

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN EQUIPOS CRÍTICOS
EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE
PESCADO - CALLAO - 2021”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO**

FRANK GIANCARLOS DE LA CRUZ TORNERO

PIERO HUMBERTO ARATA PANDURO

Callao, 2021

Two handwritten signatures in blue ink, one above the other, corresponding to the authors listed.

PERÚ

A handwritten signature in blue ink, likely a second author or reviewer.

(Resolución N°019-2021-C.U. del 20 de enero de 2021)

**ACTA N° 055 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBRO 001 FOLIO N.º 081 ACTA N° 055 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 17 días del mes setiembre, del año 2021, siendo las 19:55 horas, se reunieron, en la sala meet: <http://meet.google.com/npd-amoz-jcn.>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- Dr. Juan Manuel Palomino Correa : Presidente
- Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera : Secretario
- Mg. Vladimiro Contreras Tito : Miembro
- Mg. Yasser Hipólito Yarin Achachagua : Asesor

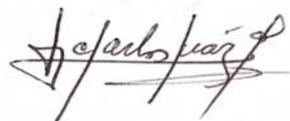
Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **DE LA CRUZ TORNERO FRANK GIANCARLOS**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada **"MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN EQUIPOS CRÍTICOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO - CALLAO - 2021"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **16 (dieciséis)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 20:50 horas del día 17 del mes y año en curso.



Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente de Jurado



Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera
Secretario de Jurado



Mg. Vladimiro Contreras Tito
Miembro de Jurado



Mg. Yasser Hipólito Yarin Achachagua
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA
Jurado de Sustentación del I Ciclo Taller de Tesis 2021

I N F O R M E

Visto el *Informe de Tesis* titulado “MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN EQUIPOS CRÍTICOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO - CALLAO - 2021”, presentado por el(la) Bachiller de Ingeniería Mecánica DE LA CRUZ TORNERO, Frank Giancarlos.

A QUIEN CORRESPONDA:

El *Presidente del Jurado de Sustentación en las Exposiciones de los Informes de Trabajo de Tesis*, manifiesta que la sustentación de la Tesis se realizó el día viernes 17 de setiembre del 2021 a las 19:55 hrs, no habiendo observaciones ni correcciones que incluir, el mismo que en su oportunidad fue cuidadosamente evaluado por cada uno de los miembros del Jurado de Sustentación, no presentando ninguna observación en su estructura metodológica y contenido temático.

Se emite el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 17 de setiembre del 2021.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
I Ciclo Taller de Tesis 2021

Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
Presidente de Jurado de Sustentación

**“MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN EQUIPOS CRÍTICOS
EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE
PESCADO - CALLAO - 2021”**

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

DEDICATORIA

A mis padres y novia quienes me apoyaron incondicionalmente durante todo este tiempo en mi formación académica, motivándome día a día a crecer personal y profesionalmente.

Frank

A mis padres, hermana y novia que estuvieron y están de manera constante pendientes de mi desarrollo tanto personal como profesional, a ellos mi mayor aprecio y agradecimiento.

Piero

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento especial a los profesionales que nos guiaron durante nuestro desarrollo académico y a su vez sumaron un aporte importante a nuestra experiencia de vida, en especial a nuestro asesor el Mg. Yasser Yarin por su apoyo durante el desarrollo de nuestra tesis.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN	10
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA (PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICOS).....	14
1.2.1 <i>Problema General</i>	14
1.2.2 <i>Problemas específicos</i>	14
1.3 OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECÍFICOS).....	15
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	15
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	15
1.4 LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN (TEÓRICO, TEMPORAL, ESPACIAL).	15
1.4.1 <i>Teórico</i>	15
1.4.2 <i>Temporal</i>	16
1.4.3 <i>Espacial</i>	16
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 ANTECEDENTES: INTERNACIONAL Y NACIONAL.	17
2.1.1 <i>Antecedentes Internacionales</i>	17
2.1.2 <i>Antecedentes Nacionales</i>	20
2.2 BASES TEÓRICAS	22
2.2.1 <i>Mantenimiento centrado en la confiabilidad</i>	22
2.2.1.1 Definición del Reliability Centered Maintenance (RCM).....	22
2.2.1.2 Objetivo del RCM	23
2.2.1.3 Las siete preguntas clave.....	23
2.2.1.4 Fases de RCM	24
2.2.1.5 Ventajas de la aplicación del RCM.....	27
2.2.1.6 Evaluación de la criticidad	28
2.2.1.6.1 Pasos para desarrollar el análisis de criticidad	28
2.2.1.7 Falla funcional	31
2.2.1.8 Modos de fallas (causa de falla).....	32
2.2.1.9 La identificación de los modos de falla dentro de un equipo genera gran importancia el enfoque de la causa raíz.....	33
2.2.1.9.1 Análisis de Causa Raíz.....	33

2.2.1.10 Efectos de falla.....	34
2.2.1.11 Consecuencias de falla	35
2.2.1.12 Confiabilidad.....	35
2.2.1.13 Disponibilidad	37
2.2.1.14 Análisis de modos y efectos de falla	38
2.2.2 <i>Distribución de Weibull</i>	41
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS: FUNCIONALES A LA INVESTIGACIÓN DEL PROBLEMA	43
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	45
3.1 HIPÓTESIS	45
3.1.1 <i>Hipótesis general</i>	45
3.1.2 <i>Hipótesis específicas</i>	45
3.2 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES	45
3.2.1 <i>Operacionalización de variable</i>	46
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	47
4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	47
4.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	47
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	48
4.4 LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO.....	49
4.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	49
4.6 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	50
4.6.1 <i>Análisis de criticidad de equipos</i>	50
4.6.2 <i>Desarrollo del RCM</i>	51
4.6.2.1 Fase 0: Listado de Equipos.....	51
4.6.2.2 Fase 1: Listado de Funciones y especializaciones.	51
4.6.2.3 Fase 2: Determinación de fallas funciones.....	51
4.6.2.4 Fase 3: Determinación de modos de Falla.....	52
4.6.2.5 Fase 4: Análisis de la gravedad de los fallos	52
4.6.2.6 Fase 5: Determinación de medidas preventivas	52
4.6.2.7 Fase 6: Agrupación de medidas preventivas	52
4.6.2.8 Fase 7: Puesta en marcha de medidas preventivas planteadas	52
4.6.3 <i>Desarrollo de la distribución de Weibull</i>	53
V. RESULTADOS	59
5.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS	59
5.1.1 <i>Secador de Aire Caliente</i>	59
5.1.2 <i>Transportador Colector Rotadiscos</i>	60
5.2. RESULTADOS INFERENCIALES	61

5.2.1 Secador de Aire Caliente	61
5.2.2 Transportador Colector Rotadiscos	61
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	62
6.1 CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS.....	62
6.1.1 Contrastación de hipótesis general.....	62
6.1.2 Contrastación de hipótesis específicas.....	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	73
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	74
ANEXO 2. MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS DE PROCESO.....	75
ANEXO 3. DIAGRAMA DE PROCESOS.....	76
ANEXO 4. LAYOUT DE PLANTA DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO.....	77
ANEXO 5. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	78
ANEXO 6. ÁRBOL DE EQUIPOS ZONAS CHATA, COCIDO Y PRENSADO DE PLANTA PESQUERA.....	79
ANEXO 7. ÁRBOL DE EQUIPOS ZONAS SECADO, ENFRIADO Y MOLIENDA DE PLANTA PESQUERA.....	79
ANEXO 8. ÁRBOL DE EQUIPOS ZONAS ENSAQUE, ACEITE Y EVAPORADORA DE PLANTA PESQUERA	80
ANEXO 9. ÁRBOL DE EQUIPOS ZONAS CALDEROS, FUERZA, AIRE Y TANQUES ALMACENAMIENTO DE PLANTA PESQUERA.....	80
ANEXO 10. FUNCIONES DEL SECADOR DE AIRE CALIENTE Y FUNCIONES.....	81
ANEXO 11. FUNCIONES DEL TRANSPORTADOR COLECTOR DE SECADORES ROTADISCOS Y FUNCIONES.....	82
ANEXO 12. FORMATO DEL AMEF.....	83
ANEXO 13. AMEF SECADOR DE AIRE CALIENTE SISTEMA QUEMADOR, MOTOR Y TRANSMISIÓN.....	84
ANEXO 14. AMEF SECADOR DE AIRE CALIENTE SISTEMA RODADURAS Y VENTILACIÓN.....	85
ANEXO 15. AMEF TRANSPORTADOR COLECTOR SECADORES ROTADISCOS.....	86

ANEXO 16. CÁLCULO DEL NPR Y JERARQUIZACIÓN DEL SECADOR AIRE CALIENTE.	87
ANEXO 17. CÁLCULO DEL NPR Y JERARQUIZACIÓN DE TRANSPORTADOR COLECTOR DE ROTADISCOS.	88
ANEXO 18. DETERMINACIÓN MEDIDAS PREVENTIVAS PARA SECADOR DE AIRE CALIENTE.	89
ANEXO 19. DETERMINACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS PARA TRANSPORTADOR COLECTOR DE ROTADISCOS.	90
ANEXO 20. CÁLCULOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL DE LAS TEMPORADAS DE PRODUCCIÓN ENTRE LOS AÑOS 2018 AL 2021 PARA EL SECADOR DE AIRE CALIENTE.	91
ANEXO 21. CÁLCULOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL DE LAS TEMPORADAS DE PRODUCCIÓN ENTRE LOS AÑOS 2018 AL 2021 PARA EL TRANSPORTADOR COLECTOR DE SECADORES ROTADISCOS.	110
ANEXO 22. PLAN DE MANTENIMIENTO MEJORADO CON EL RCM DEL SECADOR DE AIRE CALIENTE.	127
ANEXO 23. PLAN DE MANTENIMIENTO MEJORADO CON EL RCM DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL COLECTOR DE SECADORES ROTADISCOS.	127
ANEXO 24. HOJA DE RUTA MEJORADA CON EL RCM DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE SECADOR DE AIRE CALIENTE	128
ANEXO 25. HOJA DE RUTA MEJORADA CON EL RCM DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE TRANSPORTADOR COLECTOR DE ROTADISCOS.	129
ANEXO 26. CHECKLIST IMPLEMENTADO CON EL RCM DEL SECADOR DE AIRE CALIENTE.	130
ANEXO 27. CHECKLIST IMPLEMENTADO CON EL RCM DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL COLECTOR DE SECADORES ROTADISCOS	131
ANEXO 28. MATERIALES ESTRATÉGICOS SECADOR DE AIRE CALIENTE.	132
ANEXO 29. INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO DE CAMBIO DE DIFUSOR DE QUEMADOR DE SECADOR DE AIRE CALIENTE.	133
ANEXO 30. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN TRAIN THE TRAINERS.	135
ANEXO 31. REPORTE DE ANÁLISIS ULTRASONIDO PARA POLINES DEL SECADOR DE AIRE CALIENTE IMPLEMENTADO CON EL RCM.	136

ANEXO 32. REPORTE DE TERMOGRAFÍA IMPLEMENTADO CON EL RCM DE CONTACTOR DE TRANSPORTADOR COLECTOR ROTADISCOS	138
ANEXO 33. REPORTE DE ANÁLISIS DE ACEITE IMPLEMENTADO CON EL RCM DEL REDUCTOR DEL SECADOR DE AIRE CALIENTE.	140
ANEXO 34. REPORTE DE ANÁLISIS VIBRACIONAL IMPLEMENTADO CON EL RCM DEL VENTILADOR DE GAS CALIENTE DEL SECADOR DE AIRE CALIENTE FUENTE: TOMADO INFORMES DE DPTO. MANTENIMIENTO DE PLANTA DE EMPRESA PESQUERA.	141
ANEXO 35. ACR IMPLEMENTADO CON EL RCM DEL SECADOR DE AIRE CALIENTE	142
ANEXO 36. ORGANIGRAMA MEJORADO CON EL RCM DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO	143
ANEXO 37. SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Requisitos de algunos sistemas y enfoque de los indicadores	37
Tabla 2.	Operacionalización de Variables	46
Tabla 3.	Matriz de criticidad de los 2 equipos más críticos.	51
Tabla 4.	Datos de fallas de equipo – Secador de Aire Caliente 2018- 2021 .	54
Tabla 5.	Fecha y hora de inicio y fin de avería de la producción 1 del año 2018 del Secador de Aire Caliente.....	55
Tabla 6.	Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 1 del año 2018	55
Tabla 7.	Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias.....	55
Tabla 8.	Parámetros para la producción 1 del año 2018 del secador de aire caliente.....	57
Tabla 9.	Cálculo de confiabilidad para producción 1 del año 2018 para el secador de aire caliente.	58
Tabla 10.	Disponibilidad del Secador de Aire Caliente	59
Tabla 11.	MTBF del Secador de Aire Caliente	59
Tabla 12.	MTTR del Secador de Aire Caliente.....	60
Tabla 13.	Disponibilidad del Transportador colector rotadiscos	60
Tabla 14.	MTBF del Transportador colector rotadiscos	60
Tabla 15.	MTTR del Transportador colector rotadiscos	61
Tabla 16.	Confiabilidad del Secador de Aire Caliente	61
Tabla 17.	Confiabilidad del Transportador Colector Rotadiscos	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El proceso del RCM. Fuente (Cela Andagoya, 2005)	24
Figura 2. Niveles de análisis para evaluar criticidad.	28
Figura 3. Criterios y rasgos para estimar las consecuencias de las fallas.	29
Figura 4. Matriz de Criticidad PEP	30
Figura 5. Falla Funcional Total y Parcial	31
Figura 6. Modo de fallas, definición.....	32
Figura 7. Proceso de Gestión del Mantenimiento aplicando el análisis de modos de falla y sus efectos de criticidad	32
Figura 8. Modos y Causas de Falla para un Compresor	33
Figura 9. Análisis Causa Raíz	34
Figura 10. Diagrama de Efectos de Falla	34
Figura 11. Consecuencia de una falla.....	35
Figura 12. FO: Fallos Ocultos	39
Figura 13. SF: Seguridad Física.....	40
Figura 14. MA: Medio Ambiente.....	40
Figura 15. IC: Imagen Corporativa	40
Figura 16. OR: Costos de reparación.....	40
Figura 17. OC: Efectos en clientes.....	40
Figura 18. Ocurrencia	41
Figura 19. Detección	41
Figura 20. Ubicación Geográfica Satelital de Planta de Producción.	49
Figura 21. Gráfico de función confiabilidad de producción 1 del año 2018 para el secador de aire caliente.	56

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como **objetivo** implementar el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en los equipos críticos de una planta de producción de harina y aceite de pescado con el fin de incrementar la disponibilidad de estos equipos críticos.

En el trabajo se utilizó el **tipo de investigación** aplicada ya que se pretendió dar una solución a la baja disponibilidad de equipos críticos utilizando métodos modernos ya probados en otras industrias como la aviación. El **método de investigación** usado fue el hipotético – deductivo ya que la investigación se realizó mediante la observación, verificación y la reflexión racional de los resultados obtenidos antes y después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad. Los **resultados** observados y verificados dieron a conocer la variación de la disponibilidad, tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempo medio para reparación (MTTR) y confiabilidad durante distintos periodos de producción.

Se **concluyó** que, con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, la disponibilidad se incrementó a 96.6% en los equipos críticos en una planta de harina y aceite de pescado, también se logró incrementar el MTBF a 497.5 horas y disminuir el MTTR a 2 horas conllevando a una producción de mejor calidad y eficiencia.

Palabras claves: Mantenimiento centrado en la confiabilidad, Disponibilidad, Confiabilidad.

ABSTRACT

The research work aimed to implement Reliability Centered Maintenance (RCM) in the critical equipment of a fishmeal and fish oil production plant in order to increase the availability of these critical equipment.

In the work, the type of applied research was used since it was intended to provide a solution to the low availability of critical equipment using modern methods already proven in other industries such as aviation. The research method used was hypothetical - deductive since the research was carried out through observation, verification and rational reflection of the results obtained before and after the application of Reliability Centered Maintenance. The observed and verified results revealed the variation in availability, mean time between failures (MTBF), mean time to repair (MTTR) and reliability during different production periods.

It was concluded that, with the application of Reliability Centered Maintenance, availability increased to 96.6% in critical equipment in a fishmeal and fish oil plant, it was also possible to increase the MTBF to 497.5 hours and decrease the MTTR to 2 hours leading to a production of better quality and efficiency.

Key words: Reliability Centered Maintenance, Availability, Reliability.

INTRODUCCIÓN

La harina de pescado es un producto que se obtiene tras cocinar, prensar, secar, enfriar y moler la anchoveta (*Engraulis ringens*), y que en su forma básica se ha producido durante siglos y ha variado desde la producción de fertilizantes hasta la alimentación del salmón y otras especies.

Hoy en día, la harina de pescado se utiliza principalmente en la producción de piensos que sirven para la alimentación de animales y es por esto que a través del tiempo, la industria pesquera ha ido creciendo y obteniendo mayor rentabilidad con la producción de harina y aceite de pescado.

El proceso de producción de la harina de pescado se resume en cinco pasos fundamentales: primero, el pescado se cocina a 100°C, este proceso ayuda a esterilizar el pescado, a separar las proteínas y los aceites para que luego el pescado cocido sea prensado con el fin de extraer los líquidos grasos y la humedad, posteriormente la parte sólida es secada hasta lograr una humedad en promedio de 9% y por último es enviada a la zona de enfriado y molienda donde logra alcanzar la temperatura y granulometría adecuada para poder ser envasada en sacos de 50 kilos debidamente codificados para tener trazabilidad del producto.

El Perú es uno de los países con mayor producción hidrobiológica a nivel mundial, sin embargo, la gestión de activos en la industria pesquera es deficiente en comparación al mercado internacional. Es por ello que es importante definir los puntos débiles para impulsar la industria pesquera.

La presente investigación se basa en los datos de una planta industrial que está ubicada en la provincia constitucional del Callao en la carretera Néstor Gambetta 141, Callao 07046. Es una planta que tiene una velocidad nominal de 250 Ton/h para producir harina y aceite de pescado con un rendimiento promedio de 4:1. Esta planta está conformada por cinco líneas de proceso las cuales

convergen en una etapa del proceso para obtener el producto final que son ingredientes y alimentos marinos de alta calidad y valor agregado.

Campos-López & otros (2018) plantean seguir la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para poder ofrecer una mejora en la disponibilidad a través de la categorización de equipos críticos basándose en cómo afecta una avería de dichos equipos sobre la producción (págs. 51-59).

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

En el año 2020, el sector pesquero ha sido uno de los menos afectados por la pandemia a raíz del COVID-19, ya que muchos sectores industriales paralizaron su producción a raíz de las medidas tomadas por el gobierno, sin embargo, la industria pesquera continuó con su producción y exportación. Según las estimaciones preliminares, la cantidad de producción anual de harina de pescado en el Perú aumentó de 0,8 millones de toneladas en el 2019 a 1,07 millones de toneladas en el 2020, lo que significó un aumento del 33 por ciento. Por otro lado, la producción acumulada de aceite de pescado experimentó un aumento interanual del 37 por ciento. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2021)

El principal productor de harina de pescado del mundo es el Perú, la cual se obtiene luego de retirarle todo el contenido de agua y gran parte de las grasas al pescado, luego de este proceso, va quedando solamente la proteína como parte sólida, esta es secada y posteriormente molida al grado de una harina. (Sociedad Nacional de Pesquería, 2019).

A partir del producto bandera del Perú, la anchoveta (*Engraulis ringens*), que es la única especie permitida por el Ministerio de la Producción para este fin, se obtiene la harina de pescado, donde la talla mínima de captura permitida para este recurso es de 12 cm. La harina de pescado está compuesta, en promedio, por 60% y 72% de proteína, entre 5% y 12% de grasa, y un máximo de humedad del 9%, lo que le otorga estabilidad y permite almacenarla y manipularla por un tiempo prolongado (Sociedad Nacional de Pesquería, 2019).

En este contexto, es importante recordar que, en la actualidad, el sector pesquero representa el 1.5% del producto bruto interno (PBI) y más de 2.5% cuando se suman los encadenamientos industriales, generando así más de 700 mil empleos directos e indirectos. De acuerdo a un estudio del instituto peruano de economía (IPE), por cada puesto generado en la pesca, se generan 3 puestos de trabajo adicionales. Asimismo, representa el 7% de las exportaciones

peruanas y solo la exportación de harina y aceite de pescado constituye el 4% de las mismas. (Sociedad Nacional de Pesquería, 2021).

En la actualidad, las tendencias muestran que el mantenimiento de las máquinas y equipos es un factor determinante en la mejora de la competitividad empresarial, por su efecto en los costos de la actividad. Esta actividad es propia del sistema de producción, que influye de forma positiva en la productividad, reforzando los principios de la satisfacción al cliente y el respeto por el medio ambiente. Tradicionalmente el mantenimiento es de costo complejo y difícil en su gestión. Las unidades de negocio se deben tratar mediante metodologías organizativas para contribuir en la competencia de la empresa. Estas herramientas se transforman en apoyo para tomar decisiones, y abordar problemas minimizando riesgos asociados a la incertidumbre, y decidir en una base confiable, y contar con la posibilidad de utilizar metodología y herramientas que ayuden en la identificación de equipos que impactan en las crisis de las plantas, por lo tanto, es una ventaja competitiva para el logro de una alta productividad y sustentabilidad de la competencia empresarial. (Arata, y otros, 2008).

En el aspecto internacional, los sectores pesqueros de mayor demanda incluido el Perú, pueden encontrar una deficiencia en la gestión del mantenimiento y la gestión de activos, por lo cual, el mayor porcentaje de presupuesto invertido por las pesqueras más importantes (nacionales e internacionales) está basado en el mantenimiento correctivo programado o mantenimiento correctivo de emergencia, lo cual incurre en una gran cantidad de horas de pérdida de velocidad e incluso paradas totales de la planta, obteniendo una disponibilidad de planta entre 86.1% y 92.1% entre los años 2018 y 2019, esto trae como consecuencia pérdidas monetarias que la empresa deja de percibir por la calidad de la producción.

Los problemas existentes respecto al mantenimiento de los equipos que intervienen en la producción de harina y aceite de pescado, requieren de intervenciones de mantenimiento provisionales que se dan durante la producción, que sólo proporciona soluciones temporales. A consecuencia de estas averías, los problemas se vuelven recurrentes, teniendo como tiempo

medio entre fallas (MTBF) hasta de 86.5 horas y tiempo medio para reparación (MTTR) hasta de 47 horas entre los años 2018 y 2019.

Por otro lado, se tiene una confiabilidad hasta de 69.94% entre los años 2018 y 2019 esto a consecuencia de las fallas que se presentan de manera intempestiva y repetitiva.

Se posee cerca de 383 activos a los cuales se les hace mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, estos equipos están divididos en veintiuna zonas entre los que se pueden encontrar cocinadores de pescado, prensas de pescado, homogeneizadores de discos, secadores rotatubos, secadores de aire caliente, enfriadores, molinos de martillos, entre otros. Estos equipos en su mayoría son alimentados con vapor saturado proveniente de las calderas piro-tubulares de la zona de generación de vapor para lograr los procesos de producción con intercambio calórico indirecto.

Por todo lo expuesto se formula el problema.

1.2 Formulación del problema (problema general y específicos).

A continuación, se presenta el problema general y los problemas específicos:

1.2.1 Problema General

¿En qué medida la aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad puede incrementar la disponibilidad en equipos críticos en una planta de producción de harina y aceite de pescado?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) mejora el Medium Time Between Failures (MTBF) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado?
- ¿En qué medida la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) mejora el Medium Time To Repair (MTTR) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado?

- ¿En qué medida el análisis de Weibull puede mejorar la confiabilidad en los equipos críticos en una planta de harina y aceite de pescado?

1.3 Objetivos (general y específicos).

1.3.1 Objetivo General

Aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad en equipos críticos en una planta de producción de harina y aceite de pescado.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la medida en que la aplicación del RCM mejora el Mean Time Between Failures (MTBF) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado.
- Determinar la medida en que la aplicación del RCM mejora el Medium Time To Repair (MTTR) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado.
- Determinar la medida en que el análisis de Weibull puede mejorar la confiabilidad en los equipos críticos en una planta de harina y aceite de pescado.

1.4 Limitantes de la investigación (teórico, temporal, espacial).

1.4.1 Teórico

La presente investigación considera el estudio del mantenimiento centrado en confiabilidad, por lo que es necesario el manejo de conceptos como fallas funcionales, modo de fallo, criticidad, entre otros.

Con la distribución de Weibull se puede proyectar la confiabilidad en determinados puntos de vida del activo, es necesario conocer conceptos matemáticos, logarítmicos y estadísticos.

1.4.2 Temporal

El presente trabajo de investigación comprende información histórica de fallas de los equipos críticos en un periodo de tiempo del año 2018 hasta el 2021, el análisis es realizado en el presente año en curso 2021, debido a que en años anteriores no se contaba con procedimientos oficiales se puede haber obviado alguna información relevante.

1.4.3 Espacial

El presente trabajo de investigación se realiza en la planta de producción de harina y aceite de pescado de la provincia constitucional del Callao debido a que por geografía y distribución de biomasa las otras plantas industriales de producción de harina y aceite de pescado se encuentran separadas a kilómetros de distancia a través del litoral peruano.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.

Los antecedentes Internacionales se presentan a continuación:

2.1.1 Antecedentes Internacionales

El estudio de Thakane & otros (2018) en su investigación *“Critical success factors for the implementation of reliability centred maintenance”* se centra en los factores críticos de éxito a considerar para una implementación exitosa del programa RCM y el impacto de un programa RCM exitoso en el desempeño de indicadores. Este documento explora múltiples estudios de casos de investigación publicados para identificar las mejores prácticas en la implementación de un Programa RCM y los beneficios del RCM para la organización. La revisión de múltiples estudios de caso proporcionó un conocimiento profundo sobre varios enfoques hacia la implementación de RCM por parte de varias organizaciones, así como los resultados obtenidos. Los resultados indican cinco factores críticos de éxito para una implementación exitosa del programa RCM, a saber: apoyo de las partes interesadas, capacitación, competencia del equipo de RCM, cambio de cultura y uso de un estudio piloto. Estos factores pueden ser adoptado por la organización como una guía estratégica para promover el éxito de la implementación de RCM. Los resultados prueban aún más que el programa RCM es una estrategia de mantenimiento rentable que puede ofrecer una mejora y eficiencia rendimiento de la planta.

La investigación de Pérez & Otros (2017) *“Enfoque de procesos para la reducción de paros de máquinas mediante mantenimiento centrado en confiabilidad. Impacto en la economía como rama de las ciencias sociales”* presenta la caracterización sobre el nivel de desempeño en la gestión por procesos de una planta productora de acero en la ciudad de Monterrey y área metropolitana. Se realizó una propuesta de mejora que consta de criterios caracterizados según la percepción de los responsables de procesos en la empresa; y estos alineados a los objetivos de la organización, controlados con

técnicas cuantitativas y con respectivas estrategias claras para el desempeño de los procesos, y de esta manera minimizar las fallas o el paro de las maquina en la fábrica. Este análisis toma la ocurrencia sucesiva de fallo de las maquinas en la empresa, se realiza la programación de mantenimiento orientado a la calidad, que se ha desarrollado a través de la metodología de Gestión por procesos con herramientas de mejora enfocado hacia el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Se analizaron diferentes herramientas de Ingeniería Industrial que permiten obtener importantes resultados relacionados con la optimización del programa de mantenimiento, los paros de los equipos y el tiempo de mantenimiento a diferentes sistemas. Los resultados del estudio se enfocan a la planeación y gestión de fallas que permitan anticipar la inspección, priorización de repuestos, reorientación de técnicas de diagnóstico y modificación de frecuencias y de duración de la ejecución de las acciones de mantenimiento en las máquinas.

