determinar su efecto en la variable dependiente (Disponibilidad de equipos críticos).

G: O1 -----X ----- O2

Dónde:

G: Equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.

O1: Disponibilidad de equipos críticos

X: Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

O2: Disponibilidad de equipos críticos después de aplicar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Variable Independiente:

Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

2.2.2. Variable Dependiente:

Disponibilidad de equipos críticos

2.2.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	NIVEL
Mantenimiento centrado en la confiabilidad.	Es un proceso utilizado para determinar que debe hacerse, para asegurar que cualquier activo físico continúe cumpliendo las funciones deseadas en su contexto operacional actual. (MOUBRAY 2004, p. 07)	El programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad comprende en registrar las tareas completas que se realizarán en el equipo. (SALAZAR, 2018)	Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre y número de identificación del equipo. - Frecuencia y responsable - Actividades y costos 	nominal
Disponibilidad de equipos críticos	Se define como la probabilidad de que un equipo esté disponible para su uso durante su periodo de tiempo dado. (CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD 2011, p. 12)	Es la probabilidad de que un equipo esté disponible para su uso en el cual se determinará por medio de los indicadores de MTBF, MTTR y la disponibilidad, las condiciones de operación de equipos críticos. (SALAZAR, 2017)	Condiciones de operación	$MTBF (h) = \frac{\text{Horas Operadas}}{\text{Numero de paradas}}$ $MTTR (h) = \frac{\text{Total t. de Paradas}}{\text{Numero de paradas}}$ $A (\%) = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF} \times 100$	razón

Fuente: Elaboración Propia, Nuevo Chimbote, 2017.

2.3. Población y Muestra

“En esta parte de la investigación, el interés consiste en definir quiénes y qué características deberán tener los sujetos (personas, organizaciones o situaciones y factores) objeto de estudio”. (BERNAL, 2006)

2.3.1. Población

“Es el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación. Se puede definir también como el conjunto de todas las unidades de muestreo”. (BERNAL, 2006)

Todos los equipos en la empresa Lesser S.A.C.

2.3.2. Muestra

“Es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio”. (BERNAL, 2006)

Los equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.

2.3.3. Muestreo

Es no probabilístico – Por conveniencia.

2.3.4. Criterios Inclusión

Se incluye solamente la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.

2.3.5. Criterios Exclusión

Se excluyen los equipos que no participan

2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La recolección de los datos cuantitativos tendrá los siguientes procedimientos:

- a. **Observación directa:** Es la técnica que permite conectarnos con la realidad, recopilar datos, observar las instalaciones con el fin de facilitarnos en información de las actividades de mantenimiento.
- b. **Entrevista:** La siguiente técnica se realizará con una guía de preguntas específicas y se sujetó exclusivamente a esta (el instrumento prescribe que ítems se preguntan y en qué orden).
- c. **Checklist:** Auditoría de Gestión de Mantenimiento, éste formato se utilizará para recolectar datos de acuerdo a un listado de indicadores.
- d. **Revisión documental:** La siguiente técnica se utilizará para extraer información acerca de los manuales de los equipos, archivos almacenados, historiales de mantenimiento para realizar la descripción y elaboración de las fichas.

Tabla 2: Técnicas e instrumentos

OBJETIVO	TÉCNICA	INSTRUMENTO/ HERRAMIENTA	RESULTADO
Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa LESSER S.A.C.	Observación Directa Entrevista	Cuestionario – Check list (Anexo 1)	El cuestionario permitió conocer la situación actual de la gestión de mantenimiento que se maneja en la empresa.
Realizar un análisis de criticidad a los equipos del proceso de producción de hielo en la empresa LESSER S.A.C.	Análisis de criticidad	Guía de criticidad (Anexo 2)	La Guía de criticidad permitió identificar las calificaciones de cada factor analizando la frecuencia y la consecuencia de los equipos.
Analizar los modos y efectos de falla a los equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa LESSER S.A.C.	Observación Directa Análisis modal de fallas efectos (AMEF)	Matriz AMEF (Anexo 3,4)	La matriz AMEF permitió analizar todos los modos de falla que causan el estado de falla funcional en el equipo.
Aplicar indicadores de mantenimiento que permitan calcular la disponibilidad de los equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa LESSER S.A.C.	Cálculo del MTBF (Tiempo promedio entre parada), MTTR (Tiempo promedio para reparar) y la disponibilidad.	Registro de fallas (Anexo 5,6)	Mediante el registro de fallas se logró calcular el MTBF, MTRR y la disponibilidad del equipo para conocer en qué condiciones de operación se encuentra.
Elaborar el programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad a los equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa LESSER S.A.C.	Observación Directa Análisis Documental	Guía de planificación (Anexo 7)	Permitió proyectar los métodos de mantenimiento que se debe seguir, la frecuencia con la que se debe ejecutar, los responsables para realizarla y el costo como consecuencia de los mismos.
Evaluar la disponibilidad de equipos críticos después del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa LESSER S.A.C.	Observación Directa Cálculo del MTBF, MTRR y la disponibilidad Análisis Documental	Registro de fallas (Anexo 5,6)	El registro de fallas permitió evaluar nuevamente la disponibilidad de equipos críticos luego de aplicar el programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Fuente: Elaboración Propia

2.5. Métodos de Análisis de Datos

Tabla 3: Métodos de Análisis de Datos

OBJETIVO	INSTRUMENTO/ HERRAMIENTA	ANALISIS DE DATOS
Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa LESSER S.A.C.	Cuestionario – Check list (Anexo 1)	Permitirá conocer la situación actual de la gestión de mantenimiento que se estaría llevando a cabo en la empresa.
Realizar un análisis de criticidad a los equipos del proceso de producción de hielo en la empresa LESSER S.A.C.	Guía de criticidad (Anexo 2)	Permitirá identificar las calificaciones de cada factor analizando la frecuencia y la consecuencia a los equipos más críticos de los menos críticos.
Analizar los modos y efectos de falla de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa LESSER S.A.C.	Matriz AMEF (Anexo 3,4)	Permitirá analizar todos los modos de falla que causan el estado de falla funcional en el equipo, asimismo de determinar el riesgo de falla de los componentes y sus consecuencias.
Aplicar indicadores de mantenimiento que permitan calcular la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa LESSER S.A.C.	Registro de fallas (Anexo 5)	Mediante el registro de fallas se logrará calcular el MTBF, MTTR y la disponibilidad del equipo para conocer en qué condiciones de operación se encuentra.
Elaborar el programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad a los equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa LESSER S.A.C.	Guía de planificación (Anexo 6)	Permitirá proyectar las actividades de mantenimiento que se debe seguir, la frecuencia con la que se debe ejecutar, los responsables para poder realizarla y el costo como consecuencia de los mismos.
Evaluar la disponibilidad de equipos críticos después del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa LESSER S.A.C.	Registro de fallas (Anexo 5,6)	El registro de fallas permitirá evaluar nuevamente la disponibilidad de equipos críticos luego de aplicar el programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Fuente: Elaboración Propia

2.6. Aspectos Éticos

La presente investigación respeta los principios de originalidad y autenticidad de los datos. Asimismo, se respeta la propiedad intelectual, la veracidad de los resultados, la confiabilidad de los datos suministrados por la empresa y a no revelar la identidad de los individuos que participan en el estudio, así como a solo tomar los datos consentidos por los encuestados.

III. RESULTADOS

3.1. Datos generales de la empresa

3.1.1. Reseña histórica

La empresa Lesser S.A.C, dedicada a la producción y comercialización de hielo en bloques ubicada en Av. Los pescadores N° 265 (B-2) - Zona Industrial Gran Trapecio – 27 de octubre situado en la ciudad de Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash – Perú.

Se planteó un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser SAC.



Figura 1: Empresa Lesser SAC.

Fuente: Google maps.

3.2. Diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento

Para realizar el análisis del diagnóstico situacional actual de la empresa Lesser S.A.C, se procedió a aplicar un cuestionario – check list de 98 preguntas (Anexo 1), con la finalidad de recolectar la información necesaria respecto al manejo del sistema de gestión de mantenimiento.

Tabla 4: Puntos de la Gestión de Mantenimiento Efectiva

PUNTOS CLAVE DE UNA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EFECTIVA
Personal del área de mantenimiento.
Medios técnicos empleados por mantenimiento.
El mantenimiento preventivo y el plan de mantenimiento.
La organización del mantenimiento correctivo.
Análisis del sistema de información.
El stock de repuesto.
Análisis de los resultados de mantenimiento.

Fuente: RENOVETEC – 2009.

Se realizó el diagnóstico referido a los problemas en la gestión de mantenimiento que pudieran estar afectando a la empresa, para llevar a cabo este diagnóstico situacional se utilizó la *Tabla 4* donde se muestran los puntos clave de una gestión de mantenimiento efectiva y de las cuales el cuestionario- check list recolecta información para identificar en qué punto está fallando cuales son los problemas más frecuentes de la gestión actual de mantenimiento en la empresa Lesser S.A.C

El resultado del cuestionario - check list se analizó desde 3 perspectivas diferentes y cada uno nos muestra los detalles que se deben mejorar.

Perspectiva N° 1: Análisis General del Cuestionario – Check list

Tabla 5: Resultados de la gestión actual de mantenimiento

RESUMEN DE RESULTADOS DE MANTENIMIENTO	
Graves deficiencias	25
Deficiencias importantes	21
Susceptibles de mejora	34
Resultado excelente	28
ÍNDICE OBTENIDO EN MANTENIMIENTO:	98

Fuente: Anexo 1 Cuestionario Check list.

En la *Tabla 5* se muestra el resumen de resultados de los valores obtenidos según los puntos analizados al aplicar el cuestionario check- list de 98 preguntas.

Tabla 6: Gestión actual del mantenimiento en la empresa Lesser S.A.C

ÍNDICE DE CONFORMIDAD DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
Suma total de los valores del cuestionario – check list	143
Valor máximo del cuestionario	294
Índice de conformidad	48.63%

Fuente: Anexo 1 Cuestionario Check list.

En la *Tabla 6* se muestra el resultado del índice de conformidad del cuestionario – check list aplicado, obteniendo la cantidad total de los valores del cuestionario y el valor máximo del cuestionario, donde se obtuvo un porcentaje del 48.63%, dicho resultado se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$\text{Índice de conformidad} = \frac{\text{suma total de valores del cuestionario check – list}}{3 * \text{número de preguntas}}$$

Fuente: RENOVETEC-2009.

Tabla 7: Índice de Conformidad

TABLA DE VALORES	
< 40% de índice de conformidad	Sistema muy deficiente
40-60% de índice de conformidad	Aceptable pero mejorable
60-75% de índice de conformidad	Buen sistema de mantenimiento
75-85% de índice de conformidad	El sistema de Mantenimiento es muy bueno
> 85% de índice de conformidad	El sistema de Mantenimiento puede considerarse excelente

Fuente: RENOVETEC – 2009.

En la *Tabla 7* se muestra los rangos de los índices de conformidad y sus valores según RENOVETEC, para ello se comparó el índice de conformidad obtenida en la *Tabla 6* con la *Tabla 7*, lo que significa que la gestión de mantenimiento de la empresa Lesser S.A.C. es aceptable pero mejorable, es decir que el manejo actual del sistema de gestión de mantenimiento es eficaz más no eficiente, por lo que es necesario aplicar planes de acción para mejorar el sistema de mantenimiento.

Perspectiva N° 2: Análisis de los valores del Cuestionario – Check list.