El proyecto de investigación de Merlín (2020) *“Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en una empresa camaronera del cantón Durán”*. tiene como finalidad el diseño de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para mejorar la eficiencia de bombeo en el sistema de bombeo nº5 de la estación de bombeo de una empresa camaronera ubicada en el sector de Durán. Primero se define la problemática, el objetivo general y los específicos y la metodología a emplearse para solucionar el problema. Además, se desarrolla el marco teórico donde se describe conceptos y procedimientos a seguir para la aplicación del RCM y AMFEC (análisis de modo de fallos, efectos y criticidad). En segundo lugar, se detalla la situación actual del proceso de bombeo del área de mantenimiento por medio de indicadores de eficiencia en base a datos históricos de la empresa donde se establece estadísticamente que la falta de repuestos es la variable principal de la baja eficiencia. Así también se realiza el análisis de los costos y el impacto económico que ocasiona la variable principal y se culmina con un diagnóstico de la unidad. En tercer lugar, se realiza la propuesta de investigación, donde se aplica la metodología RCM elaborando un plan de mantenimiento para solucionar la variable de falta de repuestos, además de capacitar al personal operativo de

mantenimiento y la evaluación financiera relacionada a la viabilidad de solución. Se finaliza el proyecto con las conclusiones y recomendaciones.

La investigación de Castillo (2017). *“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”* tiene como objetivo general, presentar una propuesta de un plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) de la unidad de bombeo horizontal multietapas HPS del sistema Power Oil, en el Bloque 57 Libertador, Provincia de Sucumbíos, Parroquia: Dureno, estación Atacapi, ya que por tener alta tasa de fallas inesperadas de la unidad, ha causado que el sistema deje de operar en varias oportunidades, llevándolo a pérdidas de la producción de petróleo del campo, para ello: se analizó el contexto operacional de los equipos que componen la unidad HPS confirmando que están dentro de su contexto de diseño, se recabaron datos históricos del sistema Máximo Oil & Gas de los años 2014 - 2015, se calculó y determinó la tasa de fallas de los equipos y la unidad HPS, se analizó y valoró los modos de falla según la norma ISO 14224-2006, con estos datos se desarrolló el análisis de modos de falla y sus efectos (AMFE) obteniendo las hojas de información de cada uno de los equipos, con la aplicación del diagrama de decisión RCM II se obtuvieron las hojas de decisión, en las cuales se indica las tareas propuestas para controlar cada uno de los modos de falla. Con la aplicación de la metodología se comprueba que es factible la reducción de la tasa de fallos obteniendo una mejora desde una tasa de fallos de 0.00142 a 0.0006, es decir de un tiempo medio entre fallas de 29 a 69 días. En vista de los resultados esperados, se recomienda la aplicación inmediata de la propuesta.

En el proyecto técnico de Cabrera & Tapia (2019) *“Propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la Unidad de Generación 2 de la Central Saymirín”* proporciona a la Empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A., una propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la Unidad de Generación 2 que forma parte de la Central Hidroeléctrica Sr. Arturo Salazar Orrego (Saymirín V). El estudio realiza un análisis de criticidad a los sistemas de

la unidad de generación 2 de la central "Saymirín". Resultados, se escogen 3 sistemas más críticos de la unidad y con el diagrama de decisión del RCM se obtiene un plan de mantenimiento de las actividades, la frecuencia de las mismas y el personal técnico que se requiere para ejecutar cada una de las maniobras de mantenimiento de los sistemas más críticos.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

En el estudio de Alban (2017) "Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la Empresa Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad" se enfoca en garantizar la confiabilidad y la disponibilidad de la operacionalización respecto a las máquinas de forma segura y eficiente, con el propósito de desarrollar el cumplimiento de la política de calidad, el trabajo de investigación es desarrollada empleando el método experimental, en el cual se logró la obtención de las conclusiones luego de la implementación del programa de prevención enfocado en las máquinas de fabricación el cual contribuyo elevando la producción en 7 153 productos, la reducción del tiempo de paradas en un 97,14%, de la misma forma las horas de productividad evaluadas se elevaron en 0,027 de las horas trabajadas.

En la investigación de Carpio Rivera (2016) "Implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad del taller de maestranza comercial Tornocentro, Arequipa SRLDA", plantea como objetivo del proyecto de investigación, la generación e implementación en una maquina en estado crítico de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, la elaboración del proyecto de investigación se desarrolló de manera experimental, la investigación llego a la conclusión de tras la evaluación del taller se encontró que presentaba deficiencia respecto a la distribución de las maquinas, en el cual se realizó en planteamiento de RCM, en el cual se elaboró la redistribución de la planta en el cual se establecieron tres áreas de trabajo de rectificado, soldadura y maquinado, las medidas adoptadas contribuyo al desplazamiento ergonómico para realizar las funciones básicas.

Según estudios de Berger & otros (2014), en su revista de investigación “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera”, desarrolla como objetivo la aplicación de la metodología con el propósito de alzar la vida útil de los componentes en un equipo, con fin generar la disminución de las fallas y consecuencias, fomentando el alza y la productividad en las ventas de harina de pescado y precios bajos de mantenimiento, la elaboración del trabajo de investigación se desarrolló de manera experimental, la investigación presenta como conclusión la etapa en la que se realizó la determinación del tiempo medio entre fallas es determinado para establecer las tareas de mantenimiento preventivo.

Otro estudio de Marchena (2018) “Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para aumentar la productividad del área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC, Lima, 2018”, se enfoca en el objetivo de dar la aceptación las ventajas que trae las mejoras y el implementar el sistema, empleando el desarrollo de la técnica enfocada en la confiabilidad (RCM) de la mano con los indicadores de confiabilidad, disponibilidad, eficacia, eficiencia con el objetivo de medir la productividad, la investigación que realizo es de tipo experimental, en el cual presento como conclusiones la implementación del mantenimiento enfocado en la confiabilidad durante doce semanas, plasma que como resultado la generación de un ahorro de S/: 12,300.00,y el alza de la productividad en 20.75%.

En la tesis de Flores Osorio (2018) “Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a la caldera de 200 BHP para reducir costos, planta pesquera Hayduk”, se diseñó un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicada a la caldera de 200 BHP de la planta de harina de pescado de la empresa HAYDUK; para tal efecto elaboraron un Análisis de modo y efecto de fallas, mediante el cálculo el Numero de Prioridad de Riesgo (NPR), gracias a la cual se logró determinar las prioridades de atención a cada equipo. La implementación del plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad logró reducir los costos de mantenimiento en la planta, lo cual significó un ahorro de S/. 38,190 anuales, además permitió alcanzar una confiabilidad 67.36%

reduciendo los costos de mantenimiento. Esto experiencia nos da entender que es factible y ventajoso la implementación correcta un plan de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad.

En su estudio Bueno & otros (2020) “Propuesta de mejora de la gestión del plan de mantenimiento de la maquinaria de una planta productora de harina de pescado basado en la implementación del Mantenimiento Productivo Total”, optaron por utilizar el mantenimiento productivo total (TPM) como herramienta de gestión, entonces elaboraron una estrategia de 12 pasos, desarrollados en torno a los 8 pilares del TPM para el acondicionamiento, implementación y estabilización de la gestión en la planta. Dentro del plan se contempló capacitaciones de mantenimiento a los operadores de máquinas, asignación de tareas de mantenimiento al personal durante los periodos de veda e implementó el mantenimiento autónomo como parte de las labores diarias dentro de producción, logrando identificar fallas potenciales en los equipos. Como resultado del plan se obtuvo una reducción del 61% del presupuesto anual de mantenimiento y se alcanzó un aumento del 4% en promedio del OEE de la planta.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento centrado en la confiabilidad se generó en la industria de la aviación, luego de la emisión de un informe enfocado en los procesos empleados para la elaboración de programas de mantenimiento de la maquinaria aeronáutica, en la conclusión del informe se hace referencia a que las acciones se orientan al control de la confiabilidad para lograr optimizar los niveles de confiabilidad en los equipos que presenten deficiencia, solo cuando existan, a su vez indica que la periodicidad de la revisión utilizada en el pasado no está directamente asociada con la confiabilidad. (Cela Andagoya, 2005)

2.2.1.1 Definición del Reliability Centered Maintenance (RCM)

El Reliability Centered Maintenance (RCM), es una metodología que está enfocada en lo referido a lo funcional y consiente en determinar de forma sistemática un mantenimiento que esté al alcance de forma eficiente y efectiva para lograr niveles de seguridad y confiabilidad establecidos, busca asegurar

que un activo extienda el cumplimiento de las funciones de manera eficiente enfocado en lo operacional, en el cual el mismo debe de encontrar intrínsecamente de los límites de ejecución. La gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad se centra en el que un grupo es encargado de optimizar la confiabilidad operacional, instaurando actividades en función de los activos que pertenecen al sistema.

2.2.1.2 Objetivo del RCM

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es la integración de diversas tecnologías las cuales, recogen, organizan y normalizan la información la cual determina el estado y funcionamiento de una máquina, se ejecuta el monitoreo con el objetivo de controlar y conservar los parámetros dentro de niveles establecidos. Los objetivos son:

- Eliminar los deterioros que presenten las maquinas
- Establecer información respecto a la capacidad de producción de la planta consecuente al estado de los equipos y máquinas.
- Reducir los costos establecidos en la mano de obra de las reparaciones, con el compromiso del mantenimiento y la eliminación de los fallos de los responsables de las operaciones de mantenimiento.
- Realizar pronósticos de anticipación y planificar los mantenimientos.
- Establecer horarios sensatos para que el personal encargado de mantenimiento realice los trabajos de mantenimiento de manera adecuada.
- Establecer la productividad sincrónica entre los departamentos de producción y mantenimiento con el fin de conservar la producción de la planta.
- Lograr el alza de los beneficios de explotación en relación directamente a la reducción de costos de mantenimiento. (Peñañiel, y otros, 2004)

2.2.1.3 Las siete preguntas clave

El proceso de RCM brinda una serie de preguntas las cuales deben ser efectuadas al equipo escogido.

1. ¿Cuáles son las funciones y patrones de desempeño del equipo en su contexto operacional actual?
2. ¿De qué forma el equipo falla al cumplir sus funciones?
3. ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
4. ¿Qué consecuencias genera cada falla?
5. ¿Qué puede ser hecho para predecir o prevenir cada falla?
6. ¿Qué debe ser hecho si no fuese encontrada una tarea proactiva apropiada?
7. ¿Quién puede realizar estas rutinas de mantenimiento?

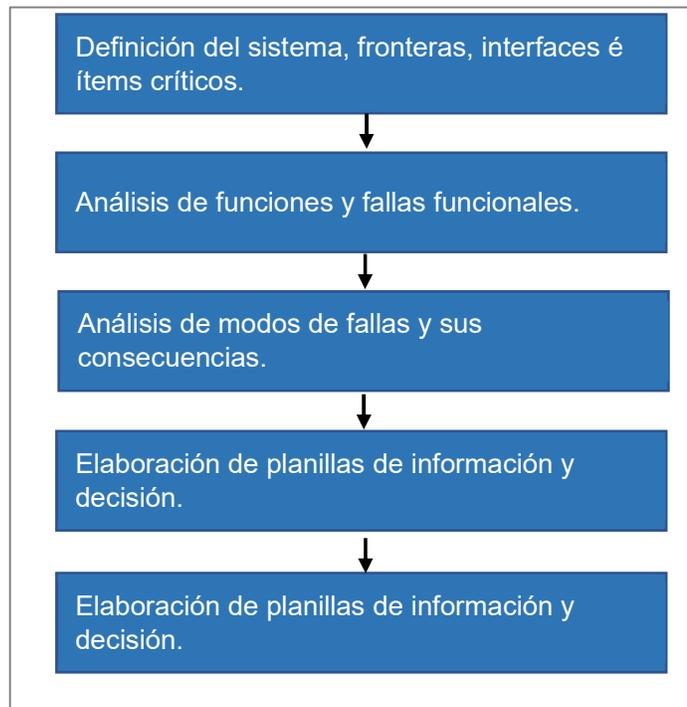


Figura 1. El proceso del RCM. Fuente (Cela Andagoya, 2005)

2.2.1.4 Fases de RCM

FASE 0: Listado de equipos

El realizar el listado es el primer paso para tener un registro del inventario.

FASE 1: Listado de funciones y Especializaciones

El listado de funciones y especialidades está centrado en realizar detalladamente las funciones que se están estudiando, de forma cuantificada y

como es que se desarrolla la función. Para garantizar el cumplimiento del sistema se debe de garantizar el cumplimiento de cada subsistema y este está conformado por equipos, los cuales deben de estar detalladas las funciones:

- El sistema conjunto con sus funciones
- Los subsistemas detallando las funciones
- Los equipos de cada subsistema considerado significativo.

FASE 2: Determinación de fallos funcionales y técnicos

El fallo está determinado como una incapacidad para desarrollar el cumplimiento de una función. Es por eso de la importancia de la fase anterior encargada de realizar el listado de las funciones para que el desarrollo para determinar los fallos se desarrolle de manera más sencilla. El fallo funcional es definido como la imposibilidad del sistema o conjunto de sistemas de desempeñarse en el cumplimiento de sus funciones. El fallo técnico es aquel que no imposibilita el desarrollo de sus funciones, pero estas son desarrolladas de forma anormal la cual pueden generar problemas como la degradación del equipo orientándolo a que se generen fallos funcionales.

FASE 3: Determinación de los modos de fallo

Se determina como modo de fallo como la causa primaria de un fallo y las circunstancias que escoltan a un fallo concreto. Los fallos técnicos y funcionales pueden determinar variados modos de fallos y esto a la vez pueden presentar una variedad de causas, hasta determinar la causas raíz. Se debe de determinar los alcances de los estudios ya que estos pueden generar un estudio amplio y muchas veces este estudio es abandonado.

FASE 4: Análisis de la gravedad de los fallos (Criticidad)

En esta fase se desarrolla la determinación de los fallos, luego se procede a realizar la clasificación según la gravedad de las consecuencias. Primero se debe de responder la pregunta ¿Qué sucedería si este ocurre?, con origen de esta pregunta se originan el desarrollo de la explicación, se establece las consecuencias referidas al medio ambiente y la seguridad del mantenimiento y la producción y se califica sobre la magnitud de las consecuencias que este genera. Las fallas críticas afectan la producción porque traen como consecuencia el paro de las actividades de la planta, la reducción de la

producción, aun la pasada sea considera de corto plazo debe de ser considerada como un daño a la producción.

FASE 5: Determinación de medidas preventivas

Una vez que se realicen la determinación de los fallos y estos sean clasificados según el nivel de criticidad prosigue la determinación de las medidas preventivas las cuales están enfocadas en evitar los fallos o realizar la minimización son respecto a sus efectos. Las medidas preventivas pueden ser tareas de mejoras, actividades relacionadas con el mantenimiento, respecto a la operación se pueden realizar modificaciones, capacitación y formación del trabajador operador. el análisis de fallos nos ayuda a contribuir con el análisis del conjunto el cual nos ayuda a la obtención del conjunto de tareas de mantenimiento y otras medidas con la lista de las modificaciones, de procedimientos de la operación y el plan de la formación. Las tareas relacionadas a los mantenimientos se realizan mediante inspecciones de forma visual, las cuales evalúan el funcionamiento de los instrumentos internos y externos.

FASE 6: Agrupación de les medidas preventivas

Una vez que se logre las agrupaciones de las medidas según sus tipos de tareas y procedimiento de mantenimiento, las mejoras en el proceso de operación y formación, estas contribuirán a facilitar la implementación

- Plan de mantenimiento; es el objetivo inicial que se busca, está compuesto con un conjunto de tareas respecto al mantenimiento, el cual tiene como resultado el análisis de los fallos.
- Listado de las mejoras técnicas a implementar; son elaboradas luego del estudio las cuales incluirán el listado de las modificaciones y las mejoras convenientes para la elaboración en la instalación
- Actividades de formación; estas actividades están enfocadas en dos áreas para el personal responsable de la operacionalización y el personal encargado de la elaboración del mantenimiento.
- Lista de procedimiento de operación y mantenimiento a modificar; se inicia con la elaboración de una lista compuesta por un conjunto de procedimientos, los cuales tienen como objetivo la reducción y minimización de los efectos.

FASE 7: Puesta en marcha de las medidas preventivas planteadas

Dentro de esta fase se desarrollarán:

- La implementación de mejoras técnicas; esta debe de encontrarse abaladas por la dirección de la planta para lograr su ejecución, se debe de realizar el cálculo de presupuesto, y se debe de realizar el cálculo de los beneficios y realizar la implementación.
- La puesta en marcha de las acciones formativas presenta como objetivo la solución de los problemas las cuales son plasmadas de forma rápida e implementar una mejora.
- Puesta en marcha de cambios en procedimiento de operación y mantenimiento; para realizar el desarrollo de los procedimientos de operación y mantenimiento es necesario que los implicados estén en conocimiento de los cambios y elaborar sesiones en las que se realicen la capacitación de la explicación al personal el cual debe de detallar los procedimientos y elaborar la verificación de que estos se hayan realizado de forma oportuna y evaluando la comprensión de los implicados. Para lo cual es necesario la elaboración de sesiones las cuales expliquen al personal que deben ser elaboradas de forma detallada, este es considerado el más importante para asegurar la implementación de los cambios y procedimientos. (Maya, 2018)

2.2.1.5 Ventajas de la aplicación del RCM

- Aumento de la disponibilidad y la confiabilidad de la máquina. Se genera un espíritu crítico de las fallas y averías en el personal responsable de las operaciones y mantenimiento.
- Se genera reducción de costos de mantenimiento.
- Genera la optimización respecto a la confiabilidad operacional, eleva la disponibilidad y mejora el mantenimiento de los activos de la planta.
- El trabajo en equipo se convierte en una actividad rutinaria
- Se logra el incremento de la protección del medio ambiente y la seguridad de la operación

- Las actividades de mantenimiento se optimizan, tomando en consideración la crítica y el valor de la importancia de los activos dentro en las operaciones.
- Se genera establecer un sistema eficiente respecto al mantenimiento preventivo (Peñafiel, y otros, 2004)

2.2.1.6 Evaluación de la criticidad

Para determinar la criticidad, la evaluación se realiza de forma cuantitativa, la probabilidad de que se realice está relacionada con la frecuencia de las ocurrencias de una falla con las sumas de consecuencias, se establecen rasgos con los cuales se evalúan los criterios.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

2.2.1.6.1 Pasos para desarrollar el análisis de criticidad

Según (Moreu de León, 2013) indica una serie de pasos a tomar en cuenta al realizar el análisis de criticidad y estos son:

PASO 1: Definir el nivel de análisis

En este paso se desarrolla la definición de niveles en los cuales se realizará el análisis.



Figura 2. Niveles de análisis para evaluar criticidad.

PASO 2: Definir la criticidad

Se realiza la estimación de las fallas respecto a las frecuencias, las consecuencias que se generan tras el empleo de la aplicación de los criterios y los rangos ya establecidos. La ocurrencia es definida anualmente por el número de eventos registrados.

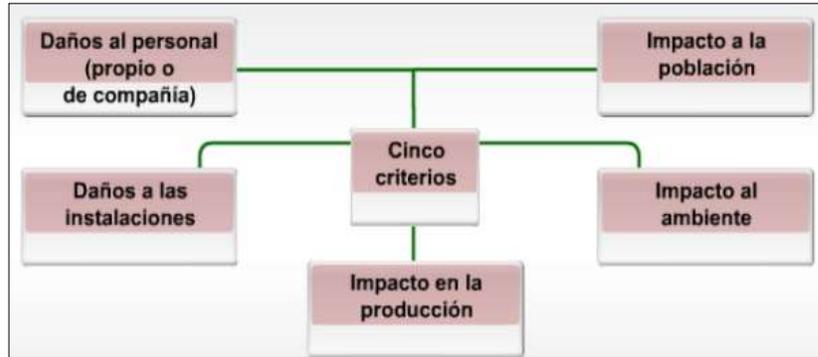


Figura 3. Criterios y rasgos para estimar las consecuencias de las fallas.

PASO 3: Calculo de nivel de criticidad

Para hacer la determinación del nivel de criticidad dentro de una instalación, equipo, sistema; se emplea la siguiente formula:

$$\textit{Criticidad} = \textit{Frecuencia} \times \textit{Consecuencia} \quad (1)$$

La aplicación de las variables es determinada por valores establecidos como categorías de frecuencia de impuestos.



Figura 4. Matriz de Criticidad PEP

PASO 4: Análisis y Validación de los resultados

Se genera el análisis con el objetivo de definir acciones para lograr la minimización de los impactos relacionados a los modos de falla y los que han sido identificados como causantes de las fallas funcionales. Este logra la determinación de los resultados con el fin de detectar una posible desviación que requiera la reevaluación de la criticidad.

- PASO 5: Definir el nivel de análisis

Se genera como el resultado generado a partir de la frecuencia del impacto el cual permite ordenarlo de forma jerárquica basado en la criticidad. El nivel de criticidad y los valores de los activos más críticos se presenta mediante la valoración la cual tiene como objetivo situar los recursos a las áreas que requieran y desarrollar acciones para lograr reducir los riesgos.

- PASO 6: Determinar la criticidad.

Para elaborar la evaluación de la criticidad va de la mano con la frecuencia con que las acciones ocurren si estas son altas, se recomienda que la criticidad debe estar establecido con un valor más tolerable y la frecuencia debe de reducirse, si la criticidad se origina por valores elevados se deben de generar

acciones en las cuales los impactos deben de ser mitigados debido a que este puede generar un modo de falla o falla funcional.

- PASO 7: Sistema de Seguimiento de control

Luego de realizar la selección de las acciones de mejora enfocada en las frecuencias de ocurrencia y la mitigación de los impactos, se debe de generar un control y seguimiento el cual debe de garantizar la ejecución de las acciones y que estas sean cumplidas.

También según (Parra, 2019) en su artículo científico Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos nos proporciona 3 métodos para realizar el análisis de criticidad como: El método cualitativo, el cuantitativo y el método por riesgo.

2.2.1.7 Falla funcional

Es determinado como aquella falla que genera que un activo deje de realizar su funcionamiento o el activo no desarrolle el desempeño de sus funciones de acuerdo a los estándares que requiere su desempeño requerido o de acuerdo a las necesidades que se requiere, el cual no necesariamente establece que este deje de funcionar (Aguilar Otero, y otros, 2010)

		Sistema/Equipo/Dispositivo: Compresor Centrifugo.				Equipo de Trabajo:				
		Elaborado Por:		Fecha:		PATRON DE FALLA				
		SISTEMA/EQUIPO/Dispositivo	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	#VARIABLES	ALTA TOTAL	EMBAJAMIENTO	CAUSA DE LA FALLA	EFFECTOS DE LA FALLA
Falla Funcional Total	Compresor Centrifugo	Comprimir el Gas a una presión XX P.SIG. a una Temperatura X y a un Volumen XX	No comprime el Gas.							
	Compresor Centrifugo	Comprimir el Gas a una presión XX P.SIG. a una Temperatura X y a un Volumen XX	Comprime el Gas pero a una presión XX y a un Volumen XX menor.							
Falla Funcional Parcial										

Figura 5. Falla Funcional Total y Parcial.

2.2.1.8 Modos de fallas (causa de falla)

El modo falla puede ser definido como la manera en la que un activo pierde la capacidad de realizar el desempeño funcionalmente o la manera en la que un activo falla. A cada modo de falla se le adjudica una acción de mitigación o prevenir, dentro de un proceso de administración de riesgo las cuales son enfocadas a la elaboración de desviaciones. (Aguilar Otero, y otros, 2010) y (R2M Construimos Certidumbre, 2016)

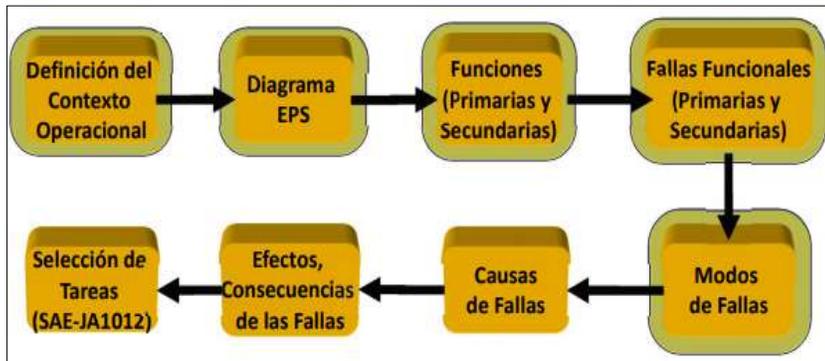


Figura 6. Modo de fallas, definición.

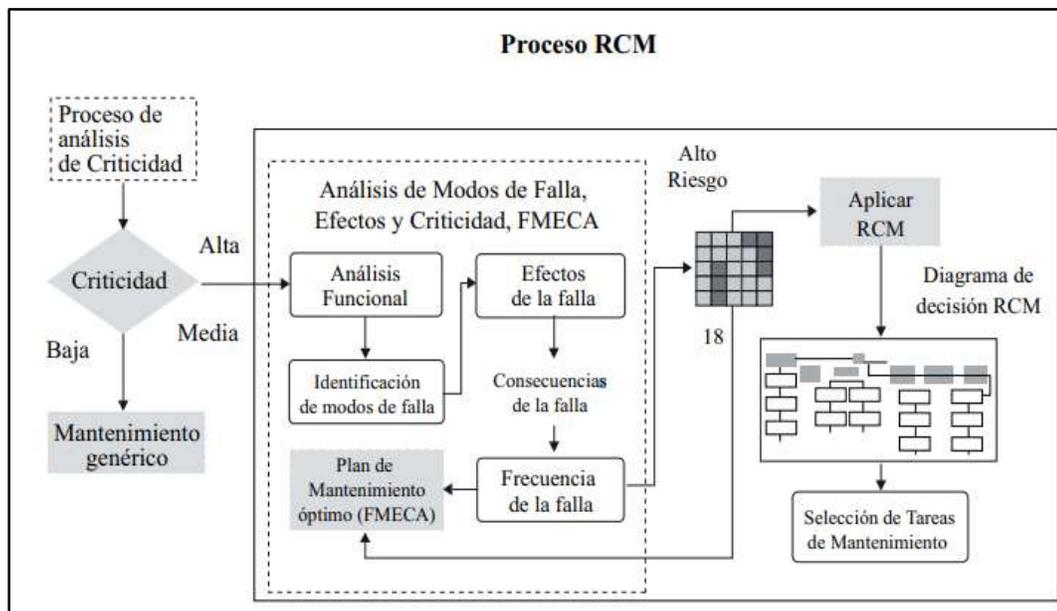


Figura 7. Proceso de Gestión del Mantenimiento aplicando el análisis de modos de falla y sus efectos de criticidad.

2.2.1.9 La identificación de los modos de falla dentro de un equipo genera gran importancia el enfoque de la causa raíz.

La identificación de los modos de fallas está definida por la causa de la falla funcional o la pérdida de las funciones, una vez identificado se debe de realizar el análisis de los que sucede cuando ocurre, las consecuencias generadas sobre el activo, las acciones que se deben de tomar para generar la prevenían, la detección o la corrección de esta forma se pueden determinar acciones como detectar la falla p rediseñar el equipo. Para desarrollar el proceso de mejora, es necesario primero realizar la evaluación de planificar las acciones, plantear los objetivos y establecer indicadores por los cuales se elaborará el control y seguimiento. (Altmann, 2019) y (R2M Construimos Certidumbre, 2016).

Sistema/Equipo/Dispositivo: Elaborado Por: Fecha:		Equipo de Trabajo:						
SISTEMA/EQUIPO/DISPOSITIVO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	PATRON DE FALLA			CAUSA DE LA FALLA	EFECTOS DE LA FALLA
				INFANTE	ALERTA TORNA	ENVEJECIMIENTO		
Compresor Centrifugo	Comprimir el Gas a una presión XX PSIG, a una temperatura X y a un Volumen XX	No comprime el Gas	Alta temperatura en los cojinetes radiales		X		Deficiencia en el sistema de lubricación de los cojinetes	
Compresor Centrifugo	Comprimir el Gas a una presión XX PSIG, a una temperatura X y a un Volumen XX	Comprime el Gas pero a una presión XX y a un Volumen XX menor						

Figura 8. Modos y Causas de Falla para un Compresor.

2.2.1.9.1 Análisis de Causa Raíz

La ocurrencia de la falla es percibida por una serie de síntomas las cuales son manifestadas, la cual ayuda a que se desarrollen situaciones para actuar enfocadas en las consecuencias y no en las causas que la originan, esto puede generar que las falla tienda a ser repetitivo. El análisis de la causa es una herramienta empleada para lograr la identificación de la causa de la falla, para lograr que estos ocurran y evitar sus consecuencias. (Altmann, 2019)

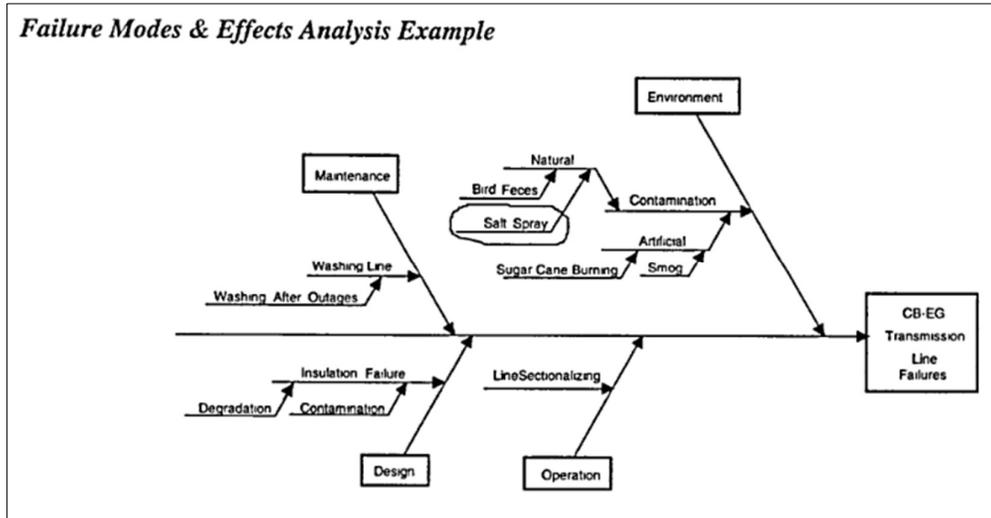


Figura 9. Análisis Causa Raíz.

2.2.1.10 Efectos de falla

La herramienta ayuda a identificar y determinar las fallas resaltantes en los componentes que conforma un sistema. Una vez que son determinados los modos de falla este genera un efecto, los cuales deben de ser registrados porque ayudaran a determinar la importancia sobre cada falla y se implementara un valor que contribuya a la definición y a la toma de acciones de mantenimiento. (Guzmán, 2013)

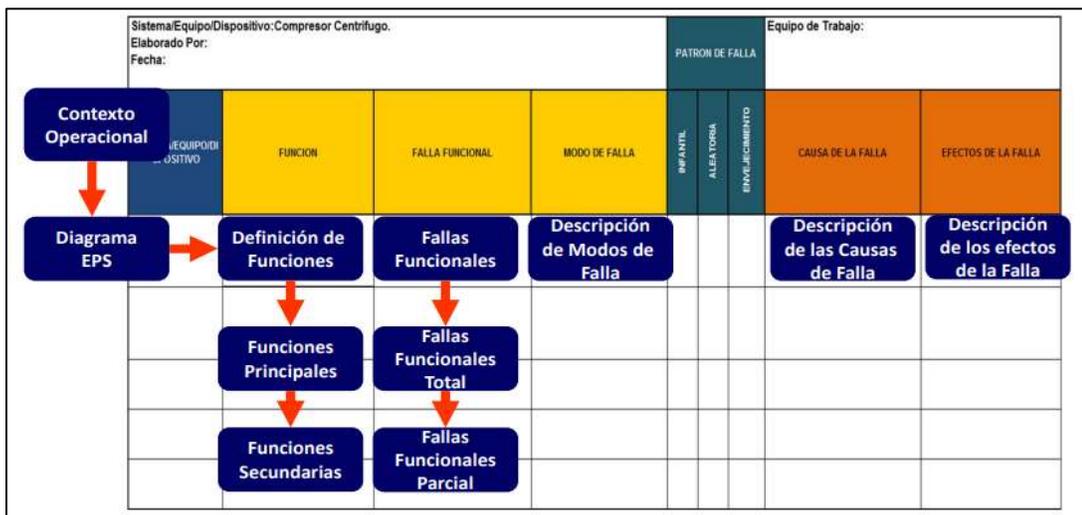


Figura 10. Diagrama de Efectos de Falla

2.2.1.11 Consecuencias de falla

Las consecuencias de la falla según (R2M Construimos Certidumbre, 2016) poseen la mayor influencia para que se logre diagnosticar la alternativa óptima la cual ayudará a lograr prevenir o evitar las fallas, las consecuencias a partir de una falla se pueden generar impactos como:

- Consecuencia de seguridad; riesgo del personal que labora de su vida e integridad.
- Consecuencia del medio ambiente; generada cuando no se respetan las normas medioambientales.
- Consecuencias en las operaciones; cuando la producción es afectada debido a la para o de las acciones de producción.
- Consecuencias no operacionales; involucran los costos enfocados a la reparación de los equipos.



Figura 11. Consecuencia de una falla.

2.2.1.12 Confiabilidad

Confiabilidad es la probabilidad que existe para que un dispositivo ejecute de manera adecuada la función y a la que se encuentra diseñado en función al tiempo en la que se encuentra operando. Se deben de identificar puntos importantes para que se logre el desarrollo de la confiabilidad, los cuales son:

1. Probabilidad
2. El adecuado funcionamiento
3. La calificación en relación con el entorno
4. Tiempo

Para realizar la evaluación respecto al funcionamiento del sistema se debe de elaborar en función a los índices de confiabilidad.

- Confiabilidad: Se realiza el análisis de evaluación de la frecuencia con la que el sistema produce cambios entre la disponibilidad y la indisponibilidad y generalmente se representa en número de fallas al año.
- Disponibilidad: está enfocado en la evaluación con respecto al tiempo en la que el sistema se encuentra disponible en un periodo establecido y generalmente es plasmado en horas.
- Mantenibilidad: este índice se evalúa con respecto al tiempo en el que un sistema logra recuperarse su estado de disponibilidad y es plasmado en horas. (Cela, 2005).

Según Alberto Pertuz (2028), en su trabajo de investigación: Criterios Técnicos de Fallas, Estimación de Parámetros de Confiabilidad, establece que la probabilidad de que un sistema ejecute su función de intención sin fallar para un intervalo específico, bajo condiciones establecidas.

Se define como la Probabilidad de Supervivencia en un determinado tiempo.

Una forma más general de 3 parámetros de la Weibull incluye un parámetro de tiempo de espera (localización o desplazamiento). Las fórmulas se obtienen reemplazando t por $(t-g)$.

No puede ocurrir una falla antes de t horas, el tiempo comienza en t no 0.

Fórmula de Confiabilidad

La confiabilidad es expresada matemáticamente, con el enfoque en el que un sistema no presente fallas.

$$R(x) = 1 - p(x) \quad (2)$$

Donde:

$R(x)$: Confiabilidad de una variable x

$p(x)$: probabilidad de falla de una variable (Cela, 2005)

2.2.1.13 Disponibilidad

La disponibilidad desarrolla como objetivo principal el mantenimiento, esta es definida como “la confianza en un componente o el sistema en la que se elaboró el mantenimiento y que este establezca de forma oportuna sus funciones”. (Scientia et Technica, 2006)

Por otro lado, (Mesa Grajales, y otros, 2006) indican que “la disponibilidad es el objetivo primordial del mantenimiento, se puede definir como la confiabilidad de un componente o sistema que sufre de mantenimiento, ejerciendo función de forma satisfactoria en un tiempo dado”. En la práctica es el porcentaje del tiempo necesario para que el sistema este óptimo para operar o producir.

Dentro del desarrollo de la práctica la disponibilidad está representada como el porcentaje de tiempo en la cual el sistema presenta niveles óptimos para ejecutar su operación o la producción. Durante la elaboración del diseño de los equipos se busca el equilibrio de la disponibilidad, confiabilidad y mantenimiento con el objetivo de tener una reducción de costos en el periodo de vida. De acuerdo a las características de los equipos estos pueden requerir una disponibilidad alta o baja, de la misma forma la mantenibilidad. (Scientia et Technica, 2006).

Tabla 1. *Requisitos de algunos sistemas y enfoque de los indicadores*

	REQUISITOS	EJEMPLOS
1	Alta confiabilidad Poca disponibilidad	Generación de electricidad Tratamiento de agua
2	Alta disponibilidad	Refinerías de petróleo Acerías
3	Alta confiabilidad Alta mantenibilidad	Incineradores hospitalarios
4	Disponibilidad basada en buena práctica	Procesamiento por etapas
5	Alta disponibilidad Alta confiabilidad	Sistemas de emergencia Plataformas petroleras

Fuente: (Scientia et Technica, 2006)

2.2.1.13.1 Fórmula de Disponibilidad

Matemáticamente la disponibilidad $D(t)$ es definida como la relación del tiempo que el equipo está disponible para lograr la producción y el tiempo total que este requiere la reparación.

$$D(t) = \frac{\Sigma \text{tiempos disponibles para la producción}}{\Sigma \text{tiempos disponibles para la Producción} + \Sigma \text{tiempos en mantenimiento}} \quad (3)$$

El tiempo de mantenimiento depende de:

- ✓ El nivel de facilidad que el equipo requiera para la elaboración del mantenimiento.
- ✓ La capacidad de los profesionales responsables de realizar la intervención.
- ✓ Las planificaciones de mantenimiento. (Scientia et Technica, 2006)

También, según (Mora Gutierrez, 2009), indica que se puede calcular la disponibilidad si se conocen los valores del MTB y MTTR mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (4)$$

Donde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas.

MTTR: Tiempo medio para reparar.

2.2.1.14 Análisis de modos y efectos de falla

Según (Mora Gutierrez, 2009) en su libro "Mantenimiento. Planeación, ejecución y control" nos da una metodología en la cual identificados los modos de falla, efectos de falla, realizamos el cálculo del NPR, la jerarquización de actividades y las acciones a realizar preventiva, predictiva o correctivamente juntamente con la frecuencia, recursos humanos, etc. Ver Anexo 10, Formato de AMEF.

Luego se realiza el cálculo del NPR para poder jerarquizar los modos de fallas.

$$RPN = Severidad \times Ocurrencia \times Detección = SXOXD \quad (5)$$

Para calcular la severidad se realiza los siguientes pasos:

$$Severidad = FO \times K_{FO} + SF \times K_{SF} + MA \times K_{MA} + IC \times K_{IC} + OR \times K_{OR} + OC \times K_{OC} \quad (6)$$

Donde:

FO: Fallas ocultas

SF: Impacto seguridad física

MA: Impacto medio ambiente

IC: Impacto en imagen corporativa

OR: Costos de reparación o mantenimiento

OC: Efectos en clientes

Donde:

Se tienen las constantes

$$K_{FO} = 0.05$$

$$K_{SF} = 0.02$$

$$K_{MA} = 0.10$$

$$K_{IC} = 0.30$$

$$K_{OR} = 0.30$$

$$K_{OC} = 0.05$$

Según (Mora Gutierrez, 2009) las ponderaciones para la Severidad, ocurrencia y detección son las siguientes:

FO-Fallos Ocultos	
No existen fallas ocultas que puedan 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

Figura 12. FO: Fallos Ocultos

SF-Seguridad Física	
No afecta a personas ni equipos	0
Afecta a una persona y es posible que genere incapacidad temporal	1
Afecta de dos a cinco personas y puede generar incapacidad temporal	2
Afecta a más de cinco personas y puede generar incapacidad temporal o permanente	3
Genera incapacidad permanente o la muerte, a una o más personas	4

Figura 13. SF: Seguridad Física

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 la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en más de tres años o es irreversible. Su impacto social y ecológico es superior a los 50.000 dólares	4

Figura 14. MA: Medio Ambiente

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 entre 1.000 y 10.000 dólares	3
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión mayor de 10.000 dólares. Puede ser irreversible	4

Figura 15. IC: Imagen Corporativa

OR-Costos de reparación	
Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1
Entre 501 y 5.000 dólares	2
Mayor a 5.001 dólares	3
Mayor a 50.001 dólares	4

Figura 16. OR: Costos de reparación

OC-Efectos en Clientes	
Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1
Entre 501 y 5.000 dólares	2
Mayor a 5.001 dólares	3
Mayor a 50.001 dólares	4

Figura 17. OC: Efectos en clientes

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

Figura 18. Ocurrencia

Detección	
Nula - No se puede detectar una causa potencial / mecanismo y modo de falla subsecuente	4
Baja - Baja probabilidad para detectar causas potenciales mecanimos 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

Figura 19. Detección

Finalmente se jerarquiza los modos de fallas según el NPR y se toman las acciones inmediatas.

2.2.2 Distribución de Weibull

En el análisis de confiabilidad, la ocurrencia está expresada en términos de la probabilidad de falla, por lo que en su estimación se involucran herramientas de ingeniería de confiabilidad, entre las cuales destaca el análisis o distribución Weibull.

El análisis Weibull es una de las técnicas más utilizadas para estimar la probabilidad de falla basada en los datos obtenidos a través del modo de falla de algún componente. Este análisis es útil por su capacidad para simular un amplio rango de distribuciones como la exponencial y normal entre otras. El paso principal para la realización de un análisis Weibull es la obtención adecuada de los datos de tiempos de vida. Los datos de tiempos de vida (o ciclos de falla) son información para conocer la edad de los componentes o sistemas. El concepto de edad puede representar el tiempo de operación, inicio y fin de actividad, ciclos de fatiga, parámetros etc. (Fuentes, 2015).

La distribución Weibull se utiliza para la planeación del mantenimiento, particularmente en el Reliability Centered Maintenance (mantenimiento centrado en la confiabilidad).

Usando la herramienta de Weibull, se puede calcular cuantitativamente:

- Programar y no programar el mantenimiento

- Intervalos óptimos del reemplazo
- Inspecciones no destructivas vs. reemplazo de partes
- Mantenimiento correctivo vs. no mantener.
- Diferentes tiempos entre inspecciones programadas.
- Forzar una modernización

Los parámetros β & η de la distribución Weibull son los valores usados para el análisis de vida de los componentes. La función de confiabilidad se muestra con sus parámetros β y η .

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (8)$$

Donde:

$F(t)$ = Accumulative Distribution Function (CDF)

t = Tiempo de falla

η = Característica de vida parámetro escala

β = parámetro de forma o pendiente.

$e = 2.718281828$, base del logaritmo natural.

η = Parámetro de vida, es igual al tiempo promedio para la falla (MTTF) cuando β es igual a 1.

- Para el cálculo de los parámetros de Beta (β) se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\beta = \frac{\sum \left[\ln(t_i) \cdot \ln(f_i) - \frac{\sum \ln(t_i) \cdot \sum \ln(f_i)}{N} \right]}{\sum \ln(t_i)^2 - \frac{\sum \ln(t_i)^2}{N}} \quad (9)$$

- Para el cálculo del parámetro Beta, también se usó la función pendiente del Excel:

$$\beta = \text{PENDIENTE}(\text{conocido}_y; \text{conocido}_x) \quad (10)$$

- Para el cálculo de los parámetros de Eta (η) se utilizaron las siguientes formulas:

$$\eta = e^{- (\text{Ln}(\text{Fi}) - \beta \times \text{Ln}(\text{Ti})) / \beta} \quad (11)$$

- Para el cálculo del parámetro Eta, también se usó la función pendiente del Excel:

$$\eta = +\text{EXP} (-\text{INTERSECCION} (\text{conocido}_y; \text{conocido}_x)) \quad (12)$$

- Para el cálculo de los parámetros de Gamma (Υ) se utilizó la siguiente formula:

$$\Upsilon = \left(\frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \right) \quad (13)$$

Donde:

X = Ln (t)

Y = Ln (Ln(1/1-f(t)))

- Para el cálculo de la función confiabilidad se utilizó la siguiente formula:

$$R(t) = e^{-((t-\Upsilon)/\eta)^\beta} \quad (14)$$

Donde:

t = tiempo de falla.

β = Beta, pendiente.

η = Eta, intersección.

Υ = Gamma.

2.3 Definición de términos básicos: Funcionales a la investigación del problema.

- **Confiabilidad.** (Altmann, 2019) en su libro establece que la confiabilidad es la probabilidad que existe para que un dispositivo ejecute de manera adecuada la función y a la que se encuentra diseñado en función al tiempo en la que se encuentra operando .

- **Consecuencia de Falla.** (Aguilar Otero, y otros, 2010) indican que es el impacto derivado de la falla que puede afectar el desempeño de cualquier empresa.
- **Criticidad.** (Aguilar Otero, y otros, 2010) indican que es una forma cuantitativa donde se evalúa la ocurrencia de fallas de un equipo.
- **Disponibilidad.** Se define como la confianza en un componente o el sistema en la que se elaboró el mantenimiento y que este establezca de forma oportuna sus funciones. (Campos-López , y otros, 2018).
- **Efecto de Falla.** Según (Aguilar Otero, y otros, 2010) indican que se trata del efecto dado cuando una falla se materializa, pudiendo afectar al cliente o al proceso.
- **Falla funcional.** (Aguilar Otero, y otros, 2010) establecen que es aquel fallo que obstaculiza a un sistema cumplir sus funciones.
- **Mantenimiento.** (Altmann, 2019) define como un conjunto de actividades realizadas con la única finalidad de preservar un activo y procurar que pueda llevar a cabo las funciones requeridas.
- **Mantenimiento basado en confiabilidad.** Es una técnica orientada a la reducción de tiempos de parada en plantas y a la fiabilidad de equipos (García Garrido, 2012).
- **Modo de Falla.** (Aguilar Otero, y otros, 2010) establece que es la manera en la que un activo pierde la capacidad de desempeñar sus funciones o presenta una falla.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

Con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad se incrementará la disponibilidad en equipos críticos en la planta de producción de harina y aceite de pescado.

3.1.2 Hipótesis específicas

- Con la aplicación del RCM se mejorará de manera significativa el Mean Time Between Failures (MTBF) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado.
- Con la aplicación del RCM mejorará de manera significativa el Medium Time To Repair (MTTR) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado.
- El enfoque del análisis de Weibull mejorará de manera significativa la confiabilidad en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado.

3.2 Definición conceptual de variables

Mantenimiento centrado en confiabilidad: Según (Parra, 2019) el método de mejoramiento de planes de mantenimiento identificado como: Mantenimiento centrado en la confiabilidad, también conocido por su nombre en inglés “RCM: Reliability Centered Maintenance”. Es un método de guía para identificar las tareas de mantenimiento con adecuadas frecuencias a los activos más relevantes dentro de un proceso productivo, este método propone un procedimiento que permite elaborar un programa de mantenimiento que se adapte a las necesidades reales de los activos de producción, tomando como punto de partida las consecuencias por la pérdida de la función que se dan por los modos de fallos de los activos fijos dentro de un contexto operacional determinado.

Disponibilidad: Según (Mesa Grajales, y otros, 2006) la disponibilidad es el objetivo principal del mantenimiento y en la práctica es el porcentaje en el que la máquina está lista para funcionar. Se puede modificar la disponibilidad, la mantenibilidad y la confiabilidad según la aplicación de la industria.

La disponibilidad se calcula matemáticamente como:

$$D_{(t)} = \frac{\text{Tiempo total de producción} - \text{Tiempo total de averías}}{\text{Tiempo Total de producción}}$$

Donde:

$$D_{(t)} = \text{Disponibilidad}$$

3.2.1 Operacionalización de variable

Tabla 2. Operacionalización de Variables

Variable	Dimensión	Indicador	Índice	Método y Técnica
Variable independiente: V1. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	V1.1. Gestión de mantenimiento preventivo.	V1.1.1. % Cumplimiento de la gestión de mantenimiento preventivo.	$\frac{\text{Requisitos de G.M.P. cumplidos}}{\text{Requisitos de G.M.P. Planificados}} \times 100\%$	El método es deductivo-hipotético mediante técnicas de observación, verificación y reflexión.
	V1.2. Calidad de mantenimiento preventivo	V1.2.1. % Cumplimiento de calidad del mantenimiento preventivo.	$\frac{\text{Maquinas inspeccionadas}}{\text{Total de Maquinas}} \times 100\%$	
Variable dependiente: V2. Disponibilidad	V2.1. Confiabilidad	V2.1.1. Mean Time Between Failures (MTBF)	$\frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Numero de fallas}}$	
	V2.2. Mantenibilidad	V2.2.1. Medium Time To Repair (MTTR).	$\frac{\text{Timpo total de inactividad}}{\text{Numero de fallas}}$	

Fuente: Elaboración propia basado en las variables que presenta la investigación.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

Según Espinoza “La investigación aplicada, también conocida como diseño o innovación, tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad, buscando eficiencia y productividad”. (2014 pág. 91).

El presente trabajo es una investigación tecnológica aplicada, ya que se trata de dar solución a la variación de la disponibilidad de los equipos críticos, utilizando las estrategias modernas del mantenimiento como el RCM.

A su vez según Espinoza cuando se requiere tener control sobre variables, se requiere usar un diseño experimental, también menciona que los diseños preexperimentales cuando se sabe que existen variables externas que pueden afectar la variable dependiente pero no se sabe cuáles son y no se puede tener control de ellas. (2014 págs. 97-98), por lo expuesto el presente trabajo de investigación es preexperimental ya que se tienen distintas variables no conocidas y fuera de control que pueden influir en la variable independiente.

4.2 Método de investigación.

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2014) el método de la investigación deductivo, siguen procesos basados en hipótesis, por lo cual el procedimiento, se ha adaptado al trabajo de la investigación:

- Se identificaron las principales fallas que tienen los equipos.
- Se realizó una categorización según criticidad.
- Se analizaron las causas de las fallas encontradas.
- Se plantearon acciones para evitar la ocurrencia de fallas.
- Se implementó un procedimiento de mantenimiento.
- Se analizó la disponibilidad, MTBF, MTTR y confiabilidad.

También según (Bernal Torres, 2010) en su libro “Métodos del proceso de la investigación científica”, indica que el método deductivo consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares.

4.3 Población y muestra.

Población

La población es el conjunto de casos que tienen concordancia con especificaciones o características determinadas. (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 174).

Por lo expuesto el estudio de investigación consideró como población a todos los activos que operan en la planta de producción de harina y aceite de pescado de la planta Callao.

Muestra

La muestra es un grupo menor y de nivel inferior que la población de estudio, sobre el cual se obtendrán datos, este grupo debe definirse y delimitarse de manera previa con precisión, a su vez debe ser parte importante de la población. (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 173).

Por lo tanto, la muestra fueron los equipos críticos cuya puntuación en la matriz de criticidad fue mayor tomando en cuenta los diferentes factores del análisis de la matriz de criticidad de la planta de harina y aceite de pescado.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado.

Lugar de estudio

Planta de producción de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad de Callao.

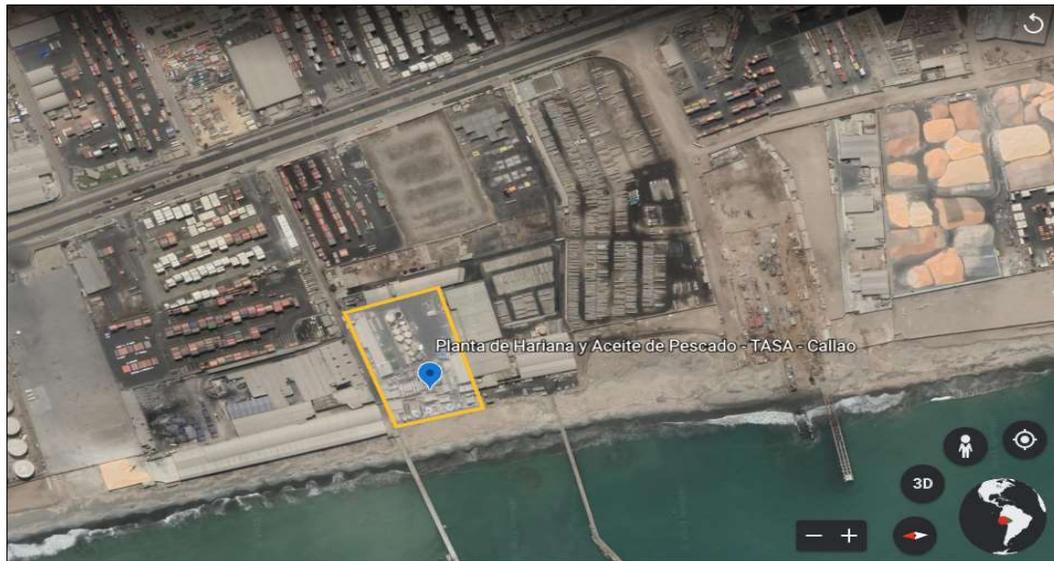


Figura 20. Ubicación Geográfica Satelital de Planta de Producción tomada de Google Earth 11°57'21" S; 77°07'57"W.

Periodo desarrollado

El periodo de desarrollo del trabajo de investigación es entre los años 2018 hasta el actual año en curso 2021.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

La técnica documental consiste en la recolección de evidencias para dar validez a las hipótesis del trabajo de investigación. Está dada por documentos de varios tipos como: revistas, memorias, actas, registros, datos e información estadísticas y cualquier documento de instituciones y empresas que registran datos de operación. (Espinoza Montes, 2014 pág. 107).

Por lo tanto, la técnica utilizada fue la recolección de datos documentales e históricos, ya que fue necesario contar con documentos y registros de producción y mantenimiento de la planta, para obtener los antecedentes y registros de los equipos críticos.

La otra técnica utilizada fueron las entrevistas sistemáticas que se realizaron a los principales líderes de área para poder obtener el desarrollo de la matriz de criticidad según sus especialidades como: producción, mantenimiento, seguridad, calidad y medio ambiente.

Los instrumentos utilizados fueron los registros de producción y mantenimiento registrados en el módulo de mantenimiento del software SAP y Máximo, según los periodos de tiempo a evaluar.

También se utilizaron documentos físicos elaborados por el personal de planta en campo.

4.6 Análisis y procesamiento de datos.

Se realizó el análisis a partir de datos de fuentes primarias y secundarias, en ambos casos, obtenidos de la empresa en la que se realizó el estudio. El análisis abarca desde el año 2018 al año 2021, teniendo en cuenta las fallas registradas.

4.6.1 Análisis de criticidad de equipos

Se procedió a realizar el análisis de criticidad según de Carlos Parra (2019) en su artículo científico “Métodos de Análisis de criticidad y Jerarquización de activos”, donde el autor describe tres métodos para realizar el análisis. En este caso, se aplicó el método que más se ajusta a la necesidad de la planta pesquera siendo este el método cualitativo-cuantitativo, donde se ponderó diferentes parámetros de producción en base al juicio de expertos de la empresa, estos se clasificaron en equipos A, B y C y por lo tanto se priorizaron los dos primeros equipos con alto ponderado y mayor probabilidad de falla. Ver Anexo 2, matriz de criticidad.

Tabla 3. Matriz de criticidad de los 2 equipos más críticos.

Zona/ SubZona/ Sistema	Denominación de Equipo	Impacto Descarga (ID)	Impacto Producc (IP)	Impacto Aceite (IA)	Impacto Calidad (IC)	SST	Impacto al Medio ambiente (Iam)	Económ	Prob falla	Flexibili dad	Dep.Lo gística	Dep. MO	Mante nib	Puntaje	ABC	Status
05.Secado	Secador Aire Caliente	0	3	0	3	3	3	3	3	2	1	2	1	24	A	Crítico
05.Secado	Transport. colector de Rotadisc	0	3	4	3	1	0	3	3	2	0	2	1	22	A	Crítico

Fuente propia: Elaborado por juicio de expertos de empresa pesquera.

Estos dos equipos se seleccionaron para el estudio del RCM y distribución de Weibull.

4.6.2 Desarrollo del RCM

Luego se desarrolló el RCM para los 2 equipos críticos como el Secador de Aire Caliente y el Transportador colector de rotadiscos, donde se establecen fases para el desarrollo según (Cela Andagoya, 2005).

4.6.2.1 Fase 0: Listado de Equipos

Se identificaron 383 equipos (activos fijos) que conforman el proceso productivo de harina y aceite de pescado de una planta de harina y aceite de pescado. Ver anexo 6,7,8,9, Árbol de equipos.

4.6.2.2 Fase 1: Listado de Funciones y especializaciones.

Se listó el equipo Secador de Aire Caliente con sus sistemas, subsistemas, componentes y funciones. Ver anexo 10, funciones del Secador de Aire Caliente y funciones.