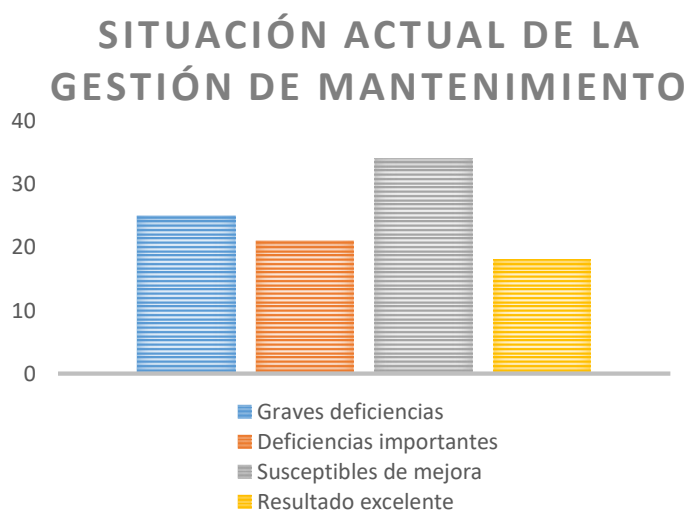


Figura 2: Situación actual de la gestión de mantenimiento
Fuente: Tabla 5 Resultados de la gestión actual de mantenimiento.

En la *Figura 2*. Se muestra el resumen de resultados de los puntos analizados y la suma total de los valores del cuestionario – check list

aplicado, donde se obtuvo como mayor valor el “3” y al compararlo con el cuadro resumen que se encuentra en la Tabla 5, “Susceptibles de mejora”, se obtuvo que la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa Lesser SAC aún puede lograr una gestión efectiva si se realizan modificaciones de mejora en los puntos clave que sean necesarios.

Habiéndose efectuado la perspectiva 2, seguidamente se realizó el análisis de los puntos clave para verificar que los valores se encuentren por debajo de lo normal.

- **Perspectiva N° 3:** Análisis de los puntos clave de la Gestión de Mantenimiento.



*Figura 3: Análisis de los puntos clave de la gestión de mantenimiento
Fuente: Anexo 1 Cuestionario Check list.*

En la Figura 3. Se muestra el resultado de la suma de los valores según los puntos claves de la gestión de mantenimiento efectiva del cuestionario - check list se observó que la empresa Lesser S.A.C. no carece de un punto faltante, pero sin embargo se observa la existencia de

puntos por debajo de lo normal que son el mantenimiento preventivo, el análisis de información, lo que quiere decir que la empresa Lesser S.A.C. si realiza su mantenimiento según las instrucciones del fabricante, pero no maneja un plan de mantenimiento preventivo por lo que cuando se da una ocurrencia de falla dificulta que los equipos se encuentren disponibles para producir, además de ello, la empresa Lesser S.A.C. no realiza un buen manejo con el sistema de información, ya que las ordenes de trabajo solo se realizan en un cuaderno y no se rigen a un formato de OT adecuado, que permita ayudar a manejar mejor la gestión de mantenimiento, es por ello que se debe tomar en cuenta cada punto si se quiere que la empresa Lesser S.A.C. logre llegar a una gestión de mantenimiento efectiva.

3.3. Análisis de criticidad a los equipos del proceso de producción de hielo

Habiéndose efectuado el análisis de la situación actual de la gestión de mantenimiento de la empresa, como paso seguido se debe realizar el listado de cada uno de los equipos utilizados en el proceso de producción de hielo, para ello se muestran los equipos operativos que se utilizan en el proceso de producción de hielo teniendo en cuenta que para el análisis solo se toman en cuenta los equipos operativos, los cuales se encuentran en la *Tabla 8*.

Tabla 8: Lista de equipos del proceso de producción de hielo

EQUIPOS	CANTIDAD
Tanque receptor	1
Compresor	1
Evaporador	1
Serpentín	1
Condensador	1
Grúa rodante	1
Molino	1

Fuente: Elaboración propia.

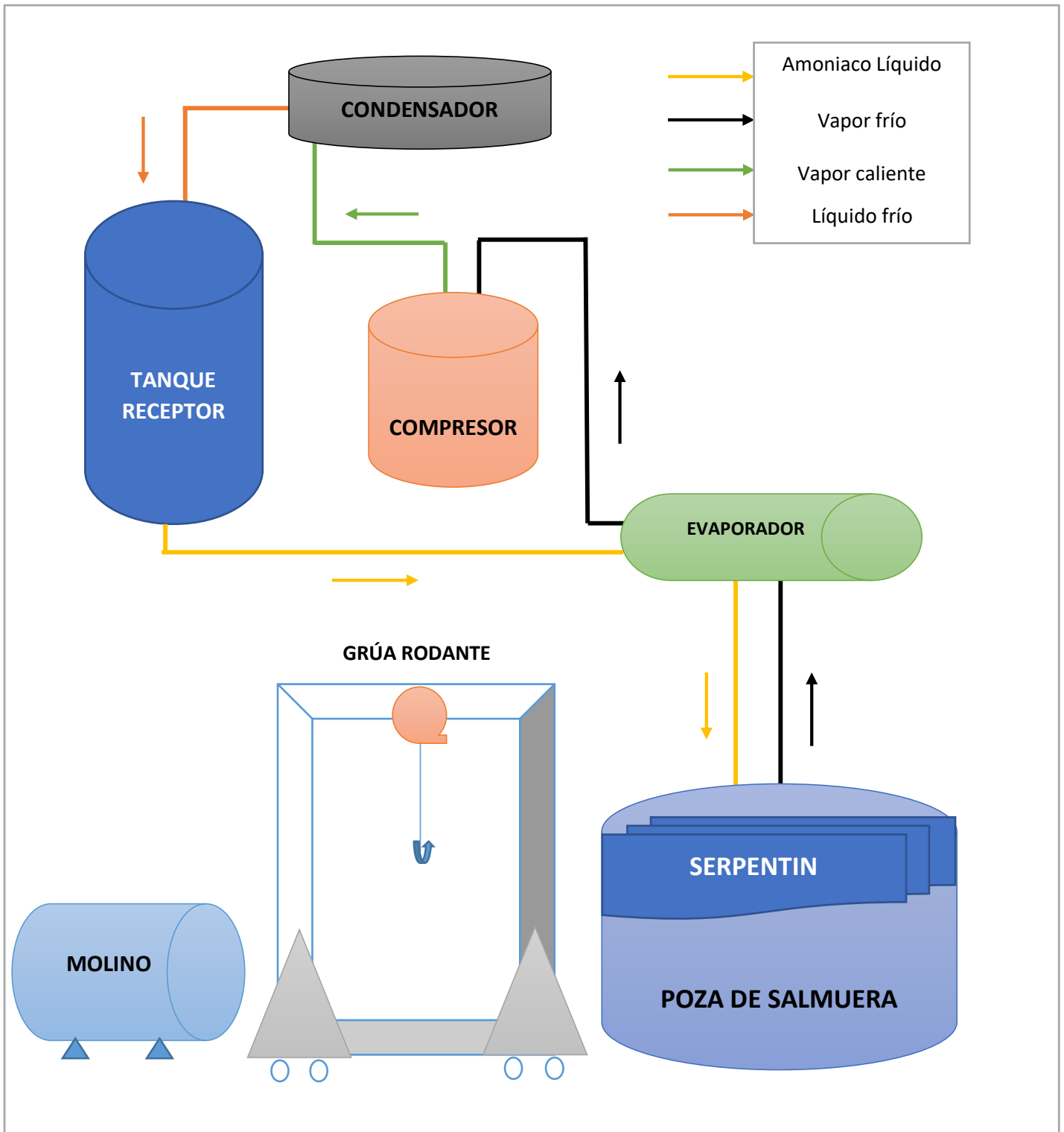


Figura 4: Esquema del proceso de producción de hielo
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4. Se muestra el esquema del proceso y los equipos que se utilizan en la producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C, sabiendo que es una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de hielo molido y en bloques, con respecto al compresor se le puede considerar un equipo crítico por ser el equipo que más ocurrencias de fallas ha tenido en la planta, además de ser el equipo principal en la producción, con respecto al condensador, evaporador y tanque receptor si llegaran a fallar existe opción de repuesto para su respectivo mantenimiento por lo tanto no llegarían a ser equipos críticos porque no repercutiría en la parada total de la planta sin embargo analizando todo el proceso todos los equipos son importantes debido a que son utilizados para la elaboración de hielo, siendo uno más importante e indispensable que otro pero muy útiles.

Es por ello que al tener el listado de los equipos que se utilizan, se realizó un análisis de criticidad a cada equipo, analizando cada factor tanto la consecuencia como la frecuencia de falla como se muestra en la guía de criticidad (Anexo 2).

Tabla 9: Matriz de Criticidad

Fuente: Elaboración propia – Anexo 2 Guía de criticidad.

LESSER S.A.C.		MATRIZ DE CRITICIDAD							
EQUIPOS	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO PRODUCCIÓN	NIVEL DE PRODUCCIÓN	TPPR	COSTO DE REPARACIÓN	IMPACTO SEGURIDAD	IMPACTO AMBIENTE	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
Tanque receptor	2	7	2	2	2	8	7	45	90
Compresor	3	10	4	6	5	5	3	253	759
Evaporador	2	4	2	4	5	5	0	42	84
Serpentín	2	2	2	1	3	3	0	10	20
Condensador	2	4	4	2	3	5	3	43	86
Grúa rodante	2	2	2	1	1	8	0	13	26
Molino	2	2	2	4	1	3	0	20	40

En la *Tabla 9*. Se muestra el resultado del análisis de criticidad de los equipos que se utilizan en el proceso de producción de hielo, donde el equipo más crítico es el compresor con un resultado de criticidad de 759 lo que significa que es un equipo esencial en el proceso de producción de hielo, ya que si existe una ocurrencia de falla causaría daños significativos

tanto a la empresa como en la producción, dichos resultados se obtuvieron al aplicar la siguiente fórmula que se indicó en la Ecuación 01.

$$\text{Críticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \dots \text{Ecuación (01)}$$

Fuente: Petróleos de Venezuela S.A.

Donde:

$$\text{Consecuencia} = (I.P * N.P * T P P R) + C.M + I.S + I.A \dots \dots \text{Ecuación(02)}$$

Fuente: Petróleos de Venezuela S.A.

LEYENDA:

I.O: Impacto Operacional

N.P: Nivel de producción

T P P R: Tiempo promedio para reparar

C.M: Costo de mantenimiento

I.S: Impacto en la seguridad

I.A: Impacto ambiental

Posteriormente, esa operación matemática permitió ubicar la criticidad de los equipos dentro de la matriz de criticidad según la *Tabla 10*, para conocer su nivel de criticidad de cada equipo dentro del proceso productivo de la empresa.

Tabla 10: Nivel de Criticidad

NIVEL DE CRITICIDAD	CANTIDAD	EQUIPOS
NO CRÍTICO	3	SERPENTIN
		GRUA RODANTE
		MOLINO
SEMI-CRÍTICO	3	TANQUE RECEPTOR
		EVAPORADOR
		CONDENSADOR
MUY CRÍTICO	1	COMPRESOR

Fuente: Elaboración propia – Tabla 9 Matriz de criticidad.

3.4. Análisis de modos y efectos de falla a los equipos críticos del proceso de producción de hielo

Habiéndose realizado el análisis de criticidad, se procedió identificar los componentes del equipo el cual ayude a identificar las fallas que se estarían presentando en el equipo.

Para analizar los modos y efectos de fallas se procedió a realizar un AMEF, en donde se identificó todas las formas o modos de fallas del equipo dentro del proceso, el efecto que causaría al ocurrir la falla y las consecuencias de los fallos, así mismo determinar el RPN (Anexo 3)

Dicho resultado se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$RPN = Sev * Ocu * Det \dots \dots \dots \textbf{Ecuación(03)}$$

Fuente: Libro de Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control.