Se listó el equipo Transportador colector rotadiscos con sus sistemas, subsistemas, componentes y funciones. Ver anexo 11, funciones del Transportador Colector rotadiscos y funciones.

4.6.2.3 Fase 2: Determinación de fallas funciones

Se realizó el AMEF (Modos y efectos de falla). Ver anexo 13 y 14, AMEF Secador de Aire Caliente.

Se realizó el AMEF (Modos y efectos de falla). Ver anexo 15, AMEF Transportador colector rotadiscos.

4.6.2.4 Fase 3: Determinación de modos de Falla

Se realizó el AMEF (Modos y efectos de falla). Ver anexo 13 y 14, AMEF Secador de Aire Caliente para determinar los modos de falla.

Se realizó el AMEF (Modos y efectos de falla). Ver anexo 15, AMEF Transportador colector rotadiscos para determinar los modos de falla.

4.6.2.5 Fase 4: Análisis de la gravedad de los fallos

Se procedió a evaluar cada modo de falla en base a la Severidad, Ocurrencia y Detección con las fórmulas descritas (5) y (6) y con las figuras 1,2,3,4,5,6,7 y 8 de ponderación del NPR. Ver anexo 16 para NPR y jerarquización del Secador Aire Caliente y anexo 17 para el Transportador Colector rotadiscos.

4.6.2.6 Fase 5: Determinación de medidas preventivas

Se procedió a completar las medidas preventivas que se aplicarán para cada modo de falla según la jerarquización que se realizó. Se definió el tipo de tarea a realizar (Preventiva, Predictiva o Correctiva), con su frecuencia, alcance y sus recursos a utilizar. Para el Secador de Aire Caliente Ver anexo 18 y para el Transportador Colector de rotadiscos Ver anexo 19.

4.6.2.7 Fase 6: Agrupación de medidas preventivas

Se procedió a agrupar las medidas preventivas. Ver anexo 18 para el secador de aire caliente y Ver anexo 19 para transportador colector de rotadiscos.

4.6.2.8 Fase 7: Puesta en marcha de medidas preventivas planteadas

Se procedió a realizar la puesta en marcha mediante la actualización y mejora de las hojas de ruta y planes de mantenimiento Preventivo.

Ver anexo 20, Plan de mantenimiento mejorado con el RCM del secador de aire caliente y Ver anexo 21, Plan de mantenimiento mejorado con el RCM del Transportador Colector rotadiscos.

Ver anexo 22 para Hoja de ruta mejorada con el RCM del secador de aire caliente y Ver anexo 23, Hoja de ruta mejorada con el RCM del transportador colector rotadiscos.

Como parte de la implementación del RCM se mejoró la gestión del mantenimiento a través de:

- Checklist de Secador de Aire Caliente, ver anexo 24.
- Checklist de Transportador Colector Rotadiscos, ver anexo 25.
- Repuestos estratégicos para Secador de Aire Caliente Ver anexo 26.
- Se desarrolló instructivos de mantenimiento de los equipos. Ver anexo 27.
- Se desarrolló un programa de capacitación llamado Train The Trainers, ver anexo 28.
- Actividades de mantenimiento Predictivo como Análisis ultrasonido, termografía, análisis de aceite, análisis vibracional ver Anexo 29,30,31 y 32.
- Se reestructuró el área de mantenimiento con puestos estratégicos para el desempeño óptimo de la gestión de mantenimiento.
- Se implementó el seguimiento de los trabajos planificados a través de la Programación de mantenimiento realizando la Curva S y Gantt.

4.6.3 Desarrollo de la distribución de Weibull

Los pasos a seguir que se realizaron para el cálculo de los parámetros de Weibull fueron:

- Se partió de las fallas registradas por el departamento de producción durante las temporadas entre los años 2018 al 2021. Estos registros se extrajeron de los módulos de mantenimiento de los software máximo y SAP.

Tabla 4. Datos de fallas de equipo – Secador de Aire Caliente 2018- 2021

EQUIPO	DESCRIPCIÓN DE AVERIA	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA
Secador de Aire Caliente	Rotura de fajas de transmisión de tambor SAC	09/04/2018	16:40:00	09/04/2018	17:40:00
Secador de Aire Caliente	Vibración en caja reductora de velocidad de SAC	14/04/2018	09:30:00	14/04/2018	12:30:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de faja en ventilador de gases calientes en SAC	01/05/2018	12:15:00	01/05/2018	13:45:00
Secador de Aire Caliente	Falla en rodamiento de polín radial de tambor SAC	19/05/2018	10:00:00	19/05/2018	17:00:00
Secador de Aire Caliente	Descalibración de quemador de SAC	19/12/2018	09:30:00	19/12/2018	23:00:00
Secador de Aire Caliente	Mala combustión, se descalibra quemador de SAC	19/05/2019	00:00:00	20/05/2019	23:00:00
Secador de Aire Caliente	Baja presión de gas en línea de quemador SAC	29/05/2019	02:45:00	29/05/2019	04:45:00
Secador de Aire Caliente	Se apaga llama, difusor terciario de quemador en mal estado	04/06/2019	16:15:00	05/06/2019	00:15:00
Secador de Aire Caliente	Baja presión de gas en línea de quemador SAC	06/06/2019	01:15:00	06/06/2019	02:15:00
Secador de Aire Caliente	Falla de comunicación entre PLC y CPU	20/06/2019	03:00:00	20/06/2019	04:30:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de flexible de ducto de gases calientes de SAC	27/11/2019	08:00:00	27/11/2019	14:30:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de fajas de transmisión de tambor SAC	01/12/2019	15:40:00	01/12/2019	18:40:00
Secador de Aire Caliente	Rompe fajas de transmisión de tambor SAC	17/12/2019	05:15:00	17/12/2019	08:15:00
Secador de Aire Caliente	Falla en rodamiento de polín radial lado carga SAC	31/12/2019	10:00:00	31/12/2019	09:00:00
Secador de Aire Caliente	Desalineamiento de polín axial de tambor SAC	18/06/2020	16:45:00	18/06/2020	18:45:00
Secador de Aire Caliente	Fajas de transmisión tambor SAC destempladas	09/07/2020	11:45:00	09/07/2020	13:45:00
Secador de Aire Caliente	Sonido extraño en pista de rodadura tambor SAC	13/07/2020	05:00:00	13/07/2020	07:00:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de candado de cadena de transmisión tambor SAC	21/07/2020	13:30:00	21/07/2020	18:30:00
Secador de Aire Caliente	Sonido extraño en polín axial	18/11/2020	09:00:00	18/11/2020	13:00:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de fajas de transmisión de tambor SAC	16/12/2020	14:00:00	16/12/2020	16:00:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de faja en ventilador aire de combustión	05/06/2021	12:15:00	05/06/2021	14:45:00
Secador de Aire Caliente	Baja presión de gas en línea de quemador SAC	21/06/2021	02:45:00	21/06/2021	04:45:00

Fuente: Tomado del software máximo usado para la gestión de mantenimiento.

- Se procedió a seleccionar los periodos de producción, para este caso tomamos los datos del periodo de producción 1 del año 2018.

Tabla 5. Fecha y hora de inicio y fin de avería de la producción 1 del año 2018 del Secador de Aire Caliente

TEMPORADA	PRODUCCION 1	FECHA INICIO	1/04/2018	FECHA FIN	30/07/2018
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Secador de Aire Caliente	12/04/2018	16:40:00	12/04/2018	17:40:00	1.00
Secador de Aire Caliente	2/05/2018	09:30:00	2/05/2018	12:30:00	3.00
Secador de Aire Caliente	8/05/2018	12:15:00	8/05/2018	13:45:00	1.50
Secador de Aire Caliente	27/05/2018	10:00:00	27/05/2018	17:00:00	7.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Se ordenaron las fallas ocurridas durante la producción 1 del año 2018 en número de eventos.
Entendiéndose como: Días para la falla: inicio avería – Fecha inicio producción.

Tabla 6. Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 1 del año 2018

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	11	110.00	0.15909
2	20	310.00	0.38636
3	6	370.00	0.61364
4	19	560.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Se calcularon las coordenadas para ser graficadas en un plano cartesiano, usando logaritmo. $X = \ln(t)$ e $Y = \ln(\ln(1/1-f(t)))$.

Tabla 7. Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
4.70	-1.752894273	-8.24	22.0945	3.072638334
5.74	-0.716717249	-4.11	32.9083	0.513683615
5.91	-0.050266149	-0.30	34.9695	0.002526686
6.33	0.608830072	3.85	40.0428	0.370674056
$\sum X$	$\sum Y$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$
22.68	-1.91	-8.80	130.02	3.96

Fuente: Elaboración propia.

- Se graficó la función confiabilidad teniendo como datos los eventos de falla.

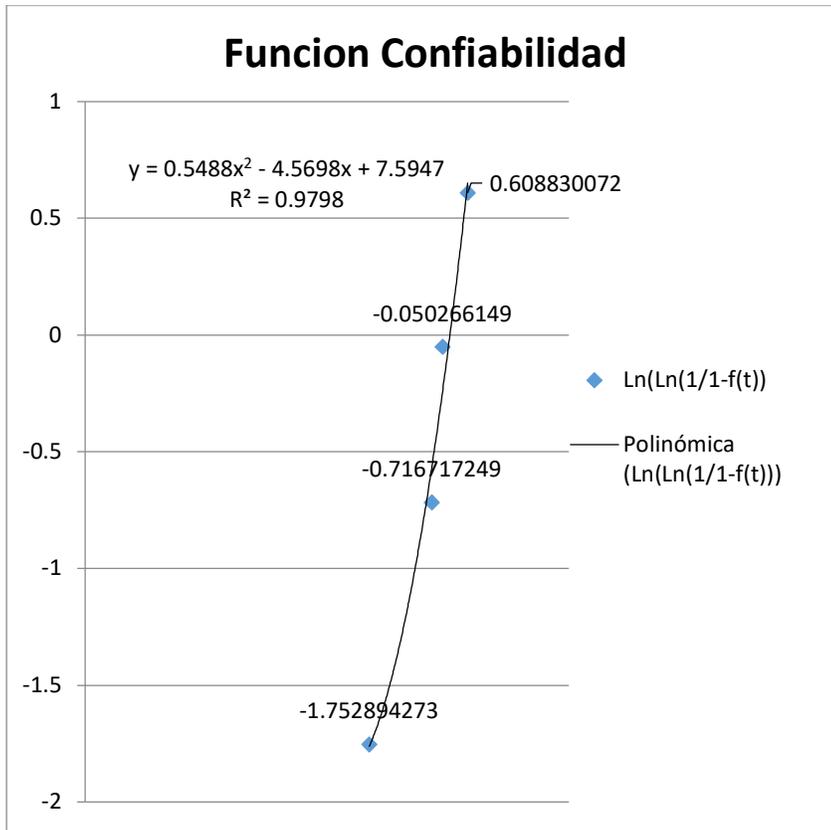


Figura 21. Gráfico de función confiabilidad de producción 1 del año 2018 para el secador de aire caliente.

- Para el cálculo de los parámetros de Beta (β) se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\beta = \frac{\sum \left[(\text{Ln}(t_i) \cdot \text{Ln}(f_i)) - \frac{\sum \text{Ln}(t_i) \cdot \sum \text{Ln}(f_i)}{N} \right]}{\sum \text{Ln}(t_i)^2 - \frac{\sum \text{Ln}(t_i)^2}{N}}$$

- Para el cálculo del parámetro Beta, también se usó la función pendiente del Excel:

$$\beta = \text{PENDIENTE}(\text{conocido}_y; \text{conocido}_x)$$

- Para el cálculo de los parámetros de Eta (η) se utilizaron las siguientes formulas:

$$\eta = e^{- (\text{Ln}(\text{Fi}) - \beta \times \text{Ln}(\text{Ti})) / \beta}$$

- Para el cálculo del parámetro Eta, también se usó la función pendiente del Excel:

$$\eta = +\text{EXP} (-\text{INTERSECCION} (\text{conocido}_y; \text{conocido}_x))$$

- Para el cálculo de los parámetros de Gamma (Υ) se utilizaron las siguientes formulas:

$$\Upsilon = \left(\frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \right)$$

Donde:

$$X = \text{Ln} (t)$$

$$Y = \text{Ln} (\text{Ln}(1/1-f(t)))$$

Tabla 8. *Parámetros para la producción 1 del año 2018 del secador de aire caliente.*

PARÁMETROS DE WEIBULL	
β	0.81
n	482.05
Υ	-238.22

Fuente: Elaboración propia.

- Se procedió a calcular la confiabilidad para la producción 1 del año 2018.

Función confiabilidad:

$$R(t) = e^{-((t-\Upsilon)/\eta)^\beta}$$

Donde:

t = tiempo de falla.

β = Beta, pendiente.

η = Eta, intersección.

γ = Gamma.

Tabla 9. *Cálculo de confiabilidad para producción 1 del año 2018 para el secador de aire caliente.*

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2018-1 – SECADOR DE AIRE CALIENTE				
HORAS	$(t-\gamma)/\eta$	$((t-\gamma)/\eta)^\beta$	R(t)	Conf. en %
100	0.77293	0.6937517	0.4997	49.97%
200	1.01928	1.0274821	0.3579	35.79%
300	1.26563	1.3971268	0.2473	24.73%
400	1.51198	1.7983946	0.1656	16.56%
500	1.75833	2.2281587	0.1077	10.77%

Fuente: Elaboración propia.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

5.1.1 Secador de Aire Caliente

Con la implementación del RCM se obtuvo una mejora significativa de la disponibilidad de cada temporada aumentando en 10.5%.

Tabla 10. Disponibilidad del Secador de Aire Caliente

Año	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2	2020-1	2020-2	2021-1
Disponibilidad	86.1%	89.4%	90.1%	92.1%	95.7%	96.4%	96.6%

Fuente: Elaboración propia.

Con la implementación del RCM se obtuvo una mejora significativa del MTBF en las diferentes horas de operación llegando a aumentar en 332.7 horas en las 500 horas de trabajo del Secador de Aire Caliente.

Tabla 11. MTBF del Secador de Aire Caliente

Año Horas	Tiempo medio entre fallas (MTBF)						
	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2	2020-1	2020-2	2021-1
100	-	86.5	-	-	-	-	-
200	199.0	186.5	-	-	-	-	-
300	299.0	286.5	253.0	293.5	298.0	-	-
400	131.5	125.5	114.2	393.5	398.0	-	397.5
500	164.8	159.0	147.7	245.3	498.0	496.0	497.5

Fuente: Elaboración propia.

Con la implementación del RCM se obtuvo una mejora relativa del MTTR en las diferentes horas de operación llegando a disminuir en 47 horas en las 300 horas de trabajo del Transportador Colector Rotadiscos.

Tabla 12. MTTR del Secador de Aire Caliente

Año Horas	Tiempo medio para reparación (MTTR)						
	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2	2020-1	2020-2	2021-1
100	-	13.5	-	-	-	-	-
200	1.0	13.5	-	-	-	-	-
300	1.0	13.5	47.0	6.5	2.0	-	-
400	1.8	7.8	19.0	6.5	2.0	-	2.5
500	1.8	7.8	19.0	4.8	2.0	4.0	2.5

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Transportador Colector Rotadiscos

Con la implementación del RCM se obtuvo una mejora significativa de la disponibilidad de cada temporada aumentando en 11.4%.

Tabla 13. Disponibilidad del Transportador colector rotadiscos

Año	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2	2020-1	2020-2	2021-1
Disponibilidad	85.0%	90.6%	90.1%	92.1%	94.3%	95.5%	96.4%

Fuente: Elaboración propia.

Con la implementación del RCM se obtuvo una mejora significativa del MTBF en las diferentes horas de operación llegando a aumentar en 331.8 horas en las 500 horas de trabajo del Transportador Colector Rotadiscos.

Tabla 14. MTBF del Transportador colector rotadiscos

Año Horas	Tiempo medio entre fallas (MTBF)						
	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2	2020-1	2020-2	2021-1
100	97.0	97.0	-	-	-	-	-
200	197.0	197.0	47.7	193.5	-	-	-
300	147.0	297.0	81.0	293.5	-	-	-
400	130.8	193.8	114.3	393.5	398.0	-	396.0
500	164.2	243.8	147.7	245.3	498.0	496.5	496.0

Fuente: Elaboración propia.

Con la implementación del RCM se obtuvo una mejora relativa del MTTR en las diferentes horas de operación llegando a disminuir en 19 horas en las 300 horas de trabajo del Transportador Colector Rotadiscos.

Tabla 15. MTTR del Transportador colector rotadiscos

Año Horas	Tiempo medio para reparación (MTTR)						
	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2	2020-1	2020-2	2021-1
100	3.0	3.0	-	-	-	-	-
200	3.0	3.0	19.0	6.5	-	-	-
300	3.0	3.0	19.0	6.5	-	-	-
400	2.5	6.3	19.0	6.5	2.0	-	4.0
500	2.5	6.3	19.0	4.8	2.0	3.5	4.0

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Resultados inferenciales

5.2.1 Secador de Aire Caliente

Con el cálculo de la distribución de Weibull se obtuvo una mejora significativa de la confiabilidad en las diferentes horas de operación llegando a aumentar en 55.4% en las 200 horas de trabajo del Secador de Aire Caliente.

Tabla 16. Confiabilidad del Secador de Aire Caliente

Año Horas	Confiabilidad						
	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2	2020-1	2020-2	2021-1
100	49.97%	53.36%	56.39%	69.94%	79.20%	83.46%	82.95%
200	35.79%	49.36%	51.70%	61.23%	73.08%	76.47%	76.92%
300	24.73%	46.00%	47.45%	53.09%	67.08%	68.90%	70.80%
400	16.56%	43.12%	43.58%	45.63%	61.28%	61.05%	64.71%
500	10.77%	40.61%	40.06%	38.92%	55.74%	53.19%	58.77%

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Transportador Colector Rotadiscos

Con el cálculo de la distribución de Weibull se obtuvo una mejora significativa de la confiabilidad en las diferentes horas de operación llegando a aumentar en 52.3% en las 100 horas de trabajo del Transportador Colector Rotadiscos.

Tabla 17. Confiabilidad del Transportador Colector Rotadiscos

Año Horas	Confiabilidad						
	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2	2020-1	2020-2	2021-1
100	47.3%	50.1%	49.2%	62.9%	79.4%	89.5%	99.6%
200	39.6%	40.5%	45.2%	54.3%	73.3%	83.2%	95.0%
300	33.5%	32.6%	41.7%	46.7%	67.2%	75.9%	86.4%
400	28.5%	26.3%	38.6%	40.0%	61.4%	68.0%	75.2%
500	24.3%	21.1%	35.8%	34.2%	55.8%	59.8%	62.8%

Fuente: Elaboración propia.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

6.1.1 Contrastación de hipótesis general

De acuerdo con los resultados obtenidos en base a la aplicación del RCM en los equipos críticos, se observó que la Disponibilidad es un indicador muy importante para la producción de harina y aceite de pescado que fue mejorando a través de los años.

Se llegó a obtener una disponibilidad de 96.6% y 96.4% en los equipos críticos como el Secador de Aire Caliente y Transportador Colector Rotadiscos como se muestran en la tabla 10 y 13 respectivamente. Otro estudio similar nacional como el de Berger & Otros obtuvieron un 98% de disponibilidad en el motor de combustión interna de la embarcación pesquera BAMAR I en Lima, Perú. También el estudio de Alban obtuvo un 95.44% de disponibilidad en la maquinada Torno N°2 en Chiclayo Perú. Además, el estudio internacional de Cabrera & Tapia obtuvo una disponibilidad del 96.5% en la unidad de generación 2 de la central Saymirín V en Cuenca, Ecuador.

6.1.2 Contrastación de hipótesis específicas

De acuerdo con los resultados obtenidos en base a la aplicación del RCM y la Distribución de Weibull en los equipos críticos, se observaron que el MTBF, MTTR y Conbfiabilidad son indicadores muy importantes que están relacionados entre sí para obtener una gestión de mantenimiento óptima.

Se llegó a obtener un MTBF de 497.5 horas y 496 horas, en los equipos críticos como el Secador de Aire Caliente y Transportador Colector Rotadiscos como se muestran en la tabla 11 y 14 respectivamente. Además, el estudio nacional de Alban obtuvo un MTBF de 510.5 horas en la máquina Torno 1 en Chiclayo, Perú. Otro estudio internacional como el de Castillo obtuvo 552 horas de MTBF en las bombas multietápicas del sistema Power Oil en la ciudad de Riobamba, Ecuador.

Se llegó a obtener un MTTR de 2.5 horas y 3.5 horas, en los equipos críticos como el Secador de Aire Caliente y Transportador Colector Rotadiscos como se muestran en la tabla 12 y 15 respectivamente. Otro estudio nacional de Alban obtuvo un MTTR de 3.06 horas en la máquina Torno 1 en Chiclayo, Perú. Además, el estudio internacional de Cabrera & Tapia obtuvo un MTTR del 3.6 horas en la unidad de generación 2 de la central Saymirín V en Cuenca, Ecuador.

Se llegó a obtener una confiabilidad de 83.46% y 99.6% en los equipos críticos como el Secador de Aire Caliente y Transportador Colector Rotadiscos como se muestran en la tabla 16 y 17 respectivamente. El estudio nacional de Flores Osorio obtuvo un 67.36% de confiabilidad en su caldera de vapor en una planta pesquera en Callao, Perú. Otro estudio nacional como el de Marchena obtuvo 93.1% de confiabilidad en la producción de tableros eléctricos en Lima, Perú. Además, el estudio internacional de Cabrera & Tapia obtuvo una confiabilidad del 95% en la unidad de generación 2 de la central Saymirín V en Cuenca, Ecuador.

CONCLUSIONES

Luego de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad y el análisis de la distribución de Weibull a los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- a) Se concluyó que la disponibilidad del Secador de Aire Caliente aumentó en 10.5% y del Transportador Colector Rotadiscos aumentó en 11.4%.
- b) Se concluyó que el MTBF del Secador de Aire Caliente aumentó en 332.7 horas y del Transportador Colector Rotadiscos aumentó en 331.8 horas en las primeras 500 horas de operación.
- c) Se concluyó que el MTTR del Secador de Aire Caliente disminuyó en 47 horas y del Transportador Colector Rotadiscos disminuyó en 19 horas en las primeras 300 horas de operación.
- d) Se concluyó que la proyección de la confiabilidad del Secador de Aire Caliente aumentó en 55.4% y del Transportador Colector Rotadiscos aumentó en 52.3% en las primeras 200 horas de operación.

RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda a las empresas pesqueras e industrias en general complementar este estudio con un análisis de clasificación de repuestos estratégicos, repuestos de baja rotación, repuestos de alta rotación y repuestos de uso inmediato.
- b) Se recomienda a la gerencia de mantenimiento de las empresas pesqueras e industrias en general implementar un plan de Capacitación del personal técnico de mantenimiento y producción para potenciar sus habilidades.
- c) Se recomienda a la empresa pesquera realizar un estudio similar en las otras plantas de harina y aceite de pescado de la empresa pesquera para mejorar la disponibilidad, MTBF, MTTR y confiabilidad de los equipos críticos.
- d) Se recomienda a la empresas pesqueras e industrias en general realizar auditorías de la gestión de mantenimiento para verificar que se cumplan los procedimientos establecidos.
- e) Se recomienda a las empresas pesqueras e industrias en general implementar nuevas tecnologías de proceso de los equipos de planta.
- f) Se recomienda a las empresas pesqueras e industrias en general realizar estudios de la gestión de activos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR Otero, José; TORRES Arcique, Rocío; MAGAÑA Jiménez, Diana. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. México: Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C, 2010.
- ALBAN, Nery. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinas en la empresa construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad. Chiclayo: s.n., 2017.
- ALTMANN, Carolina. El Análisis de Causa Raíz, como herramienta en la mejora de la Confiabilidad. Uruguay: Copiman, 2019.
- ARATA Adolfo y VILLALÓN Roberto. Determinación de equipos críticos en una planta de Chancado a través de la plataforma R-MES. [En línea]. junio 2008. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2021] Disponible en http://www.cgssa.com/wp-content/files_mf/determinaci%C3%B3ndeequiposcr%C3%ADticosenunaplantadechancado.pdf
- BERGER Esther [et al]. Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 18 (2). 2015 ISSN: 1609-8439
- BUENO Garay, Jorge y YBARRA Razuri, Daniel. Propuesta de mejora de la gestión del plan de mantenimiento de la maquinaria de una planta productora de harina de pescado basado en la implementación del Mantenimiento Productivo Total. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Facultad de Ingeniería, 2020. 306 pp.

- CABRERA Ramón, Edyson y TAPIA González, Jorge. Propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la unidad de generación 2 de la Central Saymirin. Tesis (Ingeniero Eléctrico) Cuenca, Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Facultad de Ingeniería Eléctrica: 2019, 99 pp.
- CARPIO Rivera, Marco. Implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad del taller de maestranza Comercial Tornocentro Arequipa S.R.Lda. Tesis (Magister en Ciencias) Arequipa, Perú. Universidad Católica Santa María. Unidad de Postgrado: 2016, 236 pp.
- CASTILLO 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. Tesis (Magister en Gestión del Mantenimiento Industrial). Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, 2017. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6300/1/20T00831.pdf>
- CELA Andagoya, Rommel. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) del autotransformador de Pomasqui 230/138/13.8 kV. Tesis (Ingeniero Eléctrico) Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2005. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6205/1/T2430.pdf>
- CELA Andagoya, Rommel y TACO Villalba, Luis. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) del autotransformador de Pomasqui230/138/13.8 kV. Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, 2006. Disponible en <https://192.188.57.199/bitstream/15000/9859/1/2006AJIEE-12.pdf>
- ERIKSEN Stig, BOUWER Utne Ingrid, LÜTZENA Marie. An RCM approach for assessing reliability challenges and maintenance needs of unmanned cargo ships. *Reliability Engineering & Sistem Safety*, (210): 2021.

- FLORES Osorio, Gerson y GAMARRA Infante, Elmer. Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a la caldera de 200 BHP para reducir costos, Planta Pesquera Hayduk. Tesis Callao, Lima: Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Callao, 2018.

- FLORES Santander, Julio; PÉREZ Adán, Emilio; MEDINA León, Alberto; [Et al]. Enfoque de procesos para la reducción de paros de máquinas mediante mantenimiento centrado en confiabilidad. impacto en la economía como rama de las ciencias sociales. *Revista Magazine de las Ciencias*. [En línea] México. 2(4) octubre-diciembre. 2017. [Fecha de consulta: 26 de agosto de 2021]. Disponible en <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/magazine/article/view/380>

- FUENTES Huerta, Marco. Plan de mantenimiento para sistemas reemplazables basado en un análisis de confiabilidad considerando modos de falla dependientes. Tesis (Maestría en Ciencia y Tecnología) Coahuila: Corporación mexicana de investigación de materiales, División de estudios de posgrado 2015. Disponible en <https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/35/1/Tesis%20Marco%20Fuentes-SIN.pdf>

- GUZMAN Charrasqui, Carlos. Plan de análisis de modos / Efectos de falla y plan de mantenimiento para una máquina industrial lavadora de prendas. Tesis (Ingeniero Mecánico). Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de ingeniería. 2013. Disponible en <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/5002/TME01384.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto, FERNÁNDEZ Collado, Carlos, BAPTISTA Lucio, María del Pilar. Metodología de la investigación. 5ª ed. México: Mc Graw Hill, 2006. 656 pp. ISBN: 978-607-15-0291-9

- HUNG, Alberto. Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC. La Habana, Cuba. *Energética* 30 (2) 13-19, 2009. E-ISSN: 1815-5901

- HUNG, Alberto. Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC. La Habana, Cuba. *Ingeniería Energética*. 30 (2), 2016, pág. 8.

- MARCHENA Sosa, Fred Alexander. Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) Para Aumentar La Productividad Del Área De Producción De Tableros De La Empresa Sertes. Tesis (Título de Ingeniero Industrial) Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22981?show=full>

- MARTÍNEZ Miguélez, Miguel. Ciencia y Arte de la Metodología Cualitativa. (Reimpresión). México D.F, Editorial Trillas S.A., 2009.