LEYENDA:

- RPN:** Número de Prioridad de Riesgo
- Sev:** Severidad
- Det:** Detección
- Ocu:** Ocurrencia

El AMEF (análisis modal de fallas, efectos) se realizó para el equipo crítico compresor resultado del análisis de criticidad según la *Tabla 10*, para ello se analizó al equipo según sus componentes principales que permiten el funcionamiento del mismo.

Tabla 11: Resumen de los modos y efectos de falla del compresor

COMPRESOR: COMPONENTES CON MAYOR NIVEL DE PRIORIDAD DE RIESGO											
EQUIPO	COMPONENTE	FUNCION DEL COMPONENTE	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	O	S	D	RPN	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE
COMPRESOR	Tablero eléctrico	Poner en marcha y parar el funcionamiento del compresor	Contactador no regulado	Se funden los contactos	Quemar el motor	4	0.75	1	3	Cambio de contactor a la capacidad del motor	Electricista
	Cabezal	Permite el paso del refrigerante de la sección a la descarga	Vencimiento de resortes	No permite la compresión de resortes	Daño de resortes	3	1.35	2	8.1	Desmontar, reparar o cambiar	Técnico en mantenimiento
	Pistones	Comprimir el refrigerante para elevar la temperatura hacia el condensador	Desgaste de anillos	Por falta de lubricación y tiempo de trabajo	No comprime refrigerante	4	0.65	2	5.2	Cambio de anillos y verificar la lubricación	Técnico en mantenimiento
	Cárter	Almacenar el aceite	Presión de aceite demasiada o elevada	Rajadura del cárter	Ruptura de Cárter por calentamiento	4	0.65	2	5.2	Regular o cambiar el aceite	Técnico en mantenimiento
	Cigüeñal	Permite el movimiento de los pistones y la bomba de aceite	Ruptura de cigüeñal	No da movimiento al pistón	Rompedura de pistones y camisas	4	1.7	1	5.1	Mantenimiento general	Técnico en mantenimiento
	Bomba de aceite	Bompear el aceite para la lubricación de todo el compresor	Desgaste de piñones	No bombea aceite al compresor	Mezcla de aceite con refrigerante líquido	3	0.5	2	3	Cambiar piñones	Técnico en mantenimiento
	Válvula de seguridad	Regular la presión del refrigerante	Vencimiento de resortes	Por fatiga de los resortes	Fuga del refrigerante	3	1.15	2	6.9	Regular la presión del resorte	Técnico en mantenimiento
	Sello mecánico	Evita la salida del refrigerante y el aceite hacia el exterior por el eje cigüeñal	Reten desgastado	Perdida de aceite y refrigerante	Fuga de refrigerante y aceite por el eje de cigüeñal	4	0.9	2	7.2	Cambio de reten	Técnico en mantenimiento
	Enfriador de aceite	Enfriar el aceite	Encalichamiento de tubería o suciedad	Se acumula carbonilla o escoria	Impide el enfriamiento de aceite	4	0.55	2	4.4	Limpiar el enfriador de aceite	Técnico en mantenimiento

Fuente: Elaboración propia – Anexo 4 Matriz de modo y efecto de falla (AMEF).

En la *Tabla 11* se muestra los modos y efectos de falla de los componentes principales del compresor, para ellos se describió la función que cumple cada componente en el compresor, también se describió los modos de falla es decir las fallas que ocurre cuando un componente del equipo no puede cumplir su función, seguidamente se describió los efectos que es la descripción de lo que le puede pasar a un modo de falla y por último la causa de falla que son las consecuencias de las fallas que pueden afectar al equipo compresor por la pérdida de la función del componente.

Posteriormente se realizó un resumen de los componentes con mayor nivel de prioridad de riesgo de los modos de falla del compresor sacados del (Anexo 4) con la finalidad de cuantificar la probabilidad de falla es decir reconocer el modo de falla más propenso a ocurrir para de esa manera plantear las acciones recomendadas de mantenimiento que ayudaran a disminuir o eliminar el riesgo presentado.

3.5. Aplicación de indicadores del mantenimiento que permiten calcular la disponibilidad del equipo crítico del proceso de producción de hielo

Para aplicar los indicadores de mantenimiento se presenta el registro de fallas del compresor (Anexo 5), con la finalidad de recopilar los tiempos de operación y los tiempos de reparación del equipo compresor.

Tabla 12: Tiempo promedio entre paradas

N°	MES	TAREA	FECHA DE INICIO	DURACIÓN EN DÍAS (3 meses)	FECHA DE FIN	DURACIÓN EN HORAS (8h)
6	MARZO	1	07/03/2018	1	08/03/2018	8
		2	08/03/2018	7	15/03/2018	56
		3	15/03/2018	3	18/03/2018	24
		4	18/03/2018	5	23/03/2018	40
		5	23/03/2018	5	28/03/2018	40
		6	28/03/2018	6	03/04/2018	48
TOTAL						216
7	ABRIL	1	03/04/2018	8	11/04/2018	64
		2	11/04/2018	5	16/04/2018	40
		3	16/04/2018	1	17/04/2018	8
		4	17/04/2018	3	20/04/2018	24
		5	20/04/2018	6	26/04/2018	48
		6	26/04/2018	1	27/04/2018	8
		7	27/04/2018	6	03/05/2018	48
TOTAL						240
7	MAYO	1	03/05/2018	9	12/05/2018	72
		2	12/05/2018	7	19/05/2018	56
		3	19/05/2018	3	22/05/2018	24
		4	22/05/2018	2	24/05/2018	16
		5	24/05/2018	2	26/05/2018	16
		6	26/05/2018	2	28/05/2018	16
		7	28/05/2018	1	29/05/2018	8
TOTAL						208

Fuente: Elaboración propia - Anexo 5 Registro de falla

En la *Tabla 12* se muestran el número de paradas realizadas por cada mes (3 meses), los días de operación del equipo (8h/día) y las horas de operación por día, con la finalidad de calcular el tiempo promedio entre paradas (MTBF) para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$MTBF (h) = \frac{\text{Horas Operadas}}{\text{Numero de paradas}} \dots \dots \dots \text{Ecuación (04)}$$

Fuente: Confiabilidad, Disponibilidad Y Mantenibilidad.

Tabla 13: Resumen de los tiempos promedio entre paradas

MTBF(h)		
MES		
MARZO	ABRIL	MAYO
36.00	34.29	29.71

Fuente: *Tabla 12* Tiempo promedio entre paradas.

En la *Tabla 13* se muestra el resumen de los tiempos promedio entre paradas en el periodo de 3 meses, que se utilizará para calcular la disponibilidad de cada mes.

Tabla 14: Tiempo promedio para reparar

N°	MES	TAREA	FECHA	DURACIÓN EN HORAS
6	MARZO	1	07/03/2018	6
		2	08/03/2018	3
		3	15/03/2018	1
			15/03/2018	5
		4	18/03/2018	2
		5	23/03/2018	2
6	28/03/2018	4		
TOTAL				23
7	ABRIL	1	03/04/2018	2
		2	11/04/2018	4
		3	16/04/2018	3
		4	17/04/2018	3
		5	20/04/2018	5
			20/04/2018	3
		6	26/04/2018	3
26/04/2018	1			
7	27/04/2018	26		
TOTAL				50

8	MAYO	1	03/05/2018	2
		2	12/05/2018	3
		3	19/05/2018	2
		4	22/05/2018	4
		5	24/05/2018	3
			24/05/2018	8
		6	26/05/2018	2
		7	28/05/2018	7
			28/05/2018	4
8	29/05/2018	53		
TOTAL				88

Fuente: Elaboración propia - Anexo 5 Registro de falla.

En la *Tabla 14* se muestran el número de paradas realizadas al mes (3 meses) y la duración en horas por paradas al día, con la finalidad de calcular el total de tiempo promedio para reparar (MTTR) para ello se utilizó la siguiente formula:

$$MTTR (h) = \frac{\text{Total Tiempo de Paradas}}{\text{Numero de paradas}} \dots \dots \text{Ecuación (05)}$$

Fuente: Confiabilidad, Disponibilidad Y Mantenibilidad.

Tabla 15: Resumen de los tiempos promedio para reparar

MTTR(h)		
MES		
MARZO	ABRIL	MAYO
3.8	7.1	11

Fuente: *Tabla 14* Tiempo promedio para reparar.

En la *Tabla 15* se muestra el resumen de los tiempos promedio para reparar en el periodo de 3 meses, que se utilizará para calcular la disponibilidad de cada mes.

Tabla 16: Registro de indicadores de la disponibilidad

LESSER S.A.C.			DISPONIBILIDAD						
MESES									
EQUIPO	MARZO			ABRIL			MAYO		
	MTBF(h)	MTTR(h)	DIS(%)	MTBF(h)	MTTR(h)	DISP(%)	MTBF(h)	MTTR(h)	DISP(%)
COMPRESOR	36.00	3.83	89%	34.29	7.1	79%	29.71	11	63%

Fuente: Tabla 13 MTBF, 15 MTTR – Anexo 5.

En la *Tabla 16* Se muestra el resumen de los resultados de la disponibilidad del compresor por los 3 meses según el registro de fallas (Anexo 5), presentando una disponibilidad alta en el mes de marzo del 89% y una disponibilidad baja en el mes de mayo con un 63%, así mismo en el mes de abril con un 79% que se encuentra intermedia a los meses respectivamente, sin embargo, al analizar los resultados obtenidos se observó que ninguno de los meses llega a la disponibilidad máxima que es el 100%, eso quiere decir que los intervalos de tiempos por paradas y reparación están siendo continuas lo que afecta la probabilidad de que el equipo compresor se encuentre disponible en el tiempo requerido se utilizó la siguiente formula:

$$A (\%) = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ecuación (06)}$$

Fuente: Confiabilidad, Disponibilidad Y Mantenibilidad.

LEYENDA:

MTBF: Tiempo promedio entre paradas

MTTR: Tiempo promedio para reparar

A (%): Disponibilidad


3.6. Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad a los equipos críticos del proceso de producción de hielo

Para la elaboración del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad se tomó información del AMEF (análisis modal de fallas y efectos) con la finalidad de identificar los modos de fallas de los componentes del compresor, para luego de aplicar el programa tener una mejora en la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo, es decir intenta mejorar la confiabilidad de instalación en el proceso para ellos se centró primordialmente en la determinación de actividades y/o tareas de mantenimiento(mecánicas, eléctricas, etc.), los responsables que deben ejecutarlo, es decir la persona capacitada para resolver dicho problema, la frecuencia con la que se va realizar tomando en cuenta el registro de fallas y finalmente el costo como consecuencia de los mismos.

El programa de mantenimiento se realizó con la finalidad de poder tener una hoja de ruta con la cual basarse al realizar el mantenimiento de los equipos de la planta en especial la que tuvo más ocurrencias de fallas y de este modo intentar mejorar la disponibilidad de los equipos, así se logrará tener una planta de hielo con un funcionamiento más fiable y seguro.

En la *Tabla 17*, se detallaron las actividades que se debe realizar a cada componente del compresor, el cual ayudará a reducir la posibilidad de que falle el equipo aumentando el lapso de tiempo entre una falla y otra.

Tabla 17: Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad del compresor

		<h1 style="text-align: center;">PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</h1>						
FECHA:	05-07-2018	NOMBRE DEL PROYECTO:	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR					
EQUIPO:	COMPRESOR	PERIODO DE INSPECCIÓN:	PERIÓDO 2018. II – LESSER S.A.C.					
NOMBRE DEL EQUIPO	COMPONENTE PRIMARIO	N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE	CANTIDAD (h)	COSTO (unit.)	COSTO
COMPRESOR	CABEZAL	1	Verificación del estado de la válvula, limpieza y cambio de ser necesario	SEMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO	4	s/.28	s/.112
		2	Comprobación de la presión si se encuentra en el parámetro normal (bajar la capacidad si es necesaria)	CADA HORA	OPERADOR	8	s/.8	s/.64
		3	Reemplace de los resortes del cabezal por ruptura	SEMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO	4	s/.28	s/.112
		4	Limpieza interna del cabezal	MENSUAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO	4	s/.28	s/.112
	PISTONES	5	Verificación del estado de los anillos y cambio de ser necesario	SEMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO	4	s/.80	s/.320
		6	Verificación del estado de bielas del pistón que no tenga desgaste y cambio de ser necesario	SEMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO			
		7	Comprobación de medida del anillo según lo establecido	SEMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO			
	CÁRTER	8	Verificación de la temperatura de aceite en el Cártel	CADA HORA	OPERADOR	8	s/.8	s/.64
		9	Verificar si se presenta la existencia de refrigerante líquido y realizar limpieza si se necesita	CADA HORA	OPERADOR	8	s/.8	s/.64
	CIGÜEÑAL	10	Verificación del nivel de desgaste del cigüeñal y cambiar si es necesario	TRIMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO	4	s/.28	s/.112
	BOMBA DE ACEITE	11	Verificar que los filtros de aceite se encuentren en buen estado	TRIMESTRAL	OPERADOR	2	s/.25	s/.50

NOMBRE DEL EQUIPO	COMPONENTE PRIMARIO	N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE	CANTIDAD (h)	COSTO (unit.)	COSTO
COMPRESOR	VÁLVULA DE SEGURIDAD	12	Limpieza de la válvula de seguridad para evitar la corrosión del resorte	SEMESTRAL	OPERADOR	4	s/.25	s/.100
	SELLO MECÁNICO	13	Limpieza de sellos y cambio si es necesario	SEMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO	4	s/.28	s/.112
		14	Verificar los filtros de aceite para evitar el paso de escoria	TRIMESTRAL	OPERADOR	2	s/.25	s/.50
		15	Verificación y limpieza de los resortes	SEMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO	2	s/.28	s/.56
		16	Verificar que el cigüeñal no tenga corrosión en el eje del retén que origine deformar el sello	TRIMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO	4	s/.28	s/.112
	ENFRIADOR DE ACEITE	17	Verificar que el ablandador de agua se encuentre operativo	DIARIO	OPERADOR	1	s/.25	s/.25
		18	Limpieza de tuberías	BIMESTRAL	OPERADOR	5	s/.25	s/.125
	TABLERO ELÉCTRICO	19	Verificación y limpieza de los componentes del contactor	MENSUAL	ELECTRICISTA	2	s/.30	s/.60
	TOTAL DE MANO DE OBRA					DIARIO	217	s/.1650
MENSUAL						172		
BIMESTRAL						125		
TRIMESTRAL						324		
SEMESTRAL						812		

Fuente: Elaboración propia – Anexo 7, Anexo 8.

Para la planificación del programa de mantenimiento se hizo uso de la guía de planificación (Anexo 7,8) el cual permitió organizar los parámetros de control de la planta de hielo, tomando en cuenta el tiempo total de la inspección.

De la misma manera se planteó las tareas y/o actividades de mantenimiento que se deben realizar según las causas de cada componente ya sean eléctricas o mecánicas; el responsable capacitado para realizar dichas tareas de mantenimiento en el equipo evitando indisponibilidad del personal, así mismo la frecuencia con la que se deben realizar las tareas de mantenimiento los cuales se determinaron tomando

en cuenta datos del fabricante o el del mismo colaborador de la empresa el cual permitió mantener un control exhaustivo sobre los equipos ya que estos podrían fallar en cualquier momento lo que conlleva a que pueda afectar al buen manejo y seguridad de la planta, las horas de reparación en la que se va ejecutar dicha tarea asumiendo los costos de mano de obra por operación realizada , obteniendo un costo total de s/. 1650 soles en mano de obra del proyecto en el cual se clasificó por la frecuencia de cada actividad programada.

Cabe resaltar que las actividades de cada componente primario se basaron según la probabilidad de fallo que se obtuvo en la matriz AMEF (Anexo 4), el cual indicó el componente susceptible averiarse para ello es que se plantearon las tareas de mantenimiento con la finalidad de prevenir causas que pueden originar el fallo funcional del equipo, dichas tareas están destinadas a mejorar la disponibilidad del personal y del equipo.

3.7. Evaluación de la disponibilidad de equipos críticos después de aplicar el programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad

Para evaluar la disponibilidad se realizó una proyección de que luego de la aplicación del programa propuesto, la disponibilidad del equipo mejorará.

La revaluación consiste en analizar nuevamente la disponibilidad, mediante el cálculo de los indicadores del mantenimiento que son el MTTR (Tiempo promedio para reparar), MTBF (Tiempo promedio entre paradas) y por ende la disponibilidad, para ello se tomó en cuenta el registro de fallas donde las actividades son anotadas, es decir que se tomaron en cuenta las fallas antes y después de aplicar el programa para ello en el primer registro se obtuvo que la disponibilidad en los meses establecidos no llegaban a la disponibilidad máxima entonces luego de la propuesta de plantear el programa de mantenimiento las fallas redujeron y la disponibilidad mejoró.

Tabla 18: Tiempo promedio entre paradas

N°	MES	TAREA	FECHA DE INICIO	DURACIÓN EN DÍAS (3 meses)	FECHA DE FIN	DURACIÓN EN HORAS (8h)
2	AGOSTO	1	08/08/2018	20	16/08/2018	160
		2	16/08/2018	17	28/08/2018	136
TOTAL						296
2	SEPTIEMBRE	1	28/08/2018	12	03/09/2018	96
		2	03/09/2018	11	14/09/2018	88
TOTAL						184
2	OCTUBRE	1	14/09/2018	9	26/09/2018	72
		2	26/09/2018	13	29/10/2018	104
TOTAL						176

Fuente: Elaboración propia - Anexo 6 Registro de falla

Tabla 19: Tiempo promedio para reparar

N°	MES	TAREA	FECHA	DURACIÓN EN HORAS
2	AGOSTO	1	08/08/2018	3
			08/08/2018	2
		2	28/08/2018	1
TOTAL				6
2	SEPTIEMBRE	1	14/09/2018	3
		2	26/09/2018	2
			26/09/2018	2
TOTAL				7
3	OCTUBRE	1	07/10/2018	1
		2	16/10/2018	3
		3	29/10/2018	4
TOTAL				8

Fuente: Elaboración propia - Anexo 6 Registro de fal

En la *Tabla 18 y 19* se muestran las fechas por cada mes (3 meses) según el registro de fallas del compresor (ANEXO 6), con la finalidad de calcular el tiempo promedio entre paradas (MTBF) y el tiempo promedio

para reparar (MTTR). En la *Tabla 18* se detallan los tiempos promedios entre paradas, es decir el tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente para ello se toma en cuenta la duración en horas, así mismo en la *Tabla 19* se detallan los tiempos promedios para reparar, es decir el tiempo promedio que toma reparar algo después de una falla.

Tabla 20: Resumen de los tiempos promedio entre paradas

MTBF(h)		
MES		
AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
148	180	88

Fuente: Tabla 18 Tiempo promedio para reparar.

Tabla 21: Resumen de los tiempos promedio para reparar

MTTR(h)		
MES		
AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
3	3.5	3

Fuente: Tabla 19 Tiempo promedio para reparar.

Posteriormente en la *Tabla 20 y 21* se puntualiza el resumen de los tiempos promedio entre paradas y para reparar, especificando cada valor según el mes correspondiente respectivamente, para el cual cada cantidad se obtuvo de la *Tabla 19* por medio de la división del total de duración en horas entre la cantidad de tareas realizadas.

Tabla 22: Registro de indicadores de la disponibilidad

LESSER S.A.C.			DISPONIBILIDAD						
MESES									
EQUIPO	AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE		
	MTBF(h)	MTTR(h)	DIS(%)	MTBF(h)	MTTR(h)	DISP(%)	MTBF(h)	MTTR(h)	DISP(%)
COMPRESOR	3.00	148.00	97%	3.50	180.00	98%	3.00	148.00	98%

Fuente: Tabla 20 MTBF, 21 MTTR – Anexo 6.

En la *Tabla 22* se muestra la revaluación de la disponibilidad del compresor, teniendo en cuenta el mismo procedimiento inicial que se realizó en los primeros 3 meses, para ello se utilizó el mismo formato de registro de fallas (Anexo 6), solo se tomó en cuenta los registros de los 3 meses siguientes luego de haber aplicado el programa; sin embargo, al analizar los resultados obtenidos se observó que la disponibilidad aumenta, esto se debe a que luego de la aplicación del programa de mantenimiento los intervalos de tiempos por paradas y reparación disminuyeron, eso quiere decir que las paradas no programadas por las fallas imprevistas que se daban en el compresor fueron controladas con las actividades y las frecuencias que se plantearon en el programa por ejemplo en el registro de fallas (Anexo 5), la parada más frecuente se originaba por calentamiento del compresor debido a que no se monitoreaba continuamente la temperatura del aceite, lo que ocasionaba apagar el compresor en un periodo de 2 a 3 horas al día, es por ello que en el programa se indica que se debe verificar la temperatura de aceite en el cárter cada hora y si es necesario añadirla, también se necesitó la ayuda de la guía de planificación (Anexo 8) donde se registraron los parámetros de control del compresor logrando que éste continúe con su funcionamiento evitando que el equipo se tenga que apagar y se tenga que parar la producción, por lo tanto al aumentar la disponibilidad quiere decir que en el periodo de los 3 meses con la aplicación del programa irán disminuyendo las paradas no programadas y se logrará obtener una disponibilidad máxima del 100%.

3.7.1. Contrastación de hipótesis

Según, Riestra (2013), la prueba de t – Student, Es la probabilidad de tomar la decisión de rechazar la hipótesis nula (H_0) cuando ésta es verdadera, se caracteriza por los grados de libertad, ya que una vez calculado el valor “t” y los grados de libertad, se selecciona el nivel de significación y se compara el valor obtenido con el valor que le corresponde en la tabla “t”. Si el valor calculado es mayor que el que aparece en la tabla “t” se acepta la hipótesis de investigación.

Tabla 23: Comparación de disponibilidad

EQUIPO	MESES	DISP(%) INICIAL	INDISP(%) INICIAL	MESES	DISP(%) FINAL	INDISP(%) FINAL
COMPRESOR	MARZO	89%	11%	AGOSTO	97%	3%
	ABRIL	79%	21%	SEPTIEMBRE	98%	2%
	MAYO	63%	37%	OCTUBRE	98%	2%
	PROMEDIO	77%	23%	PROMEDIO	98%	3%

Fuente: Elaboración propia – Tabla 16, 22 Registro de indicadores de la disponibilidad.

a) Hipótesis

Hi: A través de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, se mejorará la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.

Ho: A través de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, no se mejorará la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.

b) Nivel de significancia

Es un concepto estadístico asociado a la verificación de una hipótesis. El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%.