- MAYA Velásquez, Jhonny. Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM. Tesis (Magister en Ingeniería Mecánica) Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería Mecánica, 2018. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/64727/98702383.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- MESA Grajales, Dairo; ORTIZ Sánchez, Yesid; PINZÓN, Manuel. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Pereira, Colombia. *Scientia et Technica*, 12 (30). 2006 ISSN: 0122-1701.

- METODOLOGÍA de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. Campos López, Omar [et al] México: Instituto Politécnico Nacional. *Científica* (23): 51-59, 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>
- MONREU, P. Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón. Sevilla: Escuela técnica superior de Ingeniería, 2013.
- MORA, Luis Alberto. Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control: México: 2009.
- NITHIN Sriramula, Ebinu. Reliability-centered maintenance and cost optimization for offshore oil and gas components. United Kingdom: University of Aberdeen, *Journal of Physics: Serie de conferencias*. (1730). 2021.
- ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –GLOBEFISH. Información y Análisis sobre el Comercio Mundial de Pescado. [En línea] 2021. [Fecha de consulta: 26 de agosto de 2021]. Disponible en <http://www.fao.org/in-action/globefish/marketreports/resource-detail/es/c/1396771/>
- PEÑAFIEL Echeverría, Edgar y VELA Chicaiza, Bolivar. Propuesta de implantación del modelo: Mantenimiento centrado en confiabilidad para la empresa metalmecánica en la industria ecuatoriana de artefactos ECASA. Quito: Escuela Politécnica Nacional. 2004.
- R2M CONSTRUIAMOS Certidumbre. Metodologías de Confiabilidad I. México: Reliability and Risk Management, 2016.

- RAMAGAGA Thakane y TELUKDARIE Arnesh. Critical success factors for the implementation of reliability centred maintenance. University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa. 2018. Disponible en <https://www.proquest.com/openview/9e3dc2aa12d9b91a4c03270e0bea9d06/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2037614>

- RCM implementation on plastic injection molding machine considering correlated failure modes and small size sample por Fuentes Huerta, Marco [et al]. London [en línea]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 95, 3465–3473. 2018.] Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-017-1402-y>

- ROBLES Cuadros, Jorge. Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM para incrementar la vida útil del tren de fuerza de camiones de acarreo marca Caterpillar modelo 793d en sociedad Minera Cerro Verde. Tesis (Ingeniero Mecánico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Facultad de Ingeniería de producción y servicios 2018. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7747>

- RODRÍGUEZ Martínez, Janio. Diseño del plan óptimo de mantenimiento centrado en confiabilidad en proyectos de ingeniería. Tesis (Ingeniero Mecánico). Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniero Mecánico. 2015.

- RODRÍGUEZ Milena y MENDIVELSO Fredy. Diseño de investigación de corte transversal. *Rev. Médica Sanitas* [En línea]. 2018. 21 (3). 141-146. 2018. Disponible en https://www.unisanitas.edu.co/Revista/68/07Rev%20Medica%20Sanitas%2021-3_MRodriguez_et_al.pdf

- ROMERO José. Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón. Sevilla: Escuela técnica superior de ingeniería, 2013.

- SCIENTIA ET TECHNICA. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Perú: Universidad Tecnológica del Perú, 2006.

- SOCIEDAD Nacional de Pesquería. Harina de pescado: Perú lidera su producción mundial. [En línea]. 2019. Disponible en <https://www.snp.org.pe/harina-de-pescado/>.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia.

TITULO: MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN EQUIPOS CRÍTICOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	FORMULA
<p>Problema Principal ¿En qué medida la aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad puede incrementar la disponibilidad en equipos críticos en una planta de producción de harina y aceite de pescado?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿En qué medida la aplicación del RCM mejora el MTBF (Mean Time Between Failures) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado? ¿En qué medida la aplicación del RCM mejora el MTTR (Medium Time To Repair) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado? ¿En qué medida el análisis de Weibull puede mejorar la confiabilidad en los equipos críticos en una planta de harina y aceite de pescado? 	<p>Objetivo General Aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad en equipos críticos en una planta de producción de harina y aceite de pescado.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la medida en que la aplicación del RCM mejora el MTBF (Mean Time Between Failures) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado. Determinar la medida en que la aplicación del RCM mejora el MTTR (Medium Time To Repair) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado. Determinar la medida en que el análisis de Weibull puede mejorar la confiabilidad en los equipos críticos en una planta de harina y aceite de pescado. 	<p>Hipótesis General Con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad se incrementará la disponibilidad en equipos críticos en la planta de producción de harina y aceite de pescado.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Con la aplicación del RCM mejorará de manera significativa el MTBF (Mean Time Between Failures) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado. Con la aplicación del RCM mejorará de manera significativa el MTTR (Medium Time To Repair) en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado. El enfoque del análisis de Weibull mejorará de manera significativa la confiabilidad en los equipos críticos de la planta de harina y aceite de pescado. 	<p>Variable independiente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)</p>	Gestión de mantenimiento preventivo	% Cumplimiento de la gestión de mantenimiento preventivo.	$\frac{\text{Requisitos de G.M.P. cumplidos}}{\text{Requisitos de G.M.P. Planificados}} \times 100\%$
				Calidad de mantenimiento preventivo	% Cumplimiento de calidad del mantenimiento preventivo.	$\frac{\text{Maquinas inspeccionadas}}{\text{Total de Maquinas}} \times 100\%$
			<p>Variable dependiente: Disponibilidad</p>	Confiabilidad	MTBF (Mean Time Between Failures)	$\frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Numero de fallas}}$
				Mantenibilidad	MTTR (Medium Time To Repair)	$\frac{\text{Timpo total de inactividad}}{\text{Numero de fallas}}$

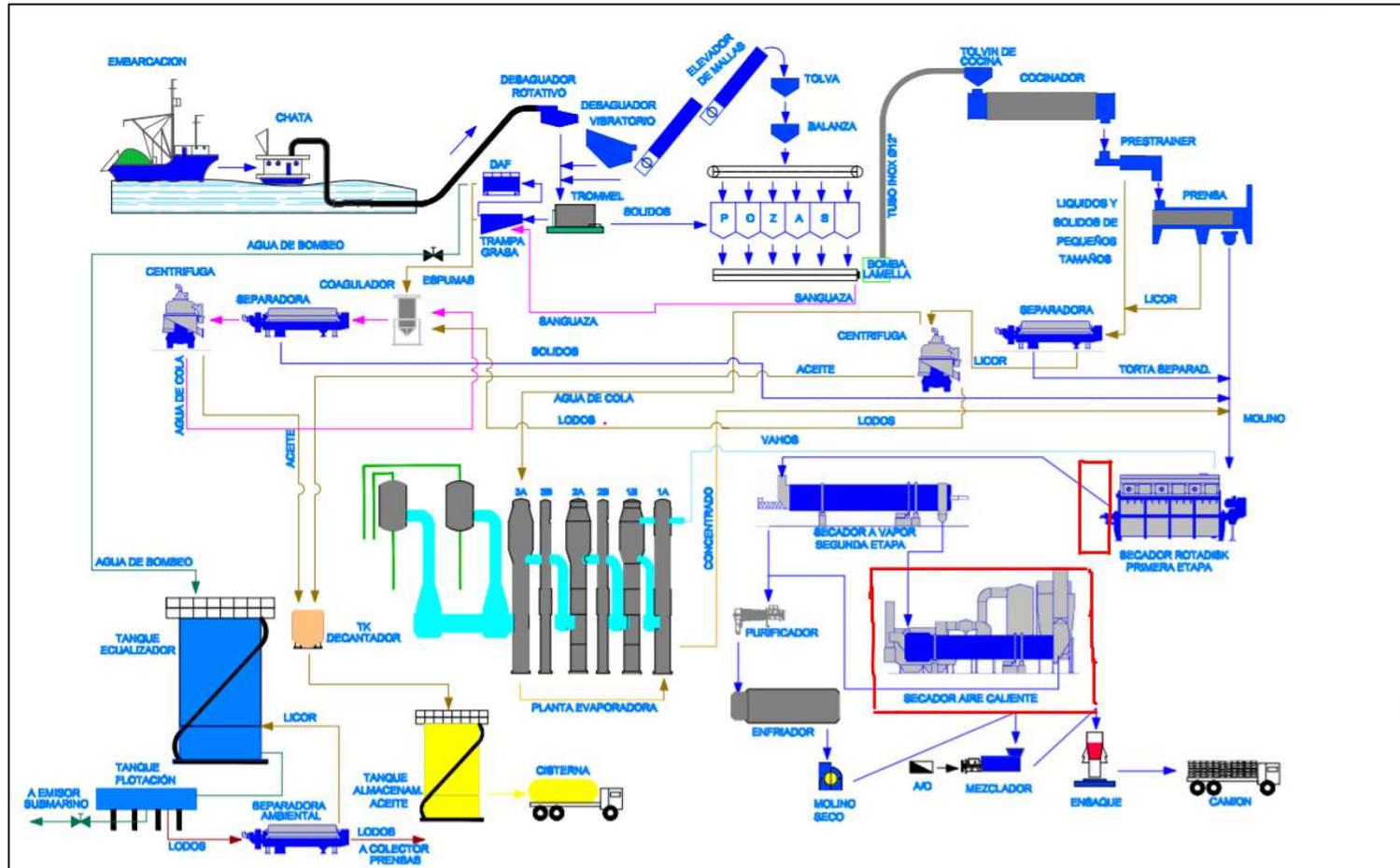
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. Matriz de criticidad de equipos de proceso.

Zona/ SubZona/ Sistema	Denominación de Equipo	Impacto Descarga (ID)	Impacto Produc. (IP)	Impacto Aceite (IA)	Impacto Calidad (IC)	SST	Impacto al Medio ambiente (Iam)	Económ	Prob.falla	Flexibilidad	Dep.Logistic	Dep.MO	Mantenib	Puntaje	ABC	Status
05.Secado	Secador Aire Caliente	0	3	0	3	3	3	3	3	2	1	2	1	24	A	Crítico
05.Secado	Transport. colector de Rotadisc	0	3	3	3	1	0	3	3	2	0	2	1	21	A	Crítico
04.Cocido y Prensado	MP Bomba de Pescado a Tolvin #1	0	1	0	3	1	3	3	2	2	1	0	1	17	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Cocinador #2	0	1	1	3	3	3	3	1	2	0	0	0	17	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Cocinador #4	0	1	1	3	3	3	3	1	2	0	0	0	17	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Cocinador #5	0	1	1	3	3	3	3	1	2	0	0	0	17	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Cocinador #1	0	1	1	3	3	3	3	1	2	0	0	0	17	A	Semicrítico
05.Secado	MP Secador Rotatubos #1	0	1	0	3	3	0	3	2	2	0	2	1	17	A	Semicrítico
05.Secado	MP Secador rotatubos #2	0	1	0	3	3	0	3	2	2	0	2	1	17	A	Semicrítico
05.Secado	MP Secador Rotatubos #3	0	1	0	3	3	0	3	2	2	0	2	1	17	A	Semicrítico
05.Secado	MP Secador Rotatubos #4	0	1	0	3	3	0	3	2	2	0	2	1	17	A	Semicrítico
05.Secado	MP Secador Rotatubos #5	0	1	0	3	3	0	3	2	2	0	2	1	17	A	Semicrítico
05.Secado	MP Secador Rotatubos #6	0	1	0	3	3	0	3	2	2	0	2	1	17	A	Semicrítico
11.Planta de Vapor	MP Caldero Vapor #2	0	1	0	3	3	0	3	2	2	1	2	0	17	A	Semicrítico
11.Planta de Vapor	MP Caldero Vapor #7	0	1	0	3	3	0	3	2	2	1	2	0	17	A	Semicrítico
11.Planta de Vapor	MP Caldero Vapor #6	0	1	0	3	3	0	3	2	2	1	2	0	17	A	Semicrítico
11.Planta de Vapor	MP Caldero Vapor #1	0	1	0	3	3	0	3	2	2	1	2	0	17	A	Semicrítico
11.Planta de Vapor	MP Caldero Vapor #3	0	1	0	3	3	0	3	2	2	1	2	0	17	A	Semicrítico
11.Planta de Vapor	MP Caldero Vapor #4	0	1	0	3	3	0	3	2	2	1	2	0	17	A	Semicrítico
11.Planta de Vapor	MP Caldero Vapor #5	0	1	0	3	3	0	3	2	2	1	2	0	17	A	Semicrítico
11.Planta de Vapor	MP Caldero Vapor #8	0	1	0	3	3	0	3	2	2	1	2	0	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Pulidora de Aceite	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Separador de Sólidos #2	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Separador de Sólidos #3	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Centrifuga #5	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Centrifuga #4	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Centrifuga #1	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Separador de Sólidos #4	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Separador de Sólidos #5	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Separador de Sólidos #1	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Centrifuga #6	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
03.Recuperación y tratamiento	MP Separador Ambiental Z73	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
03.Recuperación y tratamiento	MP Separador Ambiental Z4E	0	1	1	3	0	3	3	0	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Bomba de Pescado a Colector #2	0	1	0	3	1	3	3	2	2	1	0	1	17	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Bomba de Pescado	0	1	0	3	1	3	3	2	2	1	0	1	17	A	Semicrítico
09.Planta de Aceite	MP Centrifuga #3	0	1	1	3	1	0	3	2	2	1	2	1	17	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Cocinador #3	0	1	1	3	3	3	3	1	2	0	0	0	17	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Prensa #2	0	1	1	3	1	3	3	2	2	0	0	0	16	A	Semicrítico
01.Chata de descarga	MP Chata Pablo VI	3	0	0	0	0	3	3	1	2	1	2	1	16	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Bomba de Pescado a Tolvin	0	1	0	3	0	3	3	2	2	1	0	1	16	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Prensa #4	0	1	1	3	1	3	3	2	2	0	0	0	16	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Prensa #3	0	1	1	3	1	3	3	2	2	0	0	0	16	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Prensa #5	0	1	1	3	1	3	3	2	2	0	0	0	16	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Prensa #1	0	1	1	3	1	3	3	2	2	0	0	0	16	A	Semicrítico
10.Planta Evaporadora	Planta Evaporadora #1	0	1	0	0	3	3	3	1	2	1	2	0	16	A	Semicrítico
10.Planta Evaporadora	Planta Evaporadora #2	0	1	0	0	3	3	3	1	2	1	2	0	16	A	Semicrítico
11.Planta de Vapor	Estación de Gas	0	3	0	0	3	3	2	0	2	0	2	1	16	A	Semicrítico
06.Enfriado	Transport. colector de Enfriador	0	3	0	0	1	0	3	3	2	0	2	1	15	A	Semicrítico
05.Secado	MP Quemador Saacke	0	3	0	0	3	0	2	1	2	1	2	1	15	A	Semicrítico
03.Recuperación y tratamiento	MP Celda Química Clarificadora	0	1	1	3	0	3	2	1	2	1	0	1	15	A	Semicrítico
03.Recuperación y tratamiento	Trampa de Grasa	0	0	1	3	1	3	2	1	2	1	0	1	15	A	Semicrítico
01.Chata de descarga	Chata Tasa Callao	3	0	0	0	0	3	3	1	2	0	2	1	15	A	Semicrítico
04.Cocido y Prensado	MP Transportador colector de prensa	0	3	0	0	1	0	3	3	2	0	2	1	15	A	Semicrítico
14.Tratamiento de efluentes	MP Separador Agua Limpieza #2	0	1	0	0	1	3	3	2	2	1	2	0	15	A	Semicrítico
14.Tratamiento de efluentes	MP Separador Agua Limpieza	0	1	0	0	1	3	3	2	2	1	2	0	15	A	Semicrítico

Fuente: Elaboración propia en base al juicio de expertos de empresa pesquera.

ANEXO 3. Diagrama de procesos.



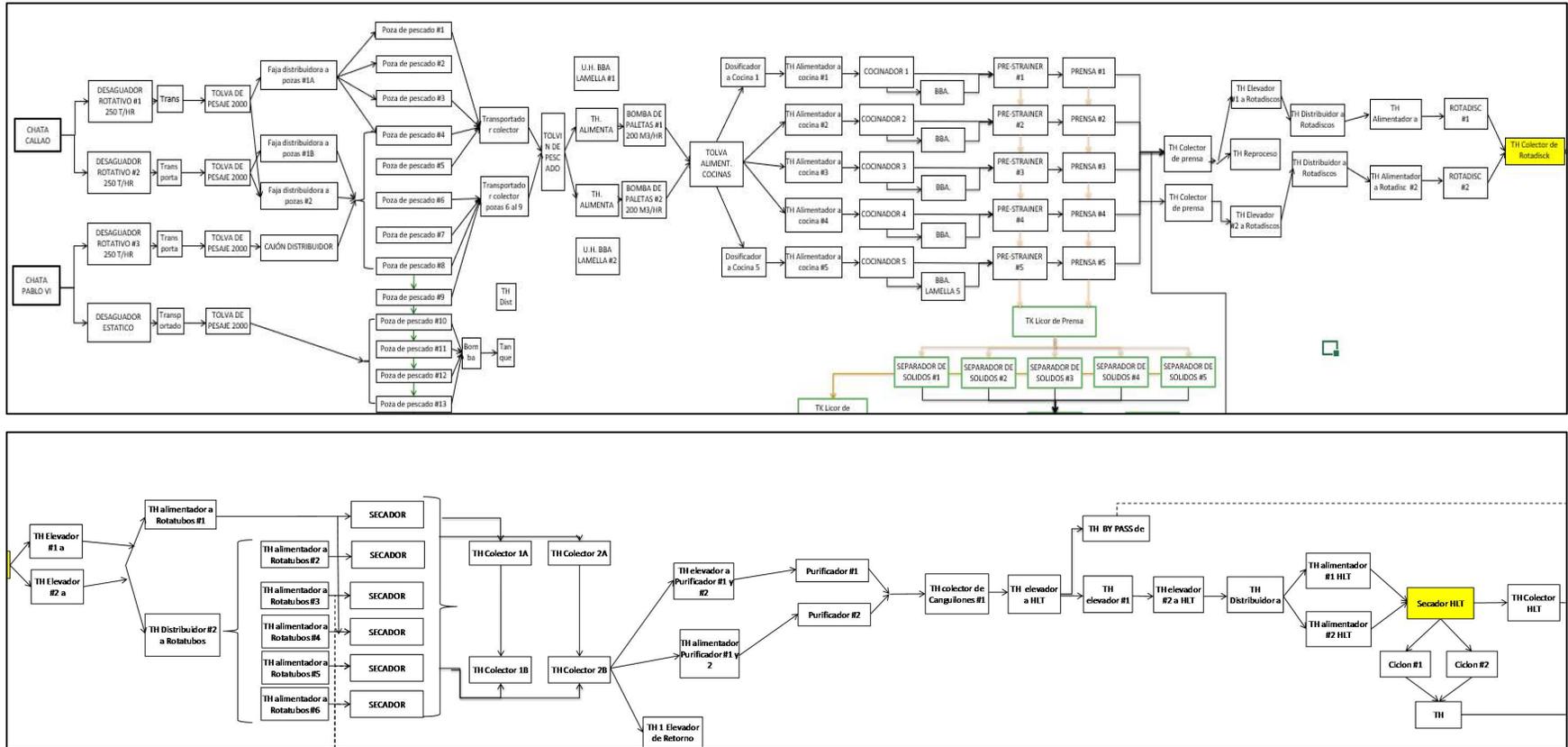
Fuente: Elaborado por departamento de producción de planta pesquera.

ANEXO 4. Layout de planta de harina y aceite de pescado.



Fuente: Elaborado por departamento de proyectos de planta Pesquera.

ANEXO 5. Diagrama de Bloques del proceso de producción.



Fuente: Elaborado por departamento de producción de planta pesquera.

ANEXO 6. Árbol de equipos Zonas Chata, Cocido y Prensado de Planta Pesquera

Repr.estructura ubicación técnica: Lista de estructura		
Ubicación técnica		FP11
Denominación		07.Callao
Válido de		31.08.2021
TC0101	Recepcion y Pesaje de Materia Prima	
TC0101-01	Descarga de Materia Prima	
TC0101-0101	Chata CALLAO	
TC0101-0113	Chata PABLO VI	
TC0101-02	Recepcion y Pesaje	
TC0101-0226	Desaguadores	
TC0101-0225	Transportadores de Mallas	
TC0101-0227	Tolvas	
TC0101-0230	Fajas Distribuidoras a Pozas	
TC0101-0228	Pozas de Pescado	
TC0101-0229	Transportador Colector	
TC0101-0233	Sistema de Bombeo (Línea #4)	
TC0101-0223	Sistema de Bombeo TRANSVAC (Línea #4) NOAC	
TC0101-03	Recuper. y Tratamiento Agua de Bombeo	
TC0102	Cocido y Prensado	
TC0102-01	Elevadores a Tolvin de Pescado	
TC0102-02	Alimentadores	
TC0102-03	Cocinado	
TC0102-05	Drenadores	
TC0102-06	Prensado	
TC0102-07	Tolvin de Reproceso	

Fuente: Tomado del módulo de mantenimiento de Software SAP del departamento de mantenimiento empresa pesquera.

ANEXO 7. Árbol de equipos Zonas Secado, Enfriado y Molienda de Planta Pesquera.

TC0103	Secado	
TC0103-02	Secadores	
TC0103-0201	Secadores Rotadiscos	
TC0103-0202	Secadores Rotatubos	
TC0103-0203	Secador de Aire Caliente	
TC0103-0205	Molino Húmedo	
TC0104	Enfriado	
TC0104-01	Transp. de Cadenas y Cangilon #2, #3	
TC0104-05	Transp. Elevador a Enfriadores	
TC0104-0104	Transp. Distribuidor a Enfriadores	
TC0104-06	Transp. Alimentador a Enfriadores	
TC0104-02	Enfriador	
TC0104-0301	Transp. Colector de Enfriadores	
TC0104-03	Tamizador de Harina	
TC0105	Molienda	
TC0105-01	Transp. Elevador a Molinos Secos	
TC0105-0103	Transp. Distribuidor a Molinos Secos	
TC0105-05	Transp. Alimentadores a Molinos Secos	
TC0105-02	Molinos Secos	
TC0105-03	Recoleccion de Molinos	
TC0105-06	Reproceso de Harina	
TC0105-07	Tableros de Fuerza y Control	

Fuente: Tomado del módulo de mantenimiento de Software SAP del departamento de mantenimiento empresa pesquera.

ANEXO 8. Árbol de equipos Zonas Ensaque, Aceite y Evaporadora de Planta Pesquera

Ubicación técnica	FP11	Válido de	31.08.2021	
Denominación	07.Callao			
TC0106	Ensaque			
TC0105-0306	Transp. Elevador a Sist. Antioxidante			
TC0106-06	Sistema de Antioxidante			
TC0106-0104	Transp. Colector de Mezcladores A/O			
TC0106-03	Balanza de Pesaje y Ensacado			
TC0107	Planta de Aceite			
TC0107-01	Colector Licor de Prensa y Calentamiento			
TC0107-02	Separadores de Sólidos			
TC0107-04	Centrifugas			
TC0107-08	Pulidora de Aceite			
TC0108	Planta Evaporadora			
300042147	TUB. AGUA DE MAR #1, 20"Øx400.26mL/HDPE			
2001861	TUB. AGUA DE MAR #2, 20"Øx400.26mL/HDPE			
2001860	TUB. AGUA DE MAR #1, 30"Øx300 mL/HDPE			
2001862	TUB. AGUA DE MAR #2, 16"Øx731.73 mL/HDPE			
2001791	TUB. DESCARGA AGUA MAR 24"Øx420 mL/HDPE			
TC0108-01	Unidad Evaporadora #1			*ATI
TC0108-05	Unidad Evaporadora #2			*FIN
TC0108-08	Exhaustores de Vahos			
TC0108-07	Torre Lavador de Gases			
TC0108-02	Tanques Auxiliares			
TC0108-06	Sistema Inyeccion de Enzimas			

Fuente: Tomado del módulo de mantenimiento de Software SAP del departamento de mantenimiento empresa pesquera.

ANEXO 9. Árbol de equipos Zonas Calderos, Fuerza, Aire y Tanques Almacenamiento de Planta Pesquera

Ubicación técnica	FP11	Válido de	31.08.2021
Denominación	07.Callao		
TC07	Servicios Auxiliares		
TC0701	Planta de Vapor		
TC0701-01	Calderos		
TC0701-02	Sistema de Ablandamiento		
TC0701-03	Desaereador		
TC0701-04	Lineas de Vapor		
TC0701-05	Lineas de Condensado		
TC0701-07	Vapor Flash y Almacen. de Condensados		
TC0702	Planta de Fuerza		
TC0702-01	Sub-Estacion 1200 KVA		
TC0702-02	Sub-Estacion 3000 KVA		
TC0702-03	Tableros Autosoportados		
TC0702-04	Grupos Electrogenos		
TC0702-05	Casetas Electricas		
TC0702-06	Sistema Centralizado de Control		
TC0702-0104	Sistema de Pozos Puesta a Tierra		
TC0703	Suministro de Aire		
TC0703-01	Compresores		
TC0704	Tanques de Almacenamiento		
TC0704-01	Almacenamiento Combustible		
TC0704-02	Almacenamiento Agua		
TC0704-03	Almacenamiento Aceite de Pescado		

Fuente: Tomado del módulo de mantenimiento de Software SAP del departamento de mantenimiento empresa pesquera.

ANEXO 10. Funciones del Secador de Aire caliente y funciones.

EQUIPO	SISTEMAS	SUBSISTEMAS	COMPONENTES PRINCIPALES	FUNCIONES		
Secador de Aire Caliente	Sistema de combustión	Cono de Quemador	Difusor primario Difusor secundario o axial Difusor terciario	Realizar la combustión para la emisión de gases calientes		
	Sistema Eléctrico	Motor Eléctrico	Rodamientos Bobinado Eje Carbones Estator Sello rodamientos	Transmitir la energía eléctrica para ser convertida en energía mecánica.		
	Sistema de Transmisión	Transmisión	Cadena de transmisión Faja de transmisión Acople Hidraulico Caja reductora de velocidad Contraejes	Recibir la energía eléctrica y transformarla a energía mecánica para transmitir el movimiento		
	Sistema de Soporte	Rodaduras Radiales de Tambor	Placas triangulares de conjunto Ejes de polines radiales Rodamientos radiales	Soporte para la carga axial y radial que se genera al momento del giro del tambor Secador de Aire Caliente		
			Rodaduras Axiales de Tambor		Polines de carga axial Eje de polines de carga axial Roamientos axiales	
		Sistema de Ventilación	Ventilador de Combustión		Eje de rotor centrifugo Voluta de ventilador Chumaceras de pie de rotor Poleas de transmisión Fajas de transmisión	Ventiladores encargados de transportar el aire para la combustión, transportar los gases calientes para el intercambiador de calor, recircular los gases y aire
					Ventilador de Gases de Combustión	
	Ventilador de Aire de Secado			Eje de rotor centrifugo Voluta de ventilador Chumaceras de pie de rotor Poleas de transmisión Fajas de transmisión		

Fuente Propia: Elaborado por dpto. de mantenimiento Empresa Pesquera.

ANEXO 11. Funciones del transportador colector de secadores rotadiscos y funciones.

EQUIPO	SISTEMAS	SUBSISTEMAS	COMPONENTES PRINCIPALES	FUNCIONES
Transportador Helicoidal Colector de Secador Rotadiscos	Sistema Eléctrico	Motor Eléctrico	Rodamientos	Transmitir la energía eléctrica para ser convertida en energía mecánica.
			Bobinado	
			Eje	
			Carbones	
			Estaror	
	Sello rodamientos			
	Sistema de Transmisión	Transmisión	Cadena de transmisión	Recibir la energía eléctrica y transformarla a energía mecánica para transmitir el movimiento
			Piñon Conducido	
			Piñon Conductor	
			Caja reductora de velocidad	
	Sistema de Transporte	Tornillo Helicoidal	Alabes de tornillo helicoidal	Tornillo tipo sinfin encargado de transportar la harina de un punto a otro. Consta de descansos cada 3 o 3.5 metros
			Eje de soporte lado transmision	
			Eje de soporte lado Cola	
			Ejes de soportes intermedios	
			Bronces de soportes intermedios	
			Chumacera lado transmision	
			Chumacera lado cola	
Tubo de tronillo helicoidal				
Canoa de Tornillo Helicoidal		Cuerpo de canoa	La canoa es donde descansa la harina, ademas sirve para hermetizar el transportador	
		Soporte extremo lado transmision		
		Soporte extremo lado cola		
		Chute lado carga		
		Chute lado descarga		
		Tapa de canoa		
		Apoyos de base		

Fuente: Elaboración propia para el desarrollo de Tesis.