Siendo $\alpha = 0.05$ (nivel de significancia) y $n - 1 = 2$ grados de libertad, se tiene el valor crítico de T de Student (Ver tabla T Student en Anexo 08):

Tabla 24: Estadísticas de muestras emparejadas

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	ANTES	21,8333	3	8,49510	3,46811
	DESPUES	3,0000	3	,89443	,36515

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Correlaciones de muestras emparejadas

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	ANTES & DESPUES	3	-,184	,727

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas			
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia
					Inferior
Par 1	ANTES - DESPUES	18,83333	8,70441	3,55356	9,69862

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: Prueba de muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas	t	gl	Sig. (bilateral)
		95% de intervalo de confianza de la diferencia			
		Superior			
Par 1	ANTES - DESPUES	27,96805	5,300	2	,003

Fuente: Elaboración propia - Anexo 9 Tabla T de Student.

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre rangos con ANTES y DESPUES es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los signo para muestras relacionadas	,027	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Figura 5: Resumen de contrastes de hipótesis

Fuente: Anexo 9 Tabla T de Student.

c) Conclusión

Se concluye que, se rechaza H_0 de la hipótesis estadística y H_a es aceptada, por lo tanto, la hipótesis H_a :” A través de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, se mejorará la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.” Es aceptada puesto que los grupos difieren de manera significativa entre sí, con un nivel de error de 5% ($\alpha = 0.05$), siendo la implementación de la propuesta una alternativa de solución para el problema de investigación.

IV. DISCUSIÓN

Para un diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento en la empresa Lesser S.A.C. el resultado mostró un índice de conformidad del 48.63% (Tabla 6) que significa que la gestión actual de mantenimiento es aceptable pero que necesita mejorar ciertos puntos que se encuentran por debajo de lo normal, dentro de esos puntos se precisó que la gestión de mantenimiento actual se encuentra susceptible a mejoras, es decir que no carece de un punto faltante, pero sin embargo se observa la existencia de puntos por debajo de lo normal que son el mantenimiento preventivo y el análisis de información, tomando en cuenta que si se toman acciones de mejoras en dichos puntos la gestión de mantenimiento lograría un resultado excelente. Ahora bien, concuerdo con SALAZAR (2009) que en su tesis realizó una técnica similar a la mía al realizar un diagnóstico a la situación actual del sistema, donde determinó el contexto operacional y la gestión en la que se encuentra la empresa, para el cual concluye que para una mejora de la gestión de mantenimiento es necesaria las capacitaciones, la implementación de formatos de reportes de fallas entre otros, por otro lado, discrepo con CARPIO (2016) que en su tesis a diferencia de las anteriores que realizaron un diagnóstico situacional para conocer la gestión de mantenimiento, solo aplicó la metodología que se basó en realizar un estudio de campo, el cual solo permitió plantear un cuestionario al personal y verificar la viabilidad de la aplicación de la estrategia RCM, más no permitió tomar acciones de mejoras el cual permitan identificar la gestión de mantenimiento.

Para la determinación de equipos críticos del proceso de producción de hielo se realizó un análisis de criticidad en el cual se obtuvo que el equipo crítico del proceso de producción de hielo es el compresor con un índice de conformidad de 759. De tal modo concuerdo con SALAZAR (2009) quien realizó un análisis de criticidad a sus equipos para enfatizar estudios y destinar recursos en los componentes con mayor relevancia para el cual se tomó el listado de equipos del sistema de aire en plantas de extracción de líquido de gas natural, señalando que el equipo compresor 1 y el equipo

compresor 2 son los equipos críticos obteniendo un índice de criticidad de 67% lo que significa que son equipos que no pueden fallar ya que produciría una suspensión drástica en el sistema en la plata de extracción de líquido de gas natural.

Posteriormente se analizó los efectos que producen cada modo de falla y su ocurrencia en las funciones de los componentes del equipo, utilizando el análisis de los modos y efectos de falla (AMEF) al equipo compresor, ya que según ALVAREZ (2014) si se aplica el AMEF se logra identificar y prevenir que puede salir o ir mal, es decir identificar problemas antes de que ocurran y puedan afectar a los procesos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado buscando conocer cuáles son las probabilidades de que esto suceda, y si algo sale mal ¿Cuáles son sus consecuencias?, y de estas consecuencias, ¿Cuáles estamos dispuesta asumir? Ya que aborda la identificación, eliminación o reducción de riesgos, haciendo un análisis de toma de decisión de los riesgos que se está dispuesto asumir.

Ahora bien, para aplicar los indicadores de mantenimiento se recolectó información por los 3 meses utilizando los registros de fallas, con la finalidad de conocer las condiciones de operación, es decir la disponibilidad en la que se encuentra el equipo compresor para eso se requiere recopilar los tiempos de operación, los tiempos de reparación y seguidamente calcular el tiempo promedio entre paradas y el tiempo promedio para reparar, ya que según ARATA Y FURLANETTO (2005) señala que los indicadores de mantenimiento son instrumentos que ayudan a conocer las condiciones de operación de un equipo, sabiendo que la probabilidad que un equipo se encuentre disponible se representa en 100%, así mismo se representa calculando el tiempo promedio entre paradas (MTBF), (MTTR) y la disponibilidad que es la probabilidad de asegurar un servicio requerido, es decir el porcentaje de equipos disponibles en un determinado momento.

El programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la Tabla 17, está orientado a prevenir los modos de fallas que puedan presentarse en el componente del equipo, para ello se toma en cuenta las tareas y/o actividades de mantenimiento, la frecuencia con la que se va realizar dicha tarea, el responsable encargado y el costo del mismo, así mismo MORA (2009) señala que los modos de falla son los que causan el estado de falla en el equipo, o los que inciden indirectamente para que este evento ocurra”.

Los resultados obtenidos al aplicar una nueva evaluación de los indicadores de mantenimiento permitieron conocer la disponibilidad del equipo antes y después de aplicar el programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, en donde permitió mejorar la disponibilidad con un promedio de un 77% a un 98%, utilizando 3 meses consecutivos para la evaluación de la disponibilidad, de tal modo concuerdo con MONTANO (2013), que realizó la misma evaluación el cual llegó a la conclusión de que el Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM permite mejorar el desempeño del área de mantenimiento aumentando la disponibilidad entre 88% y 93%, además que genera una buena coordinación entre el área de operación y de mantenimiento, así mismo concuerdo de la misma manera que PEREZ (2013) Quien solo planteó su programa de mantenimiento indicando que si se logra la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad se reducirá el costo de mantenimiento debido a la aplicación de un mantenimiento adecuado y la eliminación de un mantenimiento rutinario, Ahora bien, se confirma que no es necesaria aplicar el programa de mantenimiento, ya que el RCM es un tipo de mantenimiento por el cual el trabajo se hace más eficaz y planificado el cual ayuda a mejor la disponibilidad, debido a eso es que se trazó una proyección que al aplicar el programa se mejoraran los planes de mantenimiento completamente, logrando alargar la vida útil del equipo obteniendo una disponibilidad máxima del 100%.

V. CONCLUSIONES

La empresa Lesser S.A.C. según su diagnóstico situacional, obtuvo un índice de conformidad del 48.63% considerado como un punto aceptable pero mejorable, dentro de ellos se observa la existencia de puntos por debajo de lo normal que son el mantenimiento preventivo y el sistema de información lo que significa que si se quiere lograr una gestión efectiva se tiene que aplicar planes de acción para mejorar el sistema de mantenimiento.

Tras la aplicación del análisis de criticidad, se determinó que el equipo más crítico es el compresor con un índice de criticidad de 759 lo que significa que es un equipo esencial en el proceso de producción de hielo y si existe una ocurrencia de falla causaría daños significativos en la empresa.

Los modos y efectos de falla (AMEF), lograron determinar la función que cumple cada componente del equipo compresor descubriendo los modos de falla, la causa de falla y por último las consecuencias de las fallas que afectan al equipo para tomar acciones recomendadas a largo plazo.

Al aplicar los indicadores de mantenimiento, se calculó el tiempo promedio entre paradas y el tiempo promedio para reparar obteniendo una disponibilidad promedio del 77% de los primeros 3 meses (marzo, abril, mayo) el cual se aplicó para conocer las condiciones de operación del compresor.

El programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, se realizó según la información del AMEF, tomando en cuenta los modos de falla que pueden causar una consecuencia en el equipo, para el cual las actividades, la frecuencia, el responsable y el costo de mantenimiento se programaron tomando en cuenta el estado del equipo, datos del fabricante e información de los operadores con la finalidad de reducir las fallas y las paradas no programadas.

Se realizó la revaluación de los indicadores, obteniendo una disponibilidad promedio final del 98% de los siguientes 3 meses (agosto, septiembre, octubre) luego de aplicar el programa lo que significa que la disponibilidad del equipo compresor se encontrará en condiciones óptimas para su manejo contante en la producción.

VI. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- Implementar fichas técnicas de los equipos de producción, con el propósito de profundizar conocimiento de las futuras investigaciones y próximos trabajadores.
- Actualizar las capacitaciones a los trabajadores lo cual ayuden a poder desempeñarse de las distintas maneras, cuya ausencia del personal no se considere imprescindible ni pueda afectar en las actividades de mantenimiento.
- Realizar periódicamente pedidos e inventario de repuestos.
- Gestionar órdenes de trabajo documentadas o en sistemas informáticos, que permitan archivar información ordenadamente.
- Realizar evaluaciones frecuentes, a los equipos se encuentran propensos a resultar críticos, con el objetivo de prevenir las fallas que puedan presentarse para su mejoramiento.
- Utilizar el registro de falla que permita documentar el modo de falla del equipo para identificarlas antes de tiempo y repararlas.
- Registrar continuamente los parámetros de control de los equipos según la guía de planificación
- Mantener actualizado el inventario de todos los recursos necesarios con sus respectivos costos para poder realizar las actividades cuando correspondan, de esa manera optimizar costos de mantenimiento elevados o fuera de lo necesario.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ÁLVAREZ, Manu. Análisis modal de fallos y efectos – amfe: ejecución paso a paso. E.1. España: createspace. 2014.pp.3.ISBN: 1505567459

ARATA, Adolfo. Manual de gestión de activos y mantenimiento. Santiago: ril editores, 2005. 937. ISBN: 956-284-433-1

AVILA, Héctor. Introducción a la metodología de la investigación. México: eumed.net. 2006.pp.174.ISBN-10: 84-690-1999-6

Bernal, César. Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. México: pearson educación. 2006. Pp. 304. ISBN: 970-26-0645-4.

CARPIO, Marco. “implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad del taller de maestranza comercial tornocentro arequipa srllda”. Maestría en ciencias con mención en ingeniería de mantenimiento (ingeniería mecánica). Arequipa: universidad católica de santa maría.2016, 236p.

CHANG, Enrique. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler. Tesis (título de ingeniería industrial). Lima: universidad peruana de ciencias aplicadas, 2008. 87pp.

CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD, entendiendo sus diferencias. [mensaje en un blog]. Venezuela: alirio, (24 de octubre del 2011). [fecha de consulta: 30 de mayo de 2017]. Recuperado de: <https://maintenancela.blogspot.pe/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>.

GARCÍA, Santiago. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A. 2010. Pp. 300. ISBN: 978-84-7978-577-2

GÓMEZ, Félix. Tecnología del Mantenimiento Industrial. E.1. Murcia: Universidad de Murcia, Servicio de publicaciones. 1998. Pp. 341. ISBN: 84-8371-008-0

GONZÁLEZ, Francisco. Mantenimiento industrial avanzado. E.2. España: fundación confemetal. 2003.p.203.ISBN: 84-96169-03-0

GUZMÁN, Carlos. “plan de análisis de modos/efectos de falla y plan de mantenimiento para una maquina industrial lavadora de prendas.”. Tesis (título de ingeniero mecánico). Santiago de cali. Colombia: universidad autónoma de occidente. Facultad de ingeniería. 2013. 100p.

MARTÍNEZ, Alex. Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria.2012.<<http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/600661/2/tesis+mart%c3%adnez+calizaya.pdf>> [consulta: 29 de abril 2017].