ANEXO 13. AMEF Secador de Aire Caliente Sistema Quemador, Motor y transmisión.

EQUIPO:		Secador de Aire Caliente					
SISTEMA:		Sistema de combustión					
SUBSISTEMA:		Quemador					
Nº	FUNCION	FALLA FUNC		MODO DE FALLA	EVIDENTE	EFEECTO DE FALLA	
Quemador	1	A	Llama de quemador no enciende	1	Fallo en controlador ETAMATIC	SI	Controlador presenta código de error en secuencia de encendido de llama de quemador Tiempo para reparar: 2 Horas, con un electrónico y un electricista
				2	Desgaste de electrodo de encendido	NO	Electrodo con desgaste no genera la chispa para el encendido de la llama o piloto Tiempo para reparar: 1 Hora, con un electricista.
		B	Llama de quemador se distorciona y no se desarrolla	1	Difusor terciario dañado	NO	Difusor terciario se encuentra deformado y la llama no logra encender o se enciende pero se distorciona Tiempo para reparar: 4 Horas, con un mecánico y un electricista
				2	Difusor axial dañado	NO	Difusor axial tipo persiana dañado, no permite flujo correcto de llama. Tiempo para reparar: 4 Horas, con un mecánico y un electricista
				3	Fallo en damper de aire de recirculación de gases de combustión	SI	Llama de quemador no se desarrolla de manera correcta y no se distancia de difusor axial. Tiempo para reparar: 2 Horas, con un mecánico y un electricista

SISTEMA:		Sistema Eléctrico					
SUBSISTEMA:		Motor Eléctrico					
Nº	FUNCION	FALLA FUNC		MODO DE FALLA	EVIDENTE	EFEECTO DE FALLA	
Motor Eléctrico 150 HP	2	C	Motor es incapaz de generar movimiento	1	Cortocircuito de motor eléctrico	NO	Motor es incapaz de generar movimiento debido a cortocircuito y pérdida de fases Tiempo para reparar: 3 Horas, con dos Electricistas
				2	Atascamiento de eje rotor por corrosión	NO	Motor no logra romper la inercia por atascamiento de eje por corrosión Tiempo para reparar: 1 Hora, con un mecánico y un Electricista
		D	Motor con elevado amperaje	1	Sonido extraño en rodamientos	NO	Motor con elevado amperaje debido a daño en los rodamientos del eje del rotor Tiempo para reparar: 3 Horas, con dos Electricistas
				2	Alta temperatura en rodamientos de motor eléctrico	NO	Motor con elevado amperaje por falta de lubricación en rodamientos Tiempo para reparar: 1 Hora, con un mecánico y un Electricista
				3	Vibración en motor Eléctrico	SI	Motor con elevado amperaje debido a daño en los rodamientos del eje del rotor Tiempo para reparar: 3 Horas, con dos Electricistas

SISTEMA:		Sistema de transmisión					
SUBSISTEMA:		Transmisión					
Nº	FUNCION	FALLA FUNC		MODO DE FALLA	EVIDENTE	EFEECTO DE FALLA	
Transmisión	3	E	Ser incapaz de transmitir movimiento al tambor del secador de aire caliente	1	Rotura de cadena de transmisión	SI	Rotura de cadena de transmisión lo cual impide la transmisión de movimiento de el motor eléctrico hacia el tambor. Tiempo para reparar: 3 Horas, tres mecánicos y un eléctrico
				2	Fundición de fusible de acople hidráulico	SI	Fundición de fusible por sobrecarga de acople hidráulico, esto impide la transmisión de movimiento hacia el tambor Tiempo para reparar: 1 Hora, con un mecánico y un eléctrico
				3	Rotura de fajas de transmisión	SI	Rotura de fajas impide realizar la transmisión de movimiento del motor eléctrico hacia el tambor. Tiempo para reparar: 1 Hora, con un mecánico y un eléctrico
				4	Rotura de engranes de caja reductora de velocidad	NO	Caja reductora de velocidad deja de transmitir movimiento al tambor por rotura de dientes internos Tiempo para reparar: 4 Horas, con dos mecánicos y un eléctrico

Fuente: Elaboración propia para el desarrollo de Tesis.

ANEXO 14. AMEF Secador de Aire Caliente Sistema rodaduras y ventilación

SISTEMA:		Sistema de soporte					
SUBSISTEMA:		Rodadura de Tambor					
Nº	FUNCION	FALLA FUNC		MODO DE FALLA	EVIDENTE	EFECTO DE FALLA	
Rodadura Radiales	4	F	No permite la rodadura libre de el tambor del secador de aire caliente	1	Rotura de rodamiento de polin axial	NO	Rotura de rodamiento de polin radial no permite el rodamiento del polin de carga radial Tiempo para reparar: 3 Horas, tres mecánicos y un eléctrico
				2	Rotura de eje de polin radial	NO	Rotura de eje de polin radial no permite el movimiento libre del polin de carga radial Tiempo para reparar: 3 Horas, tres mecánicos y un eléctrico
Rodaduras Axiales	5	G	No contiene correctamente la carga axial del tambor del secador de aire caliente	1	Rotura de rodamiento de polin axial	NO	Rotura de rodamiento de polin axial impide el movimiento del tambor del secador por atascamiento Tiempo para reparar: 2 Horas, tres mecánicos y un eléctrico
				2	Rotura de eje de polin axial	NO	Rotura de eje de polin axial no permite el movimiento libre del polin de carga axial Tiempo para reparar: 2 Horas, tres mecánicos y un eléctrico

SISTEMA:		Sistema de ventilación					
SUBSISTEMA:		Ventiladores Centrifugos					
Nº	FUNCION	FALLA FUNC		MODO DE FALLA	EVIDENTE	EFECTO DE FALLA	
Ventilador de combustion	6	H	Ventilador no entrega flujo de aire para combustion en quemador	1	Rotura de fajas de transmision	SI	Rotura de faja no permite transferir movimiento del motor electrico hacia el rotor del ventilador Tiempo para reparar: 1 Horas, dos mecánicos y un eléctrico
				2	Rotura de eje de rotor de ventilador centrifugo	SI	Rotura de eje no permite transmitir moveminto al rotor Tiempo para reparar: 3 Horas, tres mecánicos y un eléctrico
				3	Rotura de rodamiento de chumacera de eje de rotor	SI	Rotura de rodamiento de chumacera de pie no permite la rotacion de ventilador Tiempo para reparar: 2 Horas, dos mecánicos y un eléctrico
Ventilador de gases de combus	7	I	Ventilador no recircula gases de combustion	1	Rotura de fajas de transmision	SI	Rotura de faja no permite transferir movimiento del motor electrico hacia el rotor del ventilador Tiempo para reparar: 1 Horas, dos mecánicos y un eléctrico
				2	Rotura de eje de rotor de ventilador centrifugo	SI	Rotura de eje no permite transmitir moveminto al rotor Tiempo para reparar: 3 Horas, tres mecánicos y un eléctrico
				3	Rotura de rodamiento de chumacera de eje de rotor	SI	Rotura de rodamiento de chumacera de pie no permite la rotacion de ventilador Tiempo para reparar: 2 Horas, dos mecánicos y un eléctrico
Ventilador de aire de secado	8	J	Ventilador no entrega flujo de aire para combustion en quemador	1	Rotura de fajas de transmision	SI	Rotura de faja no permite transferir movimiento del motor electrico hacia el rotor del ventilador Tiempo para reparar: 1 Horas, dos mecánicos y un eléctrico
				2	Rotura de eje de rotor de ventilador centrifugo	SI	Rotura de eje no permite transmitir moveminto al rotor Tiempo para reparar: 3 Horas, tres mecánicos y un eléctrico
				3	Rotura de rodamiento de chumacera de eje de rotor	SI	Rotura de rodamiento de chumacera de pie no permite la rotacion de ventilador Tiempo para reparar: 2 Horas, dos mecánicos y un eléctrico

Fuente: Elaboración propia para el desarrollo de Tesis.

ANEXO 15. AMEF Transportador Colector Secadores Rotadiscos.

EQUIPO:		Transportador Helicoidal Colector de Secador Rotadiscos					
SISTEMA:		Sistema Eléctrico					
SUBSISTEMA:		Motorreductor 30 HP					
Nº	FUNCION	FALLA FUNC	MODO DE FALLA	EVIDENTE	EFECTO DE FALLA		
Motorreductor 30 HP	1	A	Motor es incapaz de generar movimiento	1	Cortocircuito de motor eléctrico	NO	Motor es incapaz de generar movimiento debido a cortocircuito y pérdida de fases Tiempo para reparar: 2 Horas, con dos Electricistas
				2	Atascamiento de eje rotor por corrosión	NO	Motor no logra romper la inercia por atascamiento de eje por corrosión Tiempo para reparar: 1 Hora, con un mecánico y un Electricista
		B	Motor con elevado amperaje	1	Sonido extraño en rodamientos	NO	Motor con elevado amperaje debido a daño en los rodamientos del eje del rotor Tiempo para reparar: 2 Horas, con dos Electricistas
				2	Alta temperatura en rodamientos de motor eléctrico	NO	Motor con elevado amperaje por falta de lubricación en rodamientos Tiempo para reparar: 1 Hora, con un mecánico y un Electricista
				3	Vibración en motor Eléctrico	SI	Motor con elevado amperaje debido a daño en los rodamientos del eje del rotor Tiempo para reparar: 2 Horas, con dos Electricistas

SISTEMA:		Sistema de Transmisión					
SUBSISTEMA:		Transmisión					
Nº	FUNCION	FALLA FUNC	MODO DE FALLA	EVIDENTE	EFECTO DE FALLA		
Transmisión	2	C	No transfiere potencia al tornillo helicoidal	1	Rotura de cadena de transmisión	SI	Rotura de cadena no permite transferencia de movimiento a transportador helicoidal Tiempo para reparar: 1 Horas, con un mecánico y un Electricista
				2	Barrido de prisionero de piñon conducido	SI	Rotura o barrido de prisionero de piñon conducido no permite transferencia de movimiento Tiempo para reparar: 2 Horas, con dos mecánicos
				3	Barrido de prisionero de piñon conductor	SI	Rotura o barrido de prisionero de piñon conductor no permite transferencia de movimiento Tiempo para reparar: 2 Horas, con dos mecánicos
		D	Transfiere potencia con alta vibración	1	Desalineamiento de piñones de transmisión	NO	Desalineamiento de piñones de tornillo genera vibración Tiempo para reparar: 2 Horas, con dos mecánicos
				2	Estiramiento de cadena de transmisión	NO	Estiramiento de cadena produce sobresaltos en la transmisión y vibración Tiempo para reparar: 1 Horas, con dos mecánicos

SISTEMA:		Sistema de Transporte					
SUBSISTEMA:		Transportador Helicoidal					
Nº	FUNCION	FALLA FUNC	MODO DE FALLA	EVIDENTE	EFECTO DE FALLA		
Transportador Helicoidal	3	E	Transportador incapaz de movilizar carga	1	Rotura de eje de tornillo helicoidal	SI	Tornillo pierde movimiento en una sección por lo cual no logra transportar la carga Tiempo para reparar: 3 Horas, con dos mecánicos y un electricista
				2	Rotura de tubo de tornillo helicoidal	SI	Tornillo pierde movimiento en una sección por lo cual no logra transportar la carga Tiempo para reparar: 2 Horas, con dos mecánicos y un electricista
				3	Rotura de perno de eje y tubo de tornillo helicoidal	SI	Tornillo pierde movimiento en una sección por lo cual no logra transportar la carga Tiempo para reparar: 1 Horas, con dos mecánicos y un electricista
				4	Rotura de chumacera de pared de lado transmisión	SI	Chumacera de pared lado transmisión con rodamiento roto no permite giro de tornillo helicoidal Tiempo para reparar: 3 Horas, con dos mecánicos y un electricista
		F	Transportador de helicoidal moviliza carga de forma ineficiente	1	Rotura de alabes de helicoidal	SI	Tornillo pierde secciones de alabes de tornillo helicoidal por lo que no logra transportar la carga de manera eficiente Tiempo para reparar: 2 Horas, con dos mecánicos y un electricista
				2	Rotura de chumacera de pared de lado cola	SI	Rotura de chumacera de pared lado cola no permite operar el equipo a toda carga Tiempo para reparar: 2 Horas, con dos mecánicos y un electricista

Fuente: Elaboración propia para el desarrollo de Tesis.

ANEXO 16. Cálculo del NPR y Jerarquización del Secador Aire Caliente.

Código de Modo de Falla	Calificación						AMEF				JERARQUIZACIÓN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR	
1-A-1	0.1	0	0	0	0.1	0.2	0.34	2	2	1.36	22
1-A-2	0.2	0	0	0	0.1	0.1	0.39	3	3	3.51	9
1-B-1	0.2	0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.69	3	3	6.21	3
1-B-2	0.2	0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.69	3	3	6.21	4
1-B-3	0.2	0	0.1	0	0.1	0.1	0.43	2	2	1.72	21
Código de Modo de Falla	Calificación						AMEF				JERARQUIZACIÓN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR	
2-C-1	0.2	0	0	0	0.1	0.1	0.31	3	2	1.86	19
2-C-2	0.2	0	0	0	0.1	0.1	0.42	2	2	1.68	20
2-D-1	0.2	0	0	0	0.1	0.1	0.34	3	2	2.04	18
2-D-2	0.2	0	0	0	0.1	0.1	0.34	2	2	1.36	23
2-D-3	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.29	3	3	2.61	13
Código de Modo de Falla	Calificación						AMEF				JERARQUIZACIÓN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR	
3-E-1	0.2	0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.69	3	3	6.21	5
3-E-2	0.1	0	0	0	0	0.1	0.21	2	3	1.26	27
3-E-3	0.2	0	0.1	0	0	0.1	0.4	3	2	2.4	14
3-E-4	0.2	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.6	2	4	4.8	8
Código de Modo de Falla	Calificación						AMEF				JERARQUIZACIÓN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR	
4-F-1	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.57	3	3	5.13	6
4-F-2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.72	3	3	6.48	1
5-G-1	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.57	3	3	5.13	7
5-G-2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.72	3	3	6.48	2
Código de Modo de Falla	Calificación						AMEF				JERARQUIZACIÓN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR	
6-H-1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.38	3	2	2.28	15
6-H-2	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.57	2	3	3.42	10
6-H-3	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0.33	2	2	1.32	24
7-I-1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.38	3	2	2.28	16
7-I-2	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.57	2	3	3.42	11
7-I-3	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0.33	2	2	1.32	25
8-J-1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.38	3	2	2.28	17
8-J-2	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.57	2	3	3.42	12
8-J-3	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0.33	2	2	1.32	26

Fuente: Elaboración propia para el desarrollo de Tesis.

ANEXO 17. Cálculo del NPR Y Jerarquización de Transportador Colector de rotadiscos.

Código de Modo de Falla	Calificación						AMEF				JERARQUIZACIÓN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR	
1-A-1	0.1	0	0	0	0	0.1	0.23	3	3	2.07	11
1-A-2	0.2	0	0	0	0.1	0.1	0.41	2	3	2.46	6
1-B-1	0.2	0	0	0	0	0.1	0.25	3	2	1.5	13
1-B-2	0.2	0	0	0	0	0.1	0.25	2	2	1	15
1-B-3	0.1	0	0	0	0	0.1	0.21	3	2	1.26	14
Código de Modo de Falla	Calificación						AMEF				JERARQUIZACIÓN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR	
2-C-1	0.2	0	0.1	0	0	0.1	0.4	3	2	2.4	7
2-C-2	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.44	2	2	1.76	12
2-C-3	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0.25	2	2	1	16
2-D-1	0.2	0	0.1	0	0.1	0.1	0.46	2	3	2.76	4
2-D-2	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0.28	3	3	2.52	5
Código de Modo de Falla	Calificación						AMEF				JERARQUIZACIÓN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR	
3-E-1	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.59	4	3	7.08	2
3-E-2	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.62	4	3	7.44	1
3-E-3	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.54	4	3	6.48	3
3-E-4	0.2	0	0.1	0	0	0.1	0.38	3	2	2.28	8
3-F-1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.57	2	2	2.28	9
3-F-2	0.2	0	0.1	0	0	0.1	0.38	3	2	2.28	10

Fuente: Elaboración propia para el desarrollo de Tesis.

ANEXO 18. Determinación medidas preventivas para Secador de Aire Caliente.

Código de Modo de Falla	Tipo de tarea a Realizar			Frecuencia	Alcance de tarea a realizar	Recursos a utilizar	
	Correctiva	Preventiva	Predictiva			Personal Propio	Personal Tercero
1-A-1		X		6 MESES	Inspección periódica de controlador con multímetro Material se debe considerar estratégico	X	
1-A-2	X			1 AÑO	Cambio de electrodo de ignición	X	
1-B-1		X		6 MESES	Inspección visual de difusor terciario En producción la inspección deberá ser diaria.	X	
1-B-2		X		6 MESES	Inspección visual de difusor Axial. Material se debe considerar estratégico (EST)	X	
1-B-3		X		6 MESES	Lubricación de articulaciones de damper	X	
Código de Modo de Falla	AMEF			Frecuencia	Alcance de tarea a realizar	Recursos a utilizar	
	Correctiva	Preventiva	Predictiva			Personal Propio	Personal Tercero
2-C-1		X		6 MESES	Inspección con megometro	X	
2-C-2		X		6 MESES	Lubricación de articulaciones de damper	X	
2-D-1			X	1 AÑO	Análisis vibracional		X
2-D-2		X		2 AÑOS	Lubricación de rodamientos de motor eléctrico	X	
2-D-3			X	1 AÑO	Análisis vibracional		X
Código de Modo de Falla	AMEF			Frecuencia	Alcance de tarea a realizar	Recursos a utilizar	
	Correctiva	Preventiva	Predictiva			Personal Propio	Personal Tercero
3-E-1		X		8 AÑOS	Cambio de cadena de transmisión	X	
3-E-2		X		2 AÑOS	Mantenimiento de acople hidráulico	X	
3-E-3	X			6 MESES	Cambio de faja de transmisión	X	
3-E-4			X	1 AÑO	Análisis vibracional		X
Código de Modo de Falla	AMEF			Frecuencia	Alcance de tarea a realizar	Recursos a utilizar	
	Correctiva	Preventiva	Predictiva			Personal Propio	Personal Tercero
4-F-1			X	1 AÑO	Análisis de ultrasonido		X
4-F-2		X		6 MESES	Realizar inspección		X
5-G-1			X	1 AÑO	Análisis de ultrasonido		X
5-G-2		X		6 MESES	Realizar inspección		X
Código de Modo de Falla	AMEF			Frecuencia	Alcance de tarea a realizar	Recursos a utilizar	
	Correctiva	Preventiva	Predictiva			Personal Propio	Personal Tercero
6-H-1		X		6 MESES	Inspeccionar faja de transmisión	X	
6-H-2	X			6 MESES	Inspeccionar /Cambiar ejes de ventilador centrífugo		X
6-H-3			X	1 AÑO	Análisis ultrasonido		X
7-I-1		X		6 MESES	Inspeccionar faja de transmisión	X	
7-I-2	X			6 MESES	Inspeccionar /Cambiar ejes de ventilador centrífugo		X
7-I-3			X	1 AÑO	Análisis ultrasonido		X
8-J-1		X		6 MESES	Inspeccionar faja de transmisión	X	
8-J-2	X			6 MESES	Inspeccionar /Cambiar ejes de ventilador centrífugo		X
8-J-3			X	1 AÑO	Análisis ultrasonido		X

Fuente: Elaboración propia para el desarrollo de Tesis.

ANEXO 19. Determinación de medidas preventivas para Transportador Colector de rotadiscos.

Código de Modo de Falla	Tipo de tarea a Realizar			Frecuencia	Alcance de tarea a realizar	Recursos a utilizar	
	Correctiva	Preventiva	Predictiva			Personal Propio	Personal Tercero
1-A-1		X		6 MESES	Realizar Megado de motor para verificar estado de aislamiento	X	
1-A-2	X			A CONDICION	Al momento de reemplazar eje, se deberá solicitar certificado de Calidad de material, así evitar corrosión prematura		X
1-B-1		X		2 AÑOS	Cambio de rodamientos de motor	X	
1-B-2		X		2 AÑOS	Realizar lubricación de rodamientos al momento del cambio de rodamientos	X	
1-B-3			X	2 AÑOS	Realizar análisis Vibracional		X
Código de Modo de Falla	AMEF			Frecuencia	Alcance de tarea a realizar	Recursos a utilizar	
	Correctiva	Preventiva	Predictiva			Personal Propio	Personal Tercero
2-C-1		X		1 AÑO	Cambio de cadena de transmisión	X	
2-C-2	X			A CONDICION	Realizar cambio de prisionero	X	
2-C-3	X			A CONDICION	Realizar cambio de prisionero	X	
2-D-1		X		6 MESES	Verificar/realizar alineamiento de piñones motriz y conducido	X	
2-D-2		X		6 MESES	Verificar estiramiento de cadena	X	
Código de Modo de Falla	AMEF			Frecuencia	Alcance de tarea a realizar	Recursos a utilizar	
	Correctiva	Preventiva	Predictiva			Personal Propio	Personal Tercero
3-E-1		X		1 AÑO	Verificar estado de ejes intermedios, de cola y transmisión	X	
3-E-2	X			A CONDICION	Cambio de tramo de tubo sin costura SCH80		X
3-E-3	X			A CONDICION	Cambio de tramo de tubo sin costura SCH80 y pernos de sujeción		X
3-E-4		X		1 AÑO	Cambio de Chumacera de pared	X	
3-F-1		X		6 MESES	Verificar estado, doblez de álabes/helicoides	X	
3-F-2		X		1 AÑO	Cambio de Chumacera de pared	X	

Fuente: Elaboración propia para el desarrollo de Tesis.

ANEXO 20. Cálculos de la distribución de Weibull de las temporadas de producción entre los años 2018 al 2021 para el secador de aire caliente.

- Datos de fallas de equipo – Secador de Aire Caliente 2018 – 2021

EQUIPO	DESCRIPCION DE AVERIA	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA
Secador de Aire Caliente	Rotura de fajas de transmisión de tambor SAC	09/04/2018	16:40:00	09/04/2018	17:40:00
Secador de Aire Caliente	Vibración en caja reductora de velocidad de SAC	14/04/2018	09:30:00	14/04/2018	12:30:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de faja en ventilador de gases calientes en SAC	01/05/2018	12:15:00	01/05/2018	13:45:00
Secador de Aire Caliente	Falla en rodamiento de polín radial de tambor SAC	19/05/2018	10:00:00	19/05/2018	17:00:00
Secador de Aire Caliente	Descalibración de quemador de SAC	19/12/2018	09:30:00	19/12/2018	23:00:00
Secador de Aire Caliente	Mala combustión, se descalibra quemador de SAC	19/05/2019	00:00:00	20/05/2019	23:00:00
Secador de Aire Caliente	Baja presión de gas en línea de quemador SAC	29/05/2019	02:45:00	29/05/2019	04:45:00
Secador de Aire Caliente	Se apaga llama, difusor terciario de quemador en mal estado	04/06/2019	16:15:00	05/06/2019	00:15:00
Secador de Aire Caliente	Baja presión de gas en línea de quemador SAC	06/06/2019	01:15:00	06/06/2019	02:15:00
Secador de Aire Caliente	Falla de comunicación entre PLC y CPU	20/06/2019	03:00:00	20/06/2019	04:30:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de flexible de ducto de gases calientes de SAC	27/11/2019	08:00:00	27/11/2019	14:30:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de fajas de transmisión de tambor SAC	01/12/2019	15:40:00	01/12/2019	18:40:00
Secador de Aire Caliente	Rompe fajas de transmisión de tambor SAC	17/12/2019	05:15:00	17/12/2019	08:15:00
Secador de Aire Caliente	Falla en rodamiento de polín radial lado carga SAC	31/12/2019	10:00:00	31/12/2019	09:00:00
Secador de Aire Caliente	Desalineamiento de polín axial de tambor SAC	18/06/2020	16:45:00	18/06/2020	18:45:00
Secador de Aire Caliente	Fajas de transmisión tambor SAC destempladas	09/07/2020	11:45:00	09/07/2020	13:45:00
Secador de Aire Caliente	Sonido extraño en pista de rodadura tambor SAC	13/07/2020	05:00:00	13/07/2020	07:00:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de candado de cadena de transmisión tambor SAC	21/07/2020	13:30:00	21/07/2020	18:30:00
Secador de Aire Caliente	Sonido extraño en polín axial	18/11/2020	09:00:00	18/11/2020	13:00:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de fajas de transmisión de tambor SAC	16/12/2020	14:00:00	16/12/2020	16:00:00
Secador de Aire Caliente	Rotura de faja en ventilador aire de combustión	05/06/2021	12:15:00	05/06/2021	14:45:00
Secador de Aire Caliente	Baja presión de gas en línea de quemador SAC	21/06/2021	02:45:00	21/06/2021	04:45:00

Fuente: Tomado del software máximo usado para la gestión de mantenimiento.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 1 del año 2018 del Secador de Aire Caliente.

TEMPORADA	PRODUCCION 1	FECHA INICIO	1/04/2018	FECHA FIN	30/07/2018
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Secador de Aire Caliente	12/04/2018	16:40:00	12/04/2018	17:40:00	1.00
Secador de Aire Caliente	2/05/2018	09:30:00	2/05/2018	12:30:00	3.00
Secador de Aire Caliente	8/05/2018	12:15:00	8/05/2018	13:45:00	1.50
Secador de Aire Caliente	27/05/2018	10:00:00	27/05/2018	17:00:00	7.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 1 del año 2018.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	11	110.00	0.15909
2	20	310.00	0.38636
3	6	370.00	0.61364
4	19	560.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 1 del año 2018.

X	Y	XY	X^2	Y^2
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
4.70	-1.752894273	-8.24	22.0945	3.072638334
5.74	-0.716717249	-4.11	32.9083	0.513683615
5.91	-0.050266149	-0.30	34.9695	0.002526686
6.33	0.608830072	3.85	40.0428	0.370674056
$\sum X$	$\sum Y$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$
22.68	-1.91	-8.80	130.02	3.96

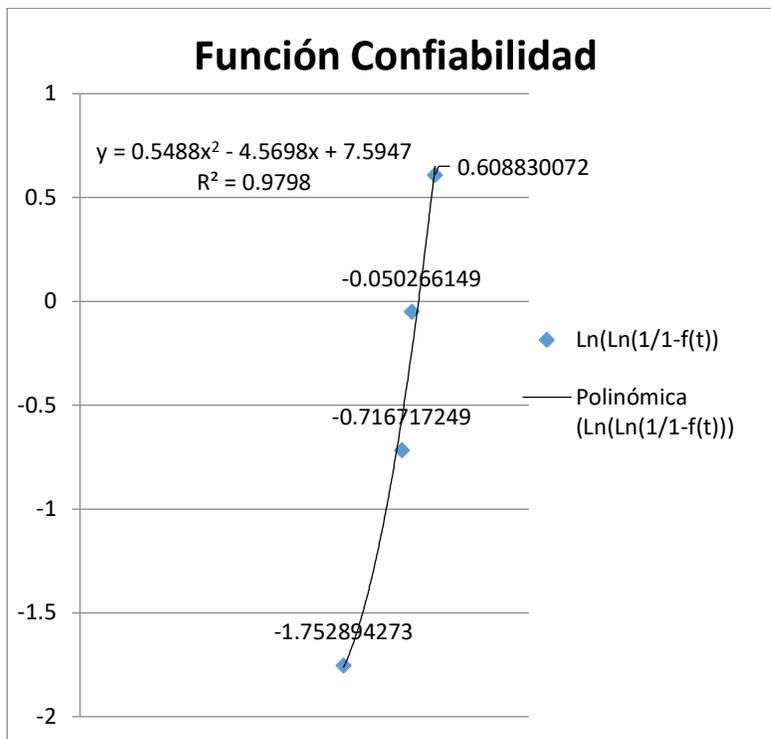
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 1 del año 2018.