MESA, ORTIZ Y PINZÓN. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento scientia et technica [en línea] vol. Xii, núm.30, mayo 2016. [fecha de consulta: 20 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920491036>. Issn: 0122-1701.

Mohammad, Namakforoosh. Metodología de la investigación. 2ª ed. México: limusa,2005. Pp.528.ISBN: 968-18-5517-8.

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. España: aladon ltd. 2004. Pp.7. ISBN: 09539603-2-3.

MORA, Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. México: alfaomega grupo editor, s.a de c.v. 2009. Pp.96. ISBN: 978-958-682-769-0.

MUJICA, Rosani. “programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los equipos de producción de la empresa galletera independencia, c. A.”. Trabajo para titulación. (ingeniería industrial). Maracaibo: universidad rafael urdaneta, venezuela. 2014, 284pp.

PARRA, Crespo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos. España: ingeman. 2012. Pp.64. ISBN: 978-84-95499-67-7.

PARRAGA, Diana. “Aplicación de la metodología amfec (análisis de modos de falla, efectos y criticidad) en una maquina productora de pañitos húmedos tipo doy pack en la empresa otelo y fabell s.a.”. Tesis (título de ingeniero industrial). Guayaquil, ecuador. Universidad de guayaquil. Facultad de ingeniería industrial. 2015. 87p.

PEREZ, Erick.”Diseño de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad del tractor cat- d8t de iccgsa en toromocho”. Trabajo de titulación (ingeniería mecánica). Huancayo: universidad nacional del centro del Perú.2013, 179p.

RIVERA, Manuel. “Implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad (rcm) a la empresa fabricaciones generales mantenimiento y servicios s.a.c”. Trabajo de titulación (ingeniería mecánica). Arequipa: universidad católica de santa maría. 2015, 277p.

SALAZAR Saldaña, Lesli.2018

SANCHEZ, Lucia. "Mejora de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en el área de lavandería industrial de la empresa s&e servicios generales s.a.c". Trabajo para titulación (ingeniería industrial). Cajamarca: universidad privada del norte. Facultad de ingeniería, 2013.

SALAZAR, Carlos "Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (mcc) para sistemas de aire en plantas de extracción de líquidos del gas natural". Trabajo para titulación (ingeniería mecánica). Venezuela: universidad de oriente. Facultad de ingeniería y ciencias aplicadas.2009.

SANTILLÁN, Ángel. "Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad de las unidades de bombeo horizontal multietapas del sistema power oil de la estación atacapi del b57-li de petroamazonas ep". Trabajo de titulación para la obtención del grado magister. (gestión de mantenimiento industrial). Ecuador: escuela superior politécnica de chimborazo. 2017, 98pp.

SALGUERO, Milton. "Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento estratégico aplicando las filosofías rcm y fmea a las máquinas y herramientas de la empresa weatherford south américa inc., base1, francisco de orellana". Trabajo para titulación (ingeniería mecánica). Sangolquí: escuela politécnica del ejército. Facultad de ingeniería, 2010. 121pp.

STOJANOVICH, Zoran "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la línea de producción de la empresa procesadora antártica c.a.". Trabajo especial de grado. (ingeniería industrial). Venezuela: universidad rafael urdaneta. 2015, 148p.

ANEXO 1: Cuestionario- Check list

CUESTIONARIO DE AUDITORIA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO					
N°	CRITERIO	DES			FAV
		0	1	2	3
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?	X			
2	¿Hay personal que pueda considerarse imprescindible cuya ausencia afecta la actividad normal del área de mantenimiento			x	
3	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?	X			
4	¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?			x	
5	¿La calificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?				x
6	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?	X			
7	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?	X			
8	¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de la planta mejoren?	X			
9	¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de la planta (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc.) mejoren?	X			
10	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?				x
11	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?			x	
12	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?				x
13	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?			x	
14	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc.)?			x	
15	¿Se respeta el horario de entrada y salida?			x	


16	¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada?		X		
17	¿Los tiempos de intervención se ajustan a la duración teórica estimable en que podrían realizarse los trabajos?			X	
18	¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?			X	
19	¿El personal de mantenimiento siente que la empresa se preocupa de sus necesidades para poder realizar un buen trabajo?		x		
20	¿El personal de mantenimiento considera que tiene proyección profesional dentro de la empresa?			x	
21	¿El personal de mantenimiento se siente satisfecho con su horario?			x	
22	¿El personal de mantenimiento se considera bien retribuido?	X			
23	¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la organización?				X
24	¿El personal de mantenimiento tiene un buen concepto de sus mandos?			x	
25	¿El personal de mantenimiento considera que el ambiente del área de operaciones es agradable?			x	
26	¿El nivel de absentismo entre el personal de mantenimiento es bajo?				X
27	¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?			X	
28	¿Las herramientas eléctricas se corresponden con lo que se necesita?			X	
29	¿Las herramientas de taller se corresponden con lo que se necesita?			x	
30	¿Los equipos de medida están calibrados?			x	
31	¿Existe un inventario de herramientas en los talleres?				x
32	¿Se comprueba periódicamente el inventario de herramientas?			x	
33	¿El taller está situado en el lugar apropiado?		x		
34	¿Está limpio y ordenado su interior?		X		
35	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?				X
36	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?				X
37	¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?				x
38	¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc.)				x
39	¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?	X			
40	¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?	X			
41	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	X			

42	¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	X			
43	¿Se han analizado los fallos críticos de la organización?				x
44	¿El Plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la organización y/o a reducir sus consecuencias?	X			
45	¿El plan de mantenimiento se realiza?	X			
46	¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?		x		
47	¿El número de averías repetitivas es bajo?				X
48	¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?			X	
49	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	X			
50	¿Este sistema se utiliza correctamente?	X			
51	¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?			X	
52	¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?		x		
53	¿La razón por la que las averías están pendientes está justificada?			x	
54	¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la organización?			x	
55	¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?		x		
56	¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?		x		
57	¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?		x		
58	¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?	x			
59	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?		x		
60	¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?		x		
61	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?	x			
62	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?		x		
63	¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?	x			
64	¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes?		x		
65	¿Las órdenes de trabajo se introducen en el sistema informático?	X			
66	¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado?	X			
67	¿El sistema informático supone una carga burocrática excesiva?	X			
68	¿El sistema informático aporta información útil?	X			
69	¿Los mandos de mantenimiento consultan la información contenida en el sistema informático?	X			

70	¿El personal de mantenimiento consulta la información contenida en el sistema informático?	X			
71	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?			X	
72	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?			X	
73	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?			X	
74	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?			X	
75	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	X			
76	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?		X		
77	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?		X		
78	¿Los movimientos del almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?				X
79	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?				X
80	¿El almacén está limpio y ordenado?			X	
81	¿El almacén está situado en el lugar adecuado?				X
82	¿Es fácil localizar cualquier pieza?				x
83	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?				x
84	¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe?				X
85	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?			x	
86	¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?			x	
87	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (está aumentado la disponibilidad)?			X	
88	¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado?			X	
89	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?		x		
90	¿El número de OT de emergencia es bajo?		x		
91	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?		x		
92	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo?			X	
93	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?			X	
94	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?			x	
95	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?		x		
96	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?			x	
97	¿El gasto en repuestos es el adecuado?		x		
98	¿El gasto en repuestos está descendiendo?		x		

Fuente: RENOVETEC-2009.

ANEXO 2: Guía de criticidad

 TABLA DE VALORES DE CRITICIDAD		
GUIA DE CRITICIDAD		
1	FRECUENCIA DE FALLA (todo tipo de falla)	Puntaje
	Menos de 1 falla por año	1
	Entre 1 y 6 fallas por año	2
	Entre 6 y 12 fallas por año	3
	Entre 12 y 52 fallas por año	4
	mayor a 52 fallas por año	6
2	IMPACTO OPERACIONAL	
	Parada total del equipo	10
	Parada del subsistema y tiene repercusión en otra planta	7
	Impacta en niveles de producción o calidad	4
	Repercuta a costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	2
	No genera ningún efecto significativo	1
3	NIVEL DE PRODUCCIÓN	
	No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
	Hay opción de repuesto almacén	2
	Existe opción de producción	1
4	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TPPR)	
	Menos de 3 horas	1
	Entre 3 y 8 horas	2
	Entre 8 y 24 horas	4
	más de 24 horas	6
5	COSTO DE MANTENIMIENTO	
	menos de 100 dólares	1
	Entre 250 y 500 dólares	3
	entre 500 y 1000 dólares	5
	más de 1000 dólares	9
6	IMPACTO SEGURIDAD	
	Afecta seguridad humana	8
	Afecta instalaciones causando daños severos	5
	Provoca daños menores	3
	No provoca daños a personas o instalaciones	0
7	IMPACTO AMBIENTE	
	Afecta al ambiente	7
	Provoca daños menores al ambiente	3
	No provoca ningún tipo de daños a instalaciones y ambiente	0

Fuente: *Petróleos De Venezuela S.A.*

ANEXO 3: Guía de nivel de prioridad de riesgo

TABLA DE VALORES DE SEVERIDAD, OCURRENCIA Y DETECCIÓN	
FO - FALLOS OCULTOS	
No existen fallas ocultas que pueden generar fallas múltiples posteriores	0
Existe una baja posibilidad de que la falla NO sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	1
En condiciones normales la falla siempre será oculta y generará fallas múltiples posteriores	2
Existe una baja posibilidad de que la falla SI sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	3
La falla siempre es oculta y ocasionará fallas múltiples graves en el sistema	4

Fuente: Libro Mantenimiento, planeación, ejecución y control

SF - SEGURIDAD FÍSICA	
No afecta a personas ni equipos	0
Afecta a una persona y es posible que genere incapacidad temporal	1
Afecta a dos o cinco personas y puede generar incapacidad temporal	2
Afecta a más de cinco personas y puede generar incapacidad temporal o permanente	3
Afecta a dos o cinco personas y puede generar incapacidad temporal	4

Fuente: Libro Mantenimiento, planeación, ejecución y control

MA - MEDIO AMBIENTE	
No afecta el medio ambiente	0
Afecta el MA, pero se puede controlar. No daña el Ecosistema	1
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de seis meses con un valor inferior a 5.000 dólares	2
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de tres años con un valor inferior a 50.000 dólares	3
Afecta el MA, pero se puede controlar. No daña el Ecosistema	4

Fuente: Libro Mantenimiento, planeación, ejecución y control

IC - IMAGEN CORPORATIVA	
No es relevante	0
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos	1
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1.000 dólares	2
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1.000 y 10.000 dólares	3
Afecta la credibilidad de clientes, pero se maneja con argumentos e inversión mayor a 1000 dólares. Puede ser irreversible	4

Fuente: Libro Mantenimiento, planeación, ejecución y control

OR - COSTOS DE REPARACIÓN	
Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1
Entre 501 y 5.000 dólares	2
Mayor de 5.001 dólares	3
Mayor de 50.001 dólares	4

Fuente: Libro Mantenimiento, planeación, ejecución y control

OC - EFECTOS EN CLIENTES	
Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1
Entre 501 y 5.000 dólares	2
Mayor de 5.001 dólares	3
Mayor de 50.001 dólares	4

Fuente: Libro Mantenimiento, planeación, ejecución y control

OCURRENCIA	
Frecuente - 1 falla en 1 mes	4
Ocasional - 1 falla en 1 año	3
Remota - 1 falla 5 años	2
Poco probable - 1 falla en 20 años	1

Fuente: Libro Mantenimiento, planeación, ejecución y control

DETECCIÓN	
Nula - No se puede detectar una causa potencial/ mecanismo y modo de falla subsecuente	4
Baja - Baja probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallas subsecuentes	3
Media - Mediana probabilidad para detectar causas potenciales/ mecanismo y modos de fallas subsecuentes	2
Seguro - Siempre se detectarán causas potenciales/ mecanismos y modos de fallas subsecuentes	1

Fuente: Libro Mantenimiento, planeación, ejecución y control

VALORES	
Kfo	5%
Ksf	20%
Kma	10%
Kic	30%
Kor	30%
Koc	5%
total	100%

Fuente: Libro Mantenimiento, planeación, ejecución y control

ANEXO 4: Matriz de modo y efecto de falla (AMEF)

LESSER S.A.C.		MATRIZ DE MODO Y EFECTO DE FALLA(AMEF)								
TIPO DE AMEF		ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA						Fecha: 05/07/18		
Nombre del equipo:		Compresor	Responsable del AMEF		Salazar Saldaña Leslie Sharon					
DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE	FUNCIÓN DEL COMPONENTE	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	CAUSA DE LA FALLA	RPN				ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE
					OCUR	SEVE	DETE	RPN		
Cabezal	Permite el paso del refrigerante de la sección a la descarga	Desgaste de válvulas	No permite la compresión del refrigerante	Impide el funcionamiento del equipo	4	0.35	2	2.8	Desmontar, inspeccionar y limpiar o cambiar	Técnico en mantenimiento
		La presión de descarga esta alta	Incremento de la carga térmica	Calentamiento de cabezal	4	0.65	2	5.2	Cambiar a temperatura más baja	Técnico en mantenimiento
		Vencimiento de resortes	No permite la compresión de resortes	Daño de resortes	3	1.35	2	8.1	Desmontar, reparar o cambiar	Técnico en mantenimiento
		Por arenilla	No permite la compresión	La sección de descarga se rompe	4	0.15	1	0.6	Limpiar interior de cabezal	Técnico en mantenimiento en el sistema de refrigeración

Pistones	Comprimir el refrigerante para elevar la temperatura hacia el condensador	Desgaste de anillos	Por falta de lubricación y tiempo de trabajo	No comprime refrigerante	4	0.65	2	5.2	Cambio de anillos y verificar la lubricación	Técnico en mantenimiento
		Desgaste de bielas	No da movimiento al pistón	No comprime refrigerante	3	1.25	1	3.75	Mantenimiento general y cambio de aceite	Técnico en mantenimiento
		Mala colocación del cilindro	Ralladura de cilindro	Deterioro de la camisa cilindro	3	0.7	1	2.1	Desmontar, reparar o cambiar	Técnico en mantenimiento
Cárter	Almacenar el aceite	Presión de aceite demasiado elevada	Rajadura del cárter	Ruptura de Cárter por calentamiento	4	0.65	2	5.2	Regular o cambiar el aceite	Técnico en mantenimiento
		El cárter se cubre de escarce	Hay peligro de agarrotamiento	La bomba de aceite está averiada	3	0.9	1	3.6	Investigar la causa y cambiar	Técnico en mantenimiento
			El golpe de líquido provoca la ebullición en el aceite	El compresor se parará					Regular funcionamiento	Técnico en mantenimiento

Cigüeñal	Permite el movimiento de los pistones y la bomba de aceite	Desgaste de cigüeñal	No da movimiento al pistón	Rompedura de pistones y camisas	4	1.7	1	5.1	Mantenimiento general	Técnico en mantenimiento
			Mal funcionamiento de los pistones	Mal funcionamiento de los pistones	3	0.65	1	2.6	Rectificar el cigüeñal y cambio de aceite	Técnico en mantenimiento
Bomba de aceite	Bompear el aceite para la lubricación de todo el compresor	Desgaste de piñones	No bombea aceite al compresor	Mezcla de aceite con refrigerante líquido	3	0.5	2	3	Cambiar piñones	Técnico en mantenimiento
Válvula de seguridad	Regular la presión del refrigerante	Vencimiento de resortes	Por fatiga de los resortes	Fuga del refrigerante	3	1.15	2	6.9	Regular la presión del resorte	Técnico en mantenimiento
		Falta de mantenimiento	Válvula demasiado cerrada u obstruida	Impide que circule el refrigerante	3	1.4	1	4.2	Regular la válvula	Técnico en mantenimiento

Sello mecánico	Evita la salida del refrigerante y el aceite hacia el exterior por el eje cigüeñal	Desgaste del sello	No sella al refrigerante y al aceite	Fuga de refrigerante y aceite al exterior	4	1.45	1	5.8	Rectificar o cambiar el sello	Técnico en mantenimiento
		Reten desgastado	Perdida de aceite y refrigerante	Fuga de refrigerante y aceite al exterior	3	1.35	1	4.05	Inspeccionar o cambiar reten	Técnico en mantenimiento
		Vencimiento de resortes	Mal funcionamiento del sello	Contaminación del ambiente por amoniaco	3	1.4	1	4.2	Cambiar los resortes	Técnico en mantenimiento
		Rajadura o ruptura	Perdida de aceite y refrigerante	Fuga de refrigerante y aceite por el eje de cigüeñal	4	0.9	2	7.2	Cambio del sello mecánico	Técnico en mantenimiento
Enfriador de aceite	Enfriar el aceite	Ruptura de tornillos que están conectados al enfriador	Se presentan golpes de aceite	Disminuye la capacidad de enfriamiento	4	0.55	2	4.4	Desmontar, inspeccionar y limpiar o cambiar	Técnico en mantenimiento
		Encalichamiento de tubería o suciedad	Se acumula carbonilla o escoria	Impide el enfriamiento de aceite	3	0.65	1	1.95	Limpiar el enfriador de aceite	Técnico en mantenimiento
Tablero eléctrico	Poner en marcha y parar el funcionamiento del compresor	Contactos sulfatados	Genera la fundición de contacto	Para del compresor	4	0.55	1	2.2	Limpieza de contacto	Técnico en mantenimiento
		Contactador no regulado	Se funden los contactos	Quemar el motor	4	0.75	1	3	Cambio de contactor a la capacidad del motor	Técnico en mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5: Registro de falla

		<h1>REGISTRO DE FALLA</h1>							
EQUIPO		NOMBRE:		COMPRESOR		MODELO:		8WA	
N°	Fecha de la falla (dd/mm/aa)	Hora de la falla	Fecha de arranque (dd/mm/aa)	Hora de arranque	TPR(hr)	TIPO DE FALLA	DESCRIPCIÓN		
1	07/03/2018	10:00	07/03/2018	16:00	6,00 hr	mecánica	SE REALIZO CAMBIO DE 12 FAJAS DEL COMPRESOR		
2	08/03/2018	8:00	08/03/2018	11:00	3,00 hr.	operativa	SE RELLENO ACEITE AL COMPRESOR PARA MANTENER SU NIVEL		
3	15/03/2018	9:00	15/03/2018	10:00	1,00 hr.	eléctrico	SE HACE LIMPIEZA DE BOTONERAS DEL TABLERO ELECTRICO		
4	15/03/2018	9:00	15/03/2018	14:00	5,00 hr.	mecánica	SE REALIZO LIMPIEZA DE CABEZALES DEL COMPRESOR		
5	18/03/2018	11:00	18/03/2018	13:00	2,00 hr.	operativa	SE RELLENO ACEITE AL COMPRESOR PARA MANTENER SU NIVEL		

6	23/03/2018	9:00	23/03/2018	11:00	2,00 hr.	operativa	SE RELLENO ACEITE AL COMPRESOR PARA MANTENER SU NIVEL
7	28/03/2018	11:00	28/03/2018	15:00	4,00 hr.	mecánica	SE CAMBIARON RODAJES DE MOTOR PRINCIPAL DE 150 HP DEL COMPRESOR.
8	03/04/2018	11:00	03/04/2018	13:00	2,00 hr.	operativa	LIMPIEZA DE COMPRESOR
9	11/04/2018	8:00	11/04/2018	12:00	4,00 hr.	mecánica	LIMPIEZA DE CABEZALES DE ENFRIAMIENTO DEL COMPRESOR Y LIMPIEZA DE COMPRESOR
10	16/04/2018	14:00	16/04/2018	17:00	3,00 hr.	mecánica	SE RELLENO ACEITE AL COMPRESOR PARA MANTENER SU NIVEL
11	17/04/2018	9:00	17/04/2018	0:00	3,00 hr.	operativa	SE RELLENO ACEITE AL COMPRESOR PARA MANTENER SU NIVEL
12	20/04/2018	10:00	20/04/2018	15:00	5,00 hr.	mecánica	SE REALIZO CAMBIO DE ACEITE DEL COMPRESOR Y LAVADO DE FILTROS.
13	20/04/2018	10:00	20/04/2018	13:00	3,00 hr.	mecánica	SE CAMBIA SELLO MECANICO
14	26/04/2018	12:00	26/04/2018	15:00	3,00 hr.	mecánica	SE RELLENO ACEITE AL COMPRESOR PARA MANTENER SU NIVEL
15	26/04/2018	11:00	26/04/2018	0:00	1,00hr	verificaciones	MONITOREO DE COMPRESOR
16	27/04/2018	8:00	29/04/2018	10:00	26,00hr.	mecánica	REGULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PISTONES, ANILLOS, RESORTES, VALVULAS Y TAPAS.
17	03/05/2018	12:00	03/05/2018	14:00	2,00 hr.	operativa	SE REALIZÓ LIMPIEZA DE CABEZALES DEL COMPRESOR

18	12/05/2018	9:00	12/05/2018	12:00	3,00 hr.	mecánica	SE RELLENO ACEITE AL COMPRESOR PARA MANTENER SU NIVEL
19	19/05/2018	8:00	19/05/2018	10:00	2,00 hr.	operativa	SE HACE LIMPIEZA DE BOTONERAS DEL TABLERO ELECTRICO, POR FALLA EN EL ARRANQUE DE BOMBAS
20	22/05/2018	8:00	22/05/2018	0:00	4,00 hr.	mecánica	SE RELLENO ACEITE AL COMPRESOR PARA MANTENER SU NIVEL
21	24/05/2018	10:00	24/05/2018	13:00	3,00 hr.	mecánica	SE RELLENO ACEITE AL COMPRESOR PARA MANTENER SU NIVEL
22	24/05/2018	8:00	24/05/2018	16:00	8,00 hr.	mecánica	SE REALIZO CAMBIO DE BOMBA DE AGUA 1 HP DEL CABEZAL DEL COMPRESOR.
23	26/05/2018	15:00	26/05/2018	17:00	2,00 hr.	operativa	SE REALIZO LIMPIEZA DE CABEZALES DEL COMPRESOR
24	28/05/2018	8:00	28/05/2018	15:00	7,00 hr.	mecánica	SE CAMBIAN ORINGS DEL SELLO MECANICO DEL COMPRESOR POR FUGA DE AMONIACO
25	28/05/2018	8:00	28/05/2018	12:00	4,00 hr.	mecánica	CAMBIO DE CAÑAMO DE VALVULA SUCCION
26	29/05/2018	9:00	31/05/2018	14:00	53,00 hr.	mecánica	FUNCIONAMIENTO DE 01 VALVULA DE SEGURIDAD ESTA MAL, SE CAMBIAN KIT DE VALVULA

Fuente: Elaboración Propia.