PRODUCCION 1 - 2018		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	199.00	1
300	299.00	1
400	131.50	1.833
500	164.83	1.833

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 1 del año 2018 para el secador de aire caliente.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 1 del año 2018 del secador de aire caliente.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	1.42
η	405.93
γ	-213.75

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 1 del año 2018 para el secador de aire caliente.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2018-1 – SECADOR DE AIRE CALIENTE				
HORAS	$(t-Y)/n$	$((t-Y)/n)^\beta$	R(t)	Conf. en %
100	0.77293	0.6937517	0.4997	49.97%
200	1.01928	1.0274821	0.3579	35.79%
300	1.26563	1.3971268	0.2473	24.73%
400	1.51198	1.7983946	0.1656	16.56%
500	1.75833	2.2281587	0.1077	10.77%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 2 del año 2018 del Secador de Aire Caliente.

TEMPORADA	PRODUCCION 2	FECHA INICIO	8/11/2018	FECHA PARADA	31/12/2018
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Secador de Aire Caliente	12/11/2018	09:30:00	19/12/2018	23:00:00	13.50
Secador de Aire Caliente	12/12/2018	17:00:00	27/11/2018	23:00:00	6.00
Secador de Aire Caliente	14/12/2018	03:00:00	1/12/2018	07:00:00	4.00
Secador de Aire Caliente	24/12/2019	12:00:00	10/12/2018	15:00:00	3.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 2 del año 2018.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	4	40.00	0.15909
2	30	340.00	0.38636
3	2	360.00	0.61364
4	375	4110.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 2 del año 2018.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
3.69	-1.752894273	-6.47	13.6078	3.072638334
5.83	-0.716717249	-4.18	33.9766	0.513683615
5.89	-0.050266149	-0.30	34.6462	0.002526686
8.32	0.608830072	5.07	69.2420	0.370674056
ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX ²	ΣY ²
23.73	-1.91	-5.87	151.47	3.96

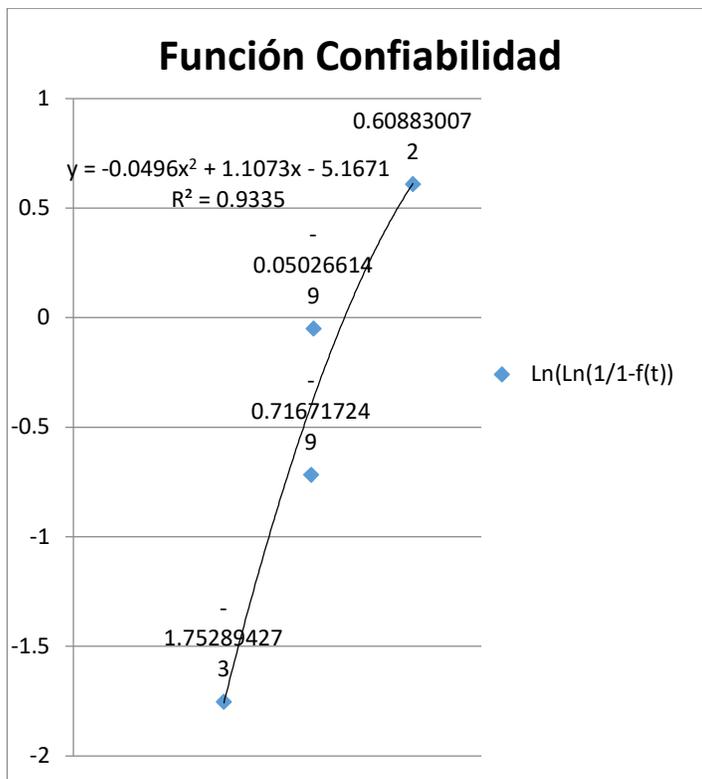
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 2 del año 2018.

PRODUCCION 2 - 2018		
HORAS	MTBF	MTTR
100	86.5	13.5
200	186.50	13.5
300	286.50	13.5
400	125.50	7.83
500	159.00	7.83

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 2 del año 2018 para el secador de aire caliente.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 2 del año 2018 del secador de aire caliente.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	0.51
n	964.79
γ	-286.23

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 2 del año 2018 para el secador de aire caliente.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2018-2 – SECADOR DE AIRE CALIENTE				
HORAS	(t-Y)/ n	((t-Y)/ n) -β	R(t)	Conf. en %
100	0.40033	0.6281459	0.5336	53.36%
200	0.50398	0.7060731	0.4936	49.36%
300	0.60763	0.7764358	0.4600	46.00%
400	0.71127	0.8411000	0.4312	43.12%
500	0.81492	0.9012704	0.4061	40.61%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 1 del año 2019 del Secador de Aire Caliente.

TEMPORADA	PRODUCCION 1	FECHA INICIO	28/04/2019	FECHA FIN	30/07/2019
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Secador de Aire Caliente	25/05/2019	00:00:00	26/05/2019	23:00:00	47.00
Secador de Aire Caliente	31/05/2019	02:45:00	31/05/2019	04:45:00	2.00
Secador de Aire Caliente	3/06/2019	16:15:00	3/06/2019	00:15:00	8.00
Secador de Aire Caliente	17/06/2019	01:15:00	17/06/2019	02:15:00	1.00
Secador de Aire Caliente	14/07/2019	03:00:00	15/07/2019	04:30:00	1.50

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 1 del año 2019.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	27	270.00	0.12963
2	6	330.00	0.31481
3	3	360.00	0.50000
4	14	1760.00	0.68519
5	27	2030.00	0.87037

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 1 del año 2019.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
5.60	-1.974458694	-11.05	31.3423	3.898487136
5.80	-0.972686141	-5.64	33.6295	0.946118329
5.89	-0.366512921	-2.16	34.6462	0.134331721
7.47	0.144767396	1.08	55.8468	0.020957599
7.62	0.714455486	5.44	58.0003	0.510446642
ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX ²	ΣY ²
32.37	-2.45	-12.33	213.47	5.51

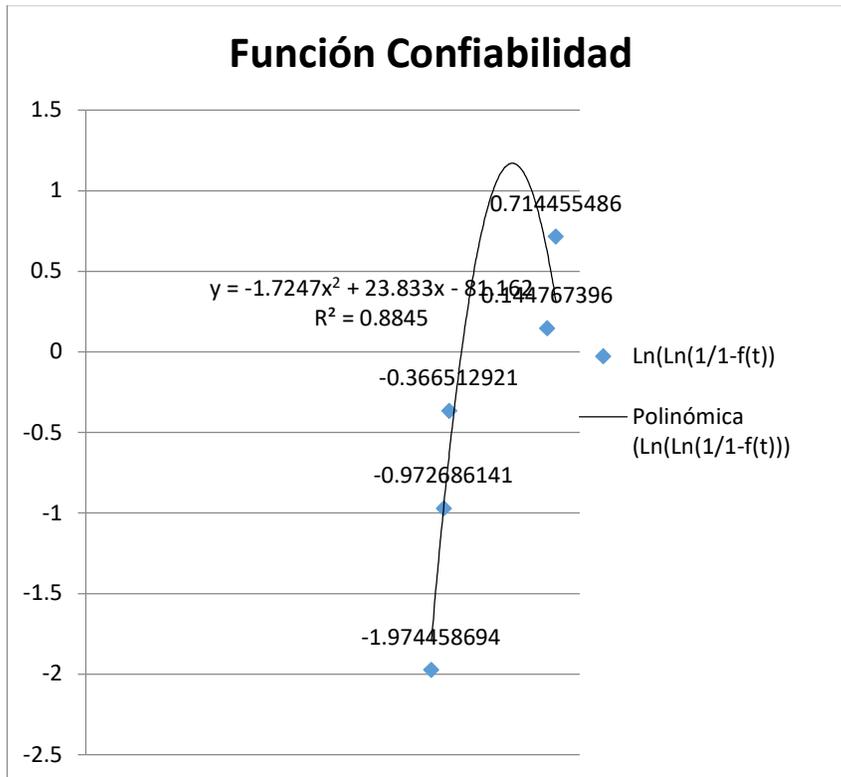
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 1 del año 2019.

PRODUCCION 1 - 2019		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	0.00	0
300	253.00	47
400	114.16	19
500	147.67	19

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 1 del año 2019 para el secador de aire caliente.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 1 del año 2019 del secador de aire caliente.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	0.92
n	1105.13
Υ	-503.31

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 1 del año 2019 para el secador de aire caliente.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2019-1 – SECADOR DE AIRE CALIENTE				
HORAS	$(t-Y) / n$	$((t-Y) / n)^{\beta}$	R(t)	Conf. en %
100	0.54591	0.5727916	0.5639	56.39%
200	0.63640	0.6596518	0.5170	51.70%
300	0.72689	0.7455334	0.4745	47.45%
400	0.81738	0.8305681	0.4358	43.58%
500	0.90786	0.9148571	0.4006	40.06%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 2 del año 2019 del Secador de Aire Caliente.

TEMPORADA	PRODUCCION 2	FCEHA INICIO:	14/10/2019	FECHA FIN	11/02/2020
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Secador de Aire Caliente	4/11/2019	08:00:00	3/11/2019	14:30:00	6.50
Secador de Aire Caliente	2/12/2019	15:40:00	14/11/2019	18:40:00	3.00
Secador de Aire Caliente	5/01/2020	05:15:00	16/11/2019	08:15:00	3.00
Secador de Aire Caliente	10/02/2020	10:00:00	21/11/2019	09:00:00	23.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 2 del año 2019.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	21.00	210	0.16
2	28.00	490	0.39
3	34.00	830	0.61
4	36.00	1190	0.84

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 2 del año 2019.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
5.35	-1.752894273	-9.37	28.5916	3.072638334
6.19	-0.716717249	-4.44	38.3707	0.513683615
6.72	-0.050266149	-0.34	45.1776	0.002526686
7.08	0.608830072	4.31	50.1506	0.370674056
ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX ²	ΣY ²
25.34	-1.91	-9.84	162.29	3.96

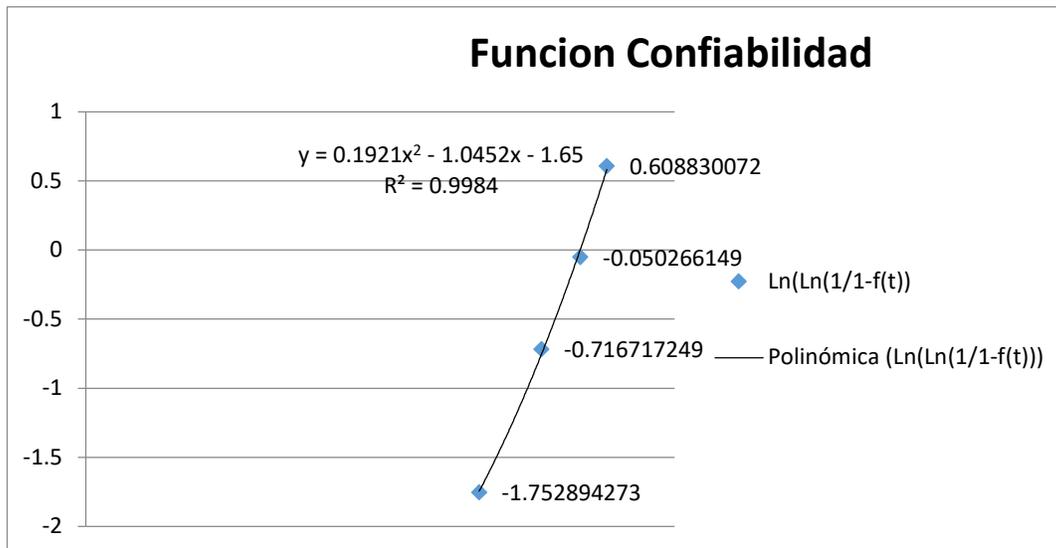
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 2 del año 2019.

PRODUCCION 2 - 2019		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	0.00	0
300	293.50	6.5
400	393.50	6.5
500	245.25	4.75

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 2 del año 2019 para el secador de aire caliente.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 2 del año 2019 del secador de aire caliente.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	1.33
n	807.97
γ	-273.53

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 2 del año 2019 para el secador de aire caliente.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2019-2 – SECADOR DE AIRE CALIENTE				
HORAS	$(t-\gamma)/n$	$((t-\gamma)/n)^\beta$	R(t)	Conf. en %
100	0.46231	0.3575133	0.6994	69.94%
200	0.58607	0.4904996	0.6123	61.23%
300	0.70984	0.6332431	0.5309	53.09%
400	0.83361	0.7845619	0.4563	45.63%
500	0.95737	0.9435785	0.3892	38.92%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 1 del año 2020 del Secador de Aire Caliente.

TEMPORADA	PRODUCCION 1	FECHA INICIO	3/05/2020	FECHA FIN	12/09/2020
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Secador de Aire Caliente	2/06/2020	16:45:00	2/06/2020	18:45:00	2.00
Secador de Aire Caliente	16/08/2020	11:45:00	16/08/2020	13:45:00	2.00
Secador de Aire Caliente	2/09/2020	05:00:00	2/09/2020	07:00:00	2.00
Secador de Aire Caliente	5/09/2020	13:30:00	5/09/2020	18:30:00	5.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – producción 1 del año 2020.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	30	300.00	0.15909
2	75	1050.00	0.38636
3	17	1220.00	0.61364
4	3	1250.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 1 del año 2020.

X	Y	XY	X^2	Y^2
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
5.70	-1.752894273	-10.00	32.5331	3.072638334
6.96	-0.716717249	-4.99	48.3935	0.513683615
7.11	-0.050266149	-0.36	50.5039	0.002526686
7.13	0.608830072	4.34	50.8497	0.370674056
$\sum X$	$\sum Y$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$
26.90	-1.91	-11.00	182.28	3.96

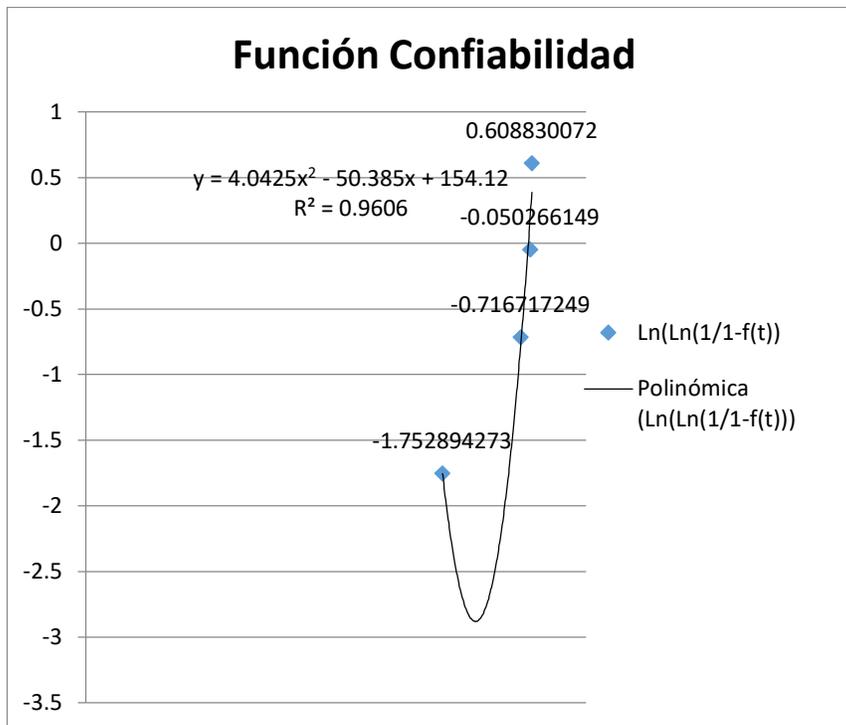
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 1 del año 2020.

PRODUCCION 1 - 2020		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	0.00	0
300	298.00	2
400	398.00	2
500	498.00	2

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 1 del año 2020 para el secador de aire caliente.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 1 del año 2020 del secador de aire caliente.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	1.32
n	1197.01
γ	-295.77

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 1 del año 2020 para el secador de aire caliente.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2020-1 – SECADOR DE AIRE CALIENTE				
HORAS	$(t-Y)/n$	$((t-Y)/n)^\beta$	R(t)	Conf. en %
100	0.33063	0.2331309	0.7920	79.20%
200	0.41418	0.3135634	0.7308	73.08%
300	0.49772	0.3993161	0.6708	67.08%
400	0.58126	0.4897547	0.6128	61.28%
500	0.66480	0.5844041	0.5574	55.74%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 2 del año 2020 del Secador de Aire Caliente.

TEMPORADA	PRODUCCION 2	FECHA INICIO	1/10/2020	FECHA FIN	16/02/2021
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Secador de Aire Caliente	13/11/2020	09:00:00	10/12/2020	13:00:00	4.00
Secador de Aire Caliente	16/12/2020	14:00:00	16/12/2020	16:00:00	2.00
Secador de Aire Caliente	21/01/2021	15:00:00	17/12/2020	17:00:00	2.00
Secador de Aire Caliente	15/02/2021	16:00:00	18/12/2020	18:00:00	2.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 2 del año 2020.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	43	430.00	0.15909
2	33	760.00	0.38636
3	36	1120.00	0.61364
4	25	1370.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 2 del año 2020.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
6.06	-1.752894273	-10.63	36.7695	3.072638334
6.63	-0.716717249	-4.75	44.0009	0.513683615
7.02	-0.050266149	-0.35	49.2956	0.002526686
7.22	0.608830072	4.40	52.1655	0.370674056
ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX ²	ΣY ²
26.94	-1.91	-11.34	182.23	3.96

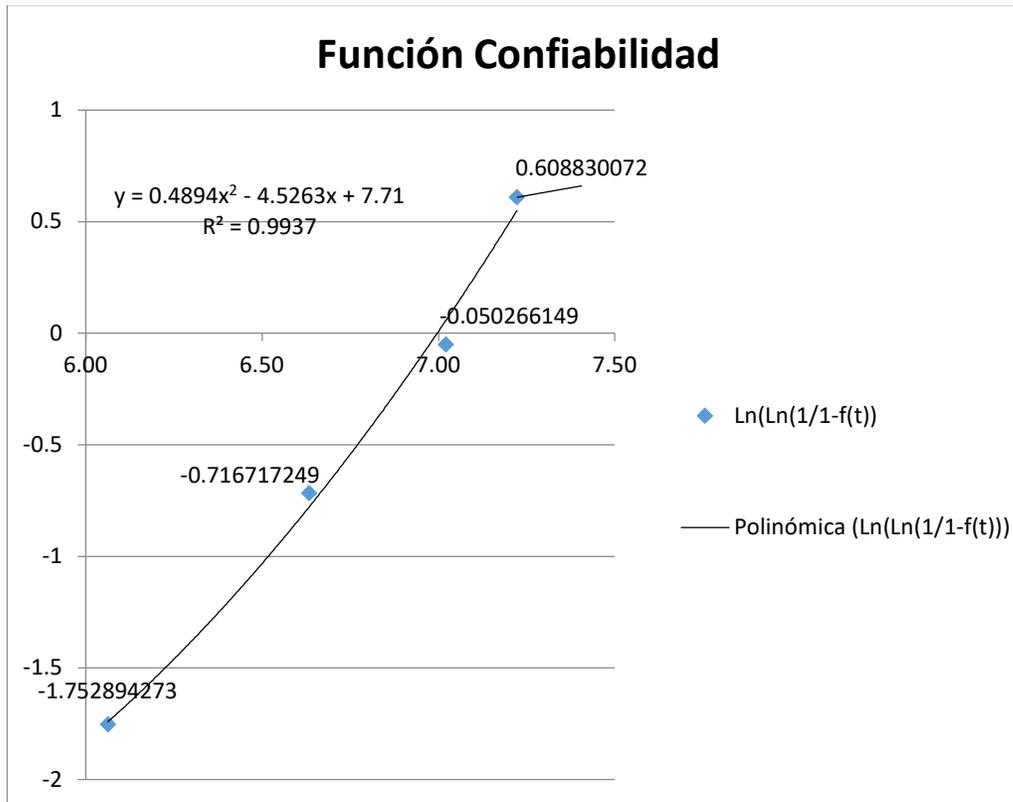
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 2 del año 2020.

PRODUCCION 2 - 2020		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	0.00	0
300	0.00	0
400	0.00	0
500	496.00	4

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 2 del año 2020 para el secador de aire caliente.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 2 del año 2020 del secador de aire caliente.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	1.96
n	1073.34
Y	-349.10

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 2 del año 2020 para el secador de aire caliente.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2020-2 – SECADOR DE AIRE CALIENTE				
HORAS	$(t-Y)/n$	$((t-Y)/n)^\beta$	$R(t)$	Conf. en %
100	0.41841	0.1807490	0.8346	83.46%
200	0.51158	0.2682219	0.7647	76.47%
300	0.60475	0.3725225	0.6890	68.90%
400	0.69792	0.4935476	0.6105	61.05%
500	0.79108	0.6312093	0.5319	53.19%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 1 del año 2021 del Secador de Aire Caliente.

TEMPORADA	PRODUCCION 1	FECHA INICIO	30/04/2021	FECHA FIN	1/09/2021
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Secador de Aire Caliente	4/06/2021	12:15:00	4/06/2021	14:45:00	2.50
Secador de Aire Caliente	16/08/2021	02:45:00	16/08/2021	04:45:00	2.00
Secador de Aire Caliente	31/08/2021	02:00:00	22/06/2021	04:45:01	2.00
Secador de Aire Caliente	1/09/2021	02:45:02	23/06/2021	04:45:02	2.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 1 del año 2021.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	35	350.00	0.15909
2	73	1080.00	0.38636
3	15	1230.00	0.61364
4	1	1240.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 1 del año 2021.

X	Y	XY	X^2	Y^2
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
5.86	-1.752894273	-10.27	34.3154	3.072638334
6.98	-0.716717249	-5.01	48.7863	0.513683615
7.11	-0.050266149	-0.36	50.6199	0.002526686
7.12	0.608830072	4.34	50.7352	0.370674056
$\sum X$	$\sum Y$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$
27.08	-1.91	-11.30	184.46	3.96

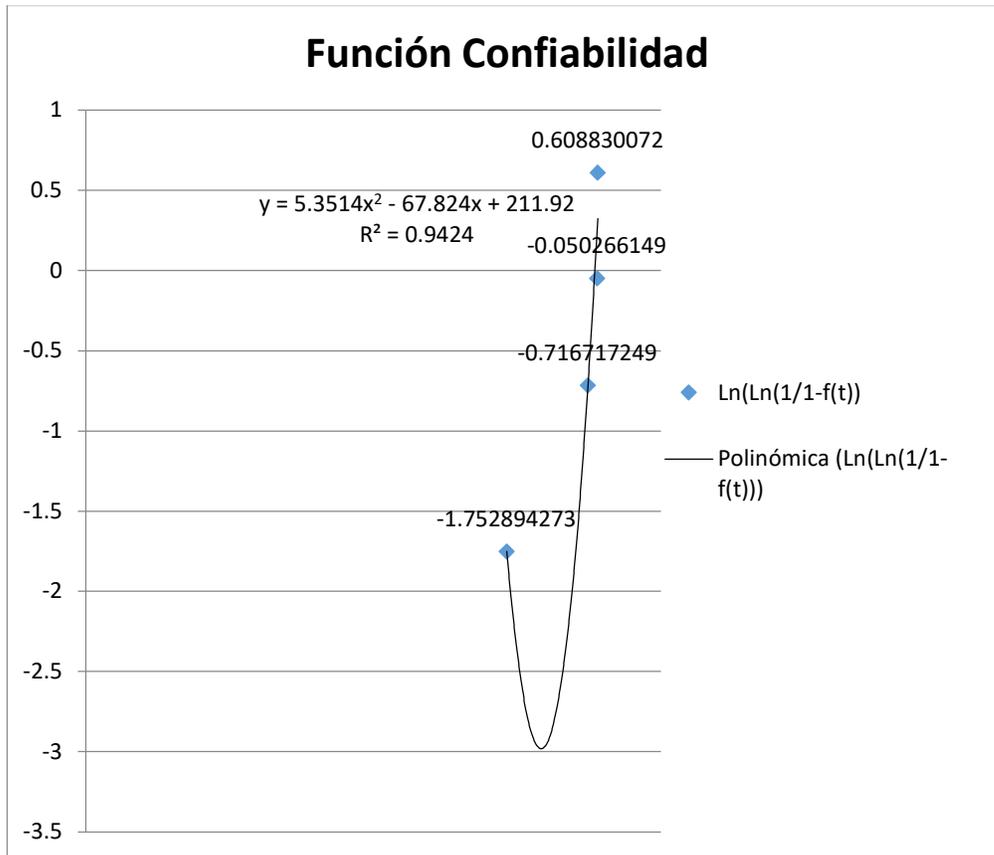
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 1 del año 2021.

PRODUCCION 1 - 2021		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	0.00	0
300	0.00	0
400	397.50	2.5
500	497.50	2.5

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 1 del año 2021 para el secador de aire caliente.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 1 del año 2021 del secador de aire caliente.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	1.46
n	1207.42
Y	-284.31

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 1 del año 2021 para el secador de aire caliente.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2021-1 – SECADOR DE AIRE CALIENTE				
HORAS	$(t-Y)/n$	$((t-Y)/n)^\beta$	$R(t)$	Conf. en %
100	0.31829	0.1869627	0.8295	82.95%
200	0.40111	0.2623481	0.7692	76.92%
300	0.48393	0.3453703	0.7080	70.80%
400	0.56675	0.4352929	0.6471	64.71%
500	0.64957	0.5315528	0.5877	58.77%

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 21. Cálculos de la distribución de Weibull de las temporadas de producción entre los años 2018 al 2021 para el transportador colector de secadores rotadiscos.

- Datos de fallas de equipo – Transportador colector de secadores rotadiscos 2018 – 2021.

Equipo	Descripción	Inicio avería	Hora in. avería	Fin de avería	Hora fin avería
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de tubo en descanso intermedio de TH	08/04/2018	15:50:00	08/04/2018	23:50:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de chumacera lado cola de TH	08/05/2018	17:20:00	08/05/2018	20:20:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Atoro de TH colector por elemento extraño	11/04/2018	13:00:00	11/04/2018	14:00:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Falla en transmisión por estiramiento de cadena en TH	22/05/2018	10:10:00	22/05/2018	12:10:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de puño lado transmisión	13/11/2018	13:20:00	13/11/2018	22:50:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de puño intermedio de TH	22/06/2019	15:00:00	23/06/2019	04:00:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de alabes de lado descarga de TH	21/07/2019	12:30:00	22/07/2019	01:00:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de tubo en descanso intermedio de TH	30/07/2019	18:30:00	30/07/2019	21:30:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de cadena de transmisión de TH	30/11/2019	03:00:00	30/11/2019	05:30:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de chumacera de pared lado transmisión	05/12/2019	06:30:00	05/12/2019	09:30:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de chumacera lado cola de TH	23/12/2019	01:00:00	23/12/2019	03:30:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de pernos de puño intermedio de TH	26/12/2019	02:30:00	26/12/2019	06:30:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Barrido de alabe lado descarga de TH colector	30/12/2019	10:00:00	30/12/2019	20:00:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de pernos de puños intermedios de TH	31/12/2019	13:00:00	31/12/2019	18:00:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Se rompe candado de cadena de transmisión de TH	05/05/2020	16:10:00	43956	18:40:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de pernos de puño lado cola de TH	21/06/2020	11:30:00	21/06/2020	15:30:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Atoro de tornillo helicoidal por inversión de giro	01/11/2020	03:00:00	01/11/2020	06:30:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Soltura en puente de descanso intermedio	05/12/2020	06:10:00	05/12/2020	08:10:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Cadena suelta por falta de alineamiento de piñones de TH	06/06/2021	07:50:00	06/06/2021	10:20:00
Transp. Colector de Rotadiscos	Rotura de perno de puño transmisión de TH	12/07/2021	05:00:00	12/07/2021	07:00:00

Fuente: Tomado del software máximo usado para la gestión de mantenimiento.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 1 del año 2018 del transportador colector de secadores rotadiscos.