ANEXO 6: Registro de falla

 LESSER		<h1>REGISTRO DE FALLA</h1>					
EQUIPO		NOMBRE:		COMPRESOR		MODELO:	
						8WA	
N°	Fecha de la falla (dd/mm/aa)	Hora de la falla	Fecha de arranque (dd/mm/aa)	Hora de arranque	TPR(hr)	TIPO DE FALLA	DESCRIPCIÓN
1	08/08/2018	9:45	08/08/2018	12:45	3,00 hr	mecánica	SE VERIFICÓ LA OPERACIÓN DEL MECANISMO AUTOMÁTICO DE CONTROL DE CAPACIDAD
2	08/08/2018	14:00	08/08/2018	16:00	2,00 hr.	operativa	SE REALIZÓ LA INSPECCIÓN DEL DESGASTE DE LAS CORREAS Y SU ALINEAMIENTO
3	28/08/2018	9:00	28/08/2018	10:00	1,00 hr.	eléctrico	VERIFICAR LA TENSIÓN ADECUADA DE LAS CORREAS
4	14/09/2018	8:30	14/09/2018	11:30	3,00 hr.	mecánica	PRUEBA DEL COMPRESOR Y SISTEMA DE FRIO (RECOMIENDA CAMBIO DE PRESOSTATO).

5	26/09/2018	11:15	26/09/2018	13:15	2,00 hr.	operativa	VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE PRESOTATO DE PRESIÓN DE ACEITE
6	26/09/2018	10: 30	26/09/2018	12:30	2,00 hr.	operativa	SE PARÓ COMPRESOR POR FALLA DE MANDO
7	07/10/2018	13:05	07/10/2018	14:05	1,00 hr.	mecánica	SE COLOCO TERMOMETRO DE TEMPERATURA AL ACEITE DEL COMPRESOR
8	16/10/2018	13:00	16/10/2018	16:00	3,00 hr.	operativa	SE REALIZA REVISION DE SHECK DEL SEPARADOR DE ACEITE.
9	29/10/2018	8:45	29/10/2018	12:45	4,00 hr.	mecánica	SE REALIZÓ LIMPIEZA DE RESORTES


Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 7: Guía de planificación

				<h1>INFORME DE MANTENIMIENTO</h1>									
GUÍA DE PLANIFICACIÓN													
Informe:						Área:				Fecha:			
										Hora:			
CATEGORÍA						CONDICIÓN							
Mecánico		Eléctrico		Otros		Crítico		Importante		Prescindible			
EQUIPO				CÓDIGO				DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO REALIZADO					
Observaciones:													
Realizado por:													

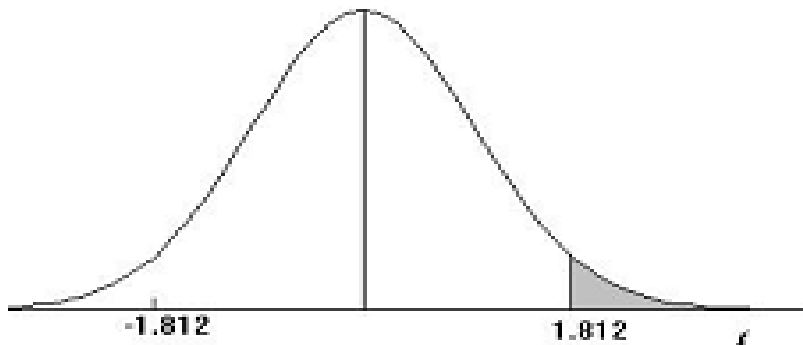
Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 8: Reporte de Inspección

				<h1>PARÁMETROS DE CONTROL DEL COMPRESOR</h1>									
<h2>REPORTE DE INSPECCIÓN</h2>													
Área:					Tiempo total de la inspección:						Fecha:		
ITEM	FECHA	HORA	HORÓMETRO	CAP. COMPRESOR (%)	PRESIÓN DE SUCCIÓN(S)	PRESIÓN DE DESCARGA(H)	PRESIÓN DE ACEITE(O)	AMPERAJE DE COMPRESOR	COMPRESOR		T° DE EVAPORACIÓN	T° DE ACEITE (T° O)	T° AMBIENTE
									T° DE SUCCION	T° DE DESCARGA			
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
Observaciones:													
Realizado por:													

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 9: Tabla T de Student



Ejemplo

Para $r = 10$ grados de libertad:

$$P\{t > 1.812\} = 0.05$$

$$P\{t < -1.812\} = 0.05$$

α r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,859
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290

ANEXO 10: Descripción del equipo compresor



FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO:

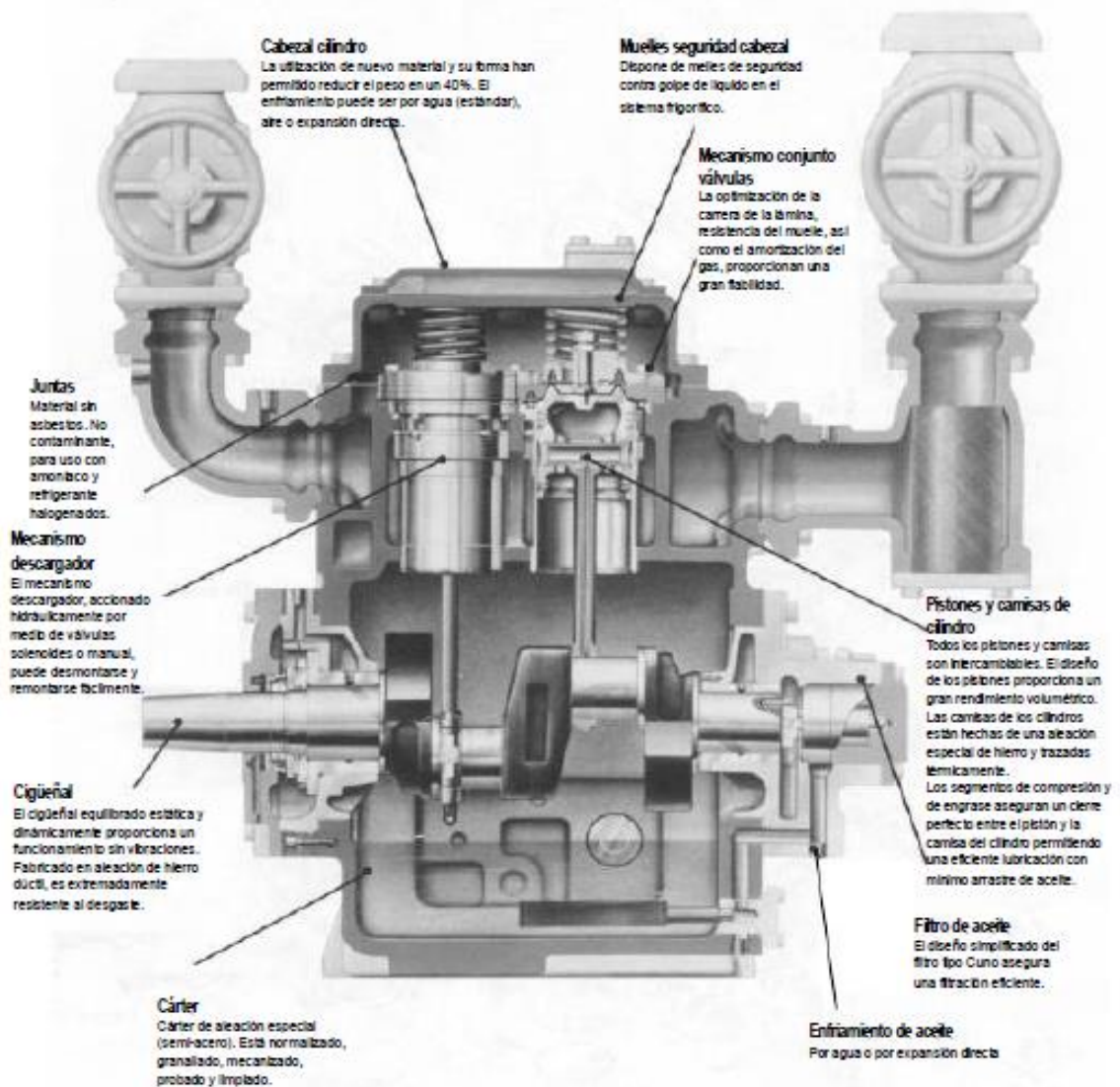
Su función del equipo compresor es elevar la presión del aire.

En la figura observamos la descripción principal del cárter, el cual tiene como elemento principal al cigüeñal. El cigüeñal es el encargado de recibir el movimiento giratorio del motor, a través de correas y poleas de transmisión de

potencia colocadas entre ejes del motor y cigüeñal, Está apoyado sobre dos cojinetes de rodillo, los cuales permiten el movimiento del eje evitando su desgaste. Para evitar la fuga de aceite por ese extremo, está dispuesto un sello de aceite y posterior una cubierta. Por el extremo se encuentran los elementos de lubricación, el filtro de aceite el cual se encarga de purificar el aceite y la bomba que hace circular continuamente aceite a lo largo del cárter. Ambos están unidos al cárter mediante un anillo y tornillos. La biela está sujeta al cigüeñal, recibiendo la potencia del mismo. El cilindro posee válvulas de succión y válvulas de descarga por donde sale el aire luego que alcanza una presión determinada. La barra esta acoplada al pistón mediante tuerca, por lo que se transmite el movimiento, el pistón empuja constantemente al aire hacia las paredes del cilindro hasta comprimirlo. El cilindro posee una caja de empaque y un empaque de aire para evitar fugas de aire al exterior del cilindro. El pistón tiene ranuras de colocación de anillos de teflón, los cuales evitan el contacto entre el cilindro y el pistón, evitando desgaste prematuro de los mismos. El cilindro se divide en cabezal interno, cilindro y cabezal externo.

Fuente: Elaboración Propia

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LOS COMPONES DEL CUERPO DEL COMPRESOR



ANEXO 11: Fotografías de los equipos del proceso de producción de hielo



TANQUE RECEPTOR

Fuente: Lesser S.A.C.



EVAPORADOR

Fuente: Lesser S.A.C.



CONDENSADOR

Fuente: Lesser S.A.C.



GRÚA MÓVIL

Fuente: Lesser S.A.C.



MOLINO

Fuente: Lesser S.A.C.



POZA 1

Fuente: Lesser S.A.C.



TANQUE DE LLENADO

Fuente: Lesser S.A.C.

ANEXO 12: Fotografías del compresor y sus partes



COMPRESOR
Fuente: Lesser S.A.C.



TABLERO ELÉCTRICO
Fuente: Lesser S.A.C.



CABEZAL

Fuente: Lesser S.A.C.



ANEXO 13: Acta de aprobación de originalidad de tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	--	---

ACTA N° 001-0-2019-EII/UCV-CH

Yo, Gracia Isabel Galarreta Oliveros, responsable de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo filial Chimbote, revisor de la tesis titulada: "MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS CRÍTICOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HIELO EN LA EMPRESA LESSER S.A.C.", de la estudiante SALAZAR SALDAÑA, LESLI SHARON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 28 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chimbote, 04 de marzo del 2019


Ms. Gracia Isabel Galarreta Oliveros
DNI: 17802098

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

ANEXO 14: Formulario de publicación de tesis en repositorio institucional UCV

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, SALAZAR SALDAÑA, LESLI SHARON, identificado con DNI N° 72733016, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, autorizo (), no autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS CRÍTICOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HIELO EN LA EMPRESA LESSER S.A.C."; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



FIRMA

DNI: 72733016

FECHA: 08 de marzo del 2019

ANEXO 15: Formulario de autorización de la versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

SALAZAR SALDAÑA, LESLI SHARON

INFORME TÍTULADO:

MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS CRÍTICOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HIELO EN LA EMPRESA LESSER S.A.C.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

SUSTENTADO EN FECHA: 08/03/2019

NOTA O MENCIÓN: 15 (quince)

Ms. RUTH M. QUILICHE CASTELLARES
ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE E.P. INGENIERÍA INDUSTRIAL