TEMPORADA	PRODUCCION 1	FECHA INICIO	1/04/2018	FECHA FIN	30/07/2018
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Transp. Colector de Rotadiscos	6/04/2018	16:40:00	9/04/2018	19:40:00	3.00
Transp. Colector de Rotadiscos	1/05/2018	09:30:00	1/05/2018	12:30:00	3.00
Transp. Colector de Rotadiscos	10/05/2018	12:15:00	10/05/2018	13:45:00	1.50
Transp. Colector de Rotadiscos	28/06/2018	10:00:00	28/05/2018	16:00:00	6.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 1 del año 2018.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	5	50.00	0.15909
2	25	300.00	0.38636
3	9	390.00	0.61364
4	49	880.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 1 del año 2018.

X	Y	XY	X^2	Y^2
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
3.91	-1.752894273	-6.86	15.3039	3.072638334
5.70	-0.716717249	-4.09	32.5331	0.513683615
5.97	-0.050266149	-0.30	35.5949	0.002526686
6.78	0.608830072	4.13	45.9673	0.370674056
$\sum X$	$\sum Y$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$
22.36	-1.91	-7.12	129.40	3.96

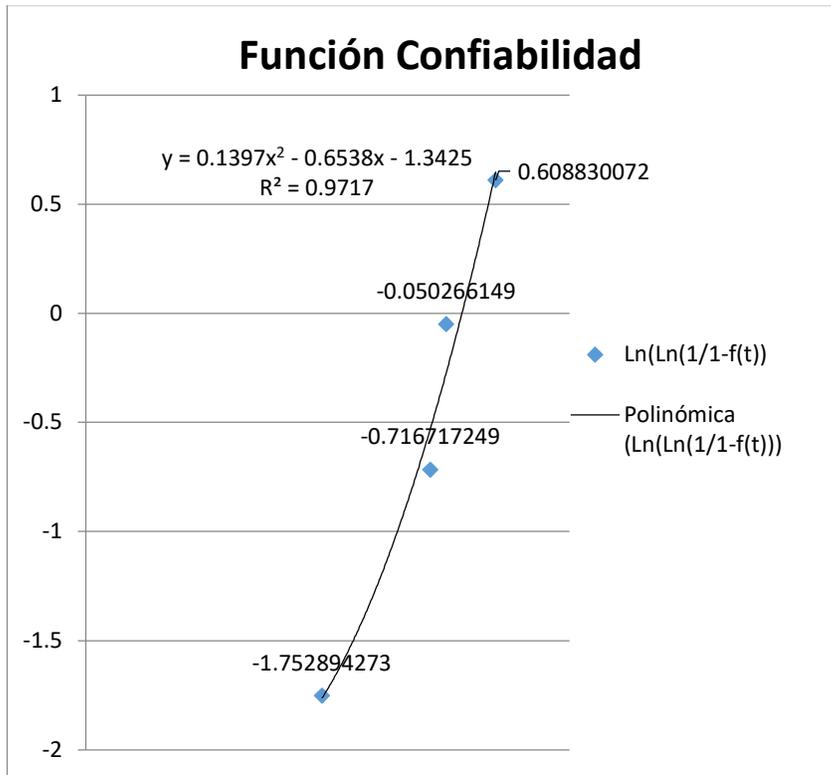
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 1 del año 2018.

PRODUCCION 1 - 2018		
HORAS	MTBF	MTTR
100	97	3
200	197.00	3
300	147.00	3
400	130.83	2.5
500	164.17	2.5

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 1 del año 2018 para el transportador colector de secadores rotadiscos.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 1 del año 2018 del transportador colector de secadores rotadiscos.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	0.81
n	482.05
Y	-238.22

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 1 del año 2018 para el transportador colector de secadores rotadiscos.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2018-1 – TRANSP COLECT SRTD				
HORAS	$(t-Y)/n$	$((t-Y)/n)^\beta$	R(t)	Conf. en %
100	0.70162	0.7496614	0.4725	47.25%
200	0.90907	0.9254095	0.3964	39.64%
300	1.11651	1.0937497	0.3350	33.50%
400	1.32396	1.2563085	0.2847	28.47%
500	1.53141	1.4141549	0.2431	24.31%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 2 del año 2018 del transportador colector de secadores rotadiscos.

TEMPORADA	PRODUCCION 2	FECHA INICIO	8/11/2018	FECHA FIN	31/12/2018
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Transp. Colector de Rotadiscos	16/11/2018	09:30:00	16/11/2018	23:00:00	3.00
Transp. Colector de Rotadiscos	15/12/2018	17:00:00	15/12/2018	23:00:00	9.50
Transp. Colector de Rotadiscos	30/12/2018	03:00:00	30/12/2018	07:00:00	5.00
Transp. Colector de Rotadiscos	31/12/2018	12:00	31/12/2018	15:00:00	6.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 2 del año 2018.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	8	80.00	0.15909
2	29	370.00	0.38636
3	15	520.00	0.61364
4	1	530.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 2 del año 2018.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t)) ²	(Ln(Ln(1/1-f(t)))) ²
4.38	-1.752894273	-7.68	19.2022	3.072638334
5.91	-0.716717249	-4.24	34.9695	0.513683615
6.25	-0.050266149	-0.31	39.1104	0.002526686
6.27	0.608830072	3.82	39.3490	0.370674056
$\sum X$	$\sum Y$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$
22.82	-1.91	-8.41	132.63	3.96

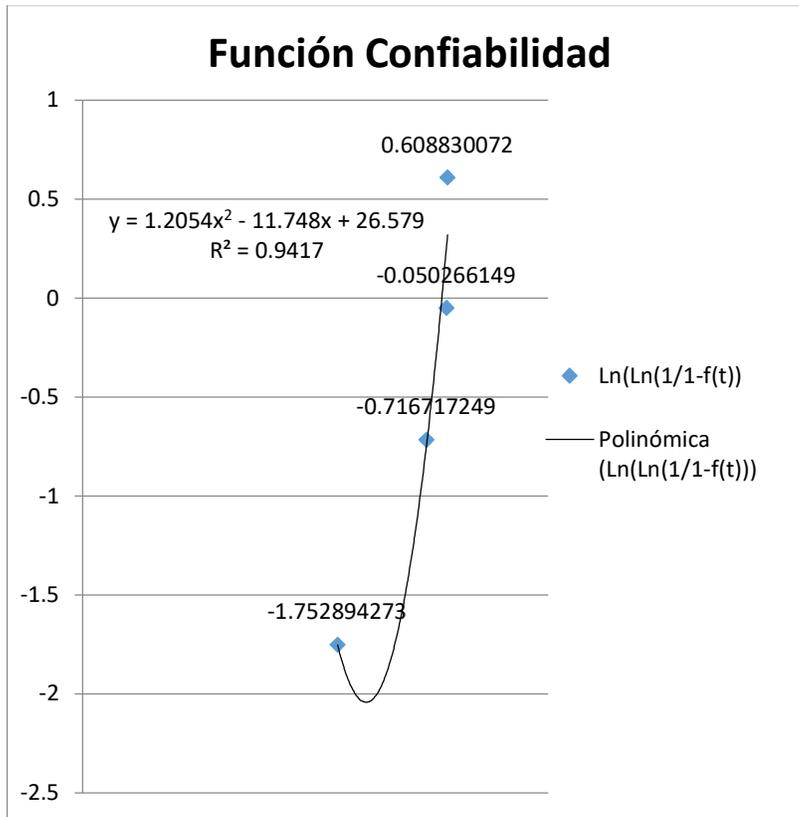
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 2 del año 2018.

PRODUCCION 2 - 2018		
HORAS	MTBF	MTTR
100	97	3
200	197.00	3
300	297.00	3
400	193.75	6.25
500	243.75	6.25

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 2 del año 2018 para el transportador colector de secadores rotadiscos.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 2 del año 2018 del transportador colector de secadores rotadiscos.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	1.03
n	478.00
γ	-233.60

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 2 del año 2018 para el transportador colector de secadores rotadiscos.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2018-2 – TRANSP COLECT SRTD				
HORAS	$(t-Y)/n$	$((t-Y)/n)^\beta$	R(t)	Conf. en %
100	0.69791	0.6905384	0.5013	50.13%
200	0.90712	0.9045078	0.4047	40.47%
300	1.11632	1.1199524	0.3263	32.63%
400	1.32552	1.3365997	0.2627	26.27%
500	1.53473	1.5542633	0.2113	21.13%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 1 del año 2019 del transportador colector de secadores rotadiscos.

TEMPORADA	PRODUCCION 1	FECHA INICIO	28/04/2019	FECHA FIN	31/07/2019
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Transp. Colector de Rotadiscos	14/05/2019	00:00:00	15/05/2019	23:00:00	47.00
Transp. Colector de Rotadiscos	17/05/2019	02:45:00	17/01/2019	04:45:00	2.00
Transp. Colector de Rotadiscos	18/05/2019	16:15:00	18/05/2019	00:15:00	8.00
Transp. Colector de Rotadiscos	2/06/2019	01:15:00	2/06/2019	02:15:00	1.00
Transp. Colector de Rotadiscos	30/06/2019	03:00:00	30/06/2019	04:30:00	1.50

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 1 del año 2019.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	16	160.00	0.12963
2	3	190.00	0.31481
3	1	200.00	0.50000
4	15	1700.00	0.68519
5	28	1980.00	0.87037

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 1 del año 2019.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
5.08	-1.974458694	-10.02	25.7574	3.898487136
5.25	-0.972686141	-5.10	27.5313	0.946118329
5.30	-0.366512921	-1.94	28.0722	0.134331721
7.44	0.144767396	1.08	55.3295	0.020957599
7.59	0.714455486	5.42	57.6210	0.510446642
ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX ²	ΣY ²
30.65	-2.45	-10.57	194.31	5.51

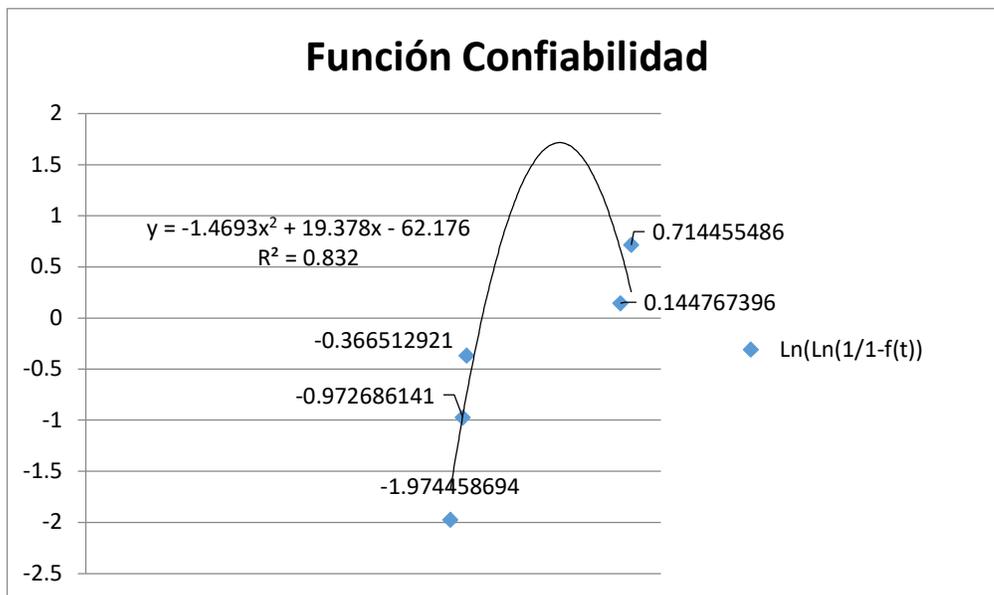
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 1 del año 2019.

PRODUCCION 1 - 2019		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	47.67	19
300	81.00	19
400	114.33	19
500	147.66	19

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 1 del año 2019 para el transportador colector de secadores rotadiscos.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 1 del año 2019 del transportador colector de secadores rotadiscos.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	0.70
n	929.45
γ	-466.85

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 1 del año 2019 para el transportador colector de secadores rotadiscos.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2019-1 – TRANSP COLECT SRTD				
HORAS	(t-Y)/ n	((t-Y)/ n) ß	R(t)	Conf. en %
100	0.60988	0.7085823	0.4923	49.23%
200	0.71747	0.7934972	0.4523	45.23%
300	0.82506	0.8746198	0.4170	41.70%
400	0.93265	0.9525857	0.3857	38.57%
500	1.04024	1.0278637	0.3578	35.78%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 2 del año 2019 del transportador colector de secadores rotadiscos.

TEMPORADA	PRODUCCION 2	FCEHA INICIO:	14/10/2019	FECHA PARADA	11/02/2020
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Transp. Colector de Rotadiscos	29/10/2019	08:00:00	3/11/2019	14:30:00	6.50
Transp. Colector de Rotadiscos	24/11/2019	15:40:00	11/11/2019	18:40:00	3.00
Transp. Colector de Rotadiscos	29/12/2019	05:15:00	21/11/2019	08:15:00	3.00
Transp. Colector de Rotadiscos	2/02/2020	10:00:00	22/11/2019	09:00:00	23.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 2 del año 2019.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	15	150.00	0.15909
2	26	410.00	0.38636
3	35	760.00	0.61364
4	35	1110.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 2 del año 2019.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t)) ²	(Ln(Ln(1/1-f(t)))) ²
5.01	-1.752894273	-8.78	25.1065	3.072638334
6.02	-0.716717249	-4.31	36.1941	0.513683615
6.63	-0.050266149	-0.33	44.0009	0.002526686
7.01	0.608830072	4.27	49.1698	0.370674056
ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX ²	ΣY ²
24.67	-1.91	-9.16	154.47	3.96

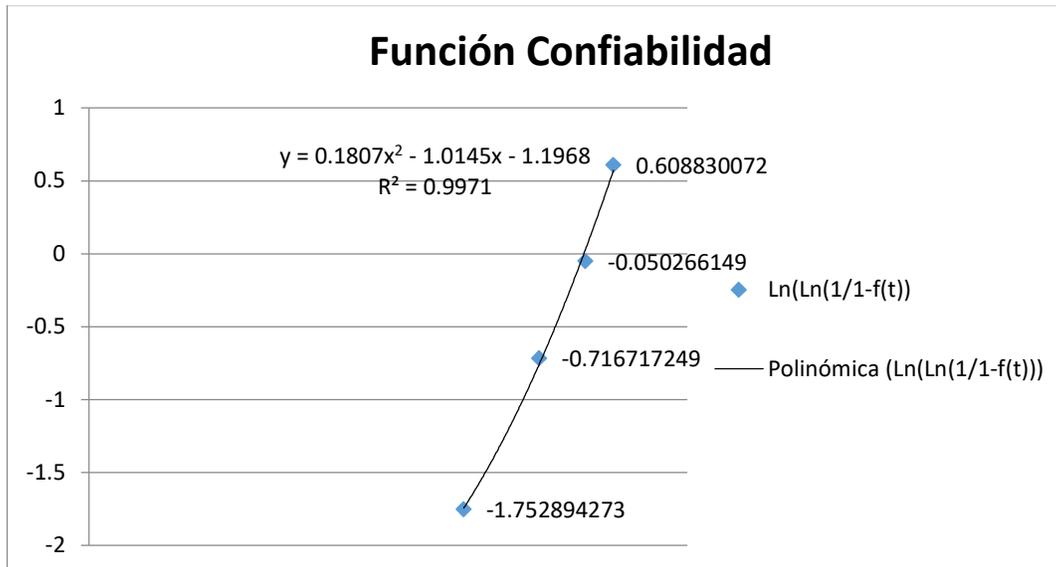
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 2 del año 2019.

PRODUCCION 2 - 2019		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	193.50	6.5
300	293.50	6.5
400	393.50	6.5
500	245.25	4.75

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 2 del año 2019 para el transportador colector de secadores rotadiscos.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 2 del año 2019 del transportador colector de secadores rotadiscos.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	1.15
n	723.88
Y	-270.55

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 2 del año 2019 para el transportador colector de secadores rotadiscos.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2019-2 – TRANSP COLECT SRTD				
HORAS	$(t-Y)/n$	$((t-Y)/n)^\beta$	$R(t)$	Conf. en %
100	0.51189	0.4639375	0.6288	62.88%
200	0.65003	0.6101822	0.5433	54.33%
300	0.78818	0.7610975	0.4672	46.72%
400	0.92632	0.9159677	0.4001	40.01%
500	1.06447	1.0742799	0.3415	34.15%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 1 del año 2020 del transportador colector de secadores rotadiscos.

TEMPORADA	PRODUCCION 1	FECHA INICIO	3/05/2020	FECHA FIN	12/09/2020
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Transp. Colector de Rotadiscos	4/06/2020	16:45:00	4/06/2020	18:45:00	2.00
Transp. Colector de Rotadiscos	11/08/2020	11:45:00	11/08/2020	15:45:00	4.00
Transp. Colector de Rotadiscos	4/09/2020	05:00:00	4/09/2020	11:00:00	6.00
Transp. Colector de Rotadiscos	10/09/2020	13:30:00	10/09/2020	14:30:00	1.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 1 del año 2020.

EVENTO	DÍAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	32	320.00	0.15909
2	68	1000.00	0.38636
3	24	1240.00	0.61364
4	6	1300.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 1 del año 2020.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
5.77	-1.752894273	-10.11	33.2735	3.072638334
6.91	-0.716717249	-4.95	47.7171	0.513683615
7.12	-0.050266149	-0.36	50.7352	0.002526686
7.17	0.608830072	4.37	51.4106	0.370674056
ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX ²	ΣY ²
26.97	-1.91	-11.05	183.14	3.96

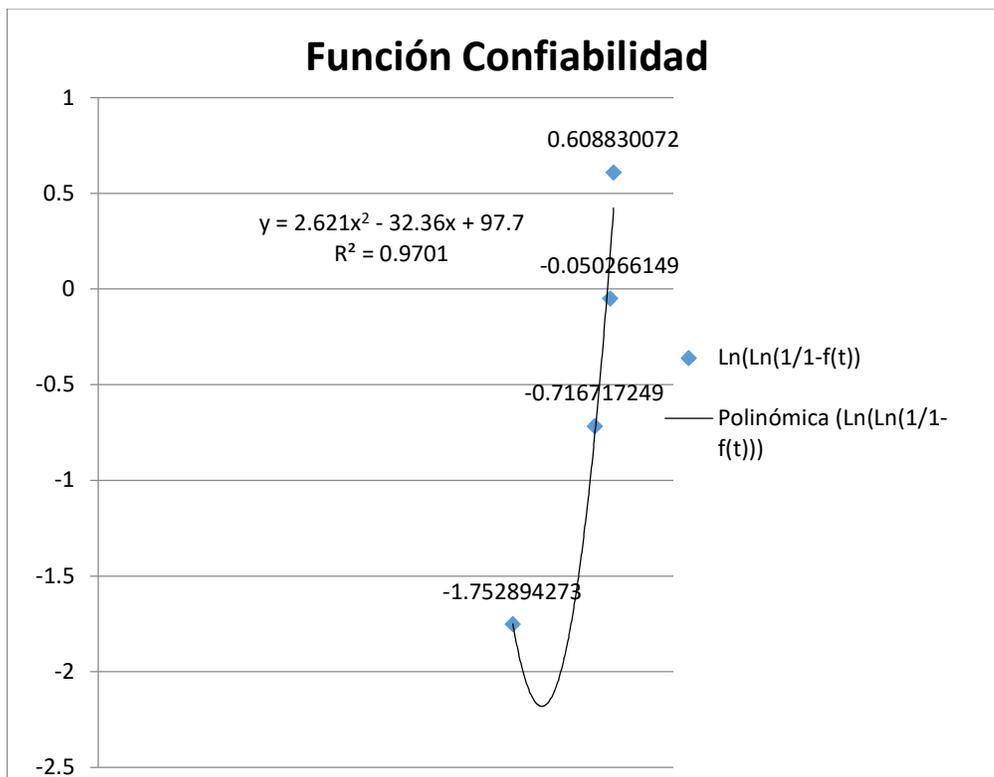
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 1 del año 2020.

PRODUCCION 1 - 2020		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	0.00	0
300	0.00	0
400	398.00	2
500	498.00	2

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 1 del año 2020 para el transportador colector de secadores rotadiscos.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 1 del año 2020 del transportador colector de secadores rotadiscos.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	1.40
n	1191.15
Y	-292.82

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 1 del año 2020 para transportador colector de secadores rotadiscos.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2020-1 – TRANSP COLECT SRTD				
HORAS	$(t-Y)/n$	$((t-Y)/n) \beta$	R(t)	Conf. en %
100	0.32978	0.2107818	0.8100	79.42%
200	0.41373	0.2897812	0.7484	73.27%
300	0.49769	0.3755596	0.6869	67.22%
400	0.58164	0.4674036	0.6266	61.36%
500	0.66559	0.5647712	0.5685	55.77%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 2 del año 2020 del transportador colector de secadores rotadiscos.

TEMPORADA	PRODUCCION 2	FECHA INICIO	1/10/2020	FECHA FIN	16/02/2021
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Transp. Colector de Rotadiscos	25/10/2020	03:00:00	25/10/2020	06:30:00	3.50
Transp. Colector de Rotadiscos	27/11/2020	06:10:00	27/11/2020	08:10:00	2.00
Transp. Colector de Rotadiscos	31/12/2020	06:10:00	31/12/2020	08:10:00	4.00
Transp. Colector de Rotadiscos	22/01/2021	06:10:00	22/01/2021	09:10:00	3.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 2 del año 2020.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	42	420.00	0.15909
2	33	750.00	0.38636
3	34	1090.00	0.61364
4	22	1310.00	0.84091

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 2 del año 2020.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t)) ²	(Ln(Ln(1/1-f(t)))) ²
6.04	-1.752894273	-10.59	36.4847	3.072638334
6.62	-0.716717249	-4.74	43.8254	0.513683615
6.99	-0.050266149	-0.35	48.9151	0.002526686
7.18	0.608830072	4.37	51.5206	0.370674056
ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX^2	ΣY^2
26.83	-1.91	-11.31	180.75	3.96

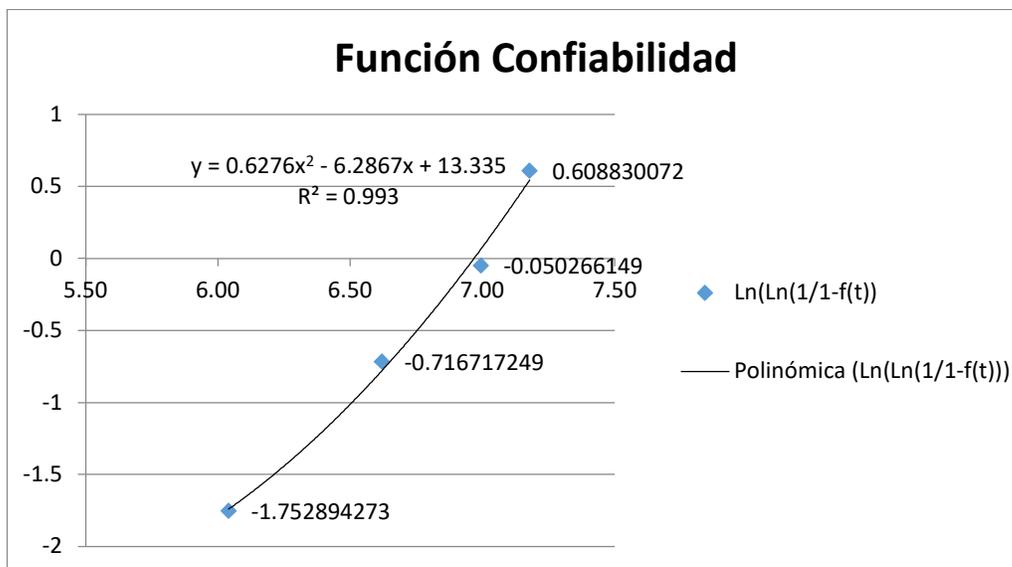
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 2 del año 2020.

PRODUCCION 2 - 2020		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	0.00	0
300	0.00	0
400	0.00	0
500	496.50	3.5

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 2 del año 2020 para el transportador colector de secadores rotadiscos.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 2 del año 2020 del transportador colector de secadores rotadiscos.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	1.99
n	1041.06
γ	-245.03

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 2 del año 2020 para el transportador colector de secadores rotadiscos.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2020-2 – TRANSP COLECT SRTD				
HORAS	$(t-\gamma)/n$	$((t-\gamma)/n)^\beta$	$R(t)$	Conf en %
100	0.33142	0.1109642	0.8950	89.50%
200	0.42748	0.1841741	0.8318	83.18%
300	0.52353	0.2757269	0.7590	75.90%
400	0.61959	0.3855883	0.6801	68.01%
500	0.71565	0.5137295	0.5983	59.83%

Fuente: Elaboración propia.

- Fecha y hora de inicio y fin de averías de la producción 1 del año 2021 del transportador colector de secadores rotadiscos.

TEMPORADA	PRODUCCION 1	FECHA INICIO	30/04/2021	FECHA FIN	1/09/2021
EQUIPO	INICIO DE AVERIA	HORA INICIO DE AVERIA	FIN DE AVERIA	HORA FIN DE AVERIA	DURACION DE PARADA
Transp. Colector de Rotadiscos	6/06/2021	07:50:00	6/06/2021	10:20:00	4.00
Transp. Colector de Rotadiscos	12/07/2021	05:00:00	12/07/2021	07:00:00	5.00

Fuente: Elaboración propia, extraído de fallas acumuladas entre el año 2018 al 2021.

- Eventos, días y horas para las fallas y línea media – Producción 1 del año 2021.

EVENTO	DIAS PARA LA FALLA	HORAS PARA LA FALLA	LINEA MEDIA
1	37	370.00	0.29167
2	36	730.00	0.70833

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de coordenadas, cuadrados y sumatorias – producción 1 del año 2021.

X	Y	XY	X ²	Y ²
LN(t)	Ln(Ln(1/1-f(t)))	LN(t).Ln(Ln(1/1-f(t)))	(LN(t))^2	(Ln(Ln(1/1-f(t))))^2
5.91	-1.064673327	-6.30	34.9695	1.133529294
6.59	0.208755483	1.38	43.4682	0.043578852
$\sum X$	$\sum Y$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$
12.51	-0.86	-4.92	78.44	1.18

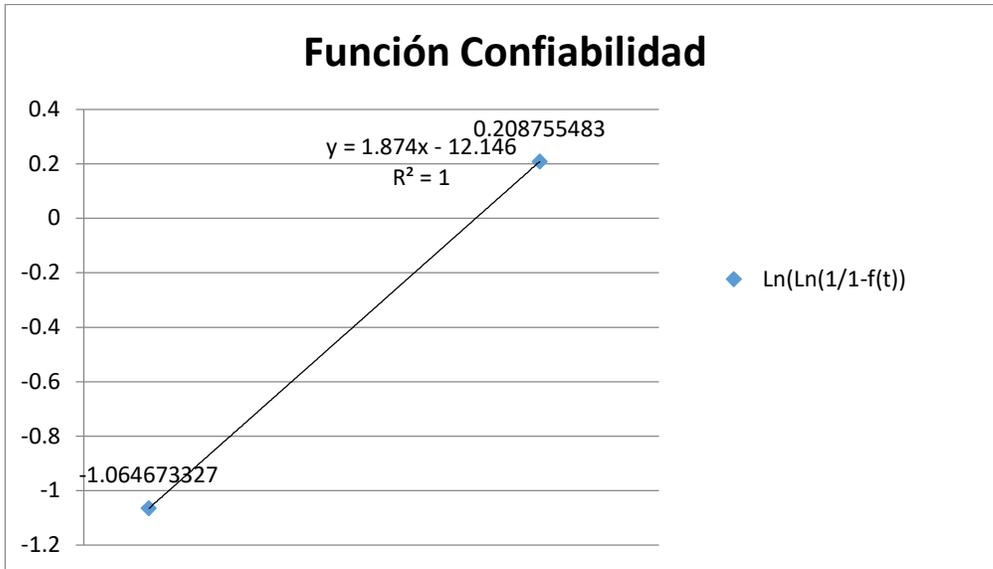
Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de MTBF y MTTR para producción 1 del año 2021.

PRODUCCION 1 - 2021		
HORAS	MTBF	MTTR
100	0	0
200	0.00	0
300	0.00	0
400	396.00	4
500	496.00	4

Fuente: Elaboración propia.

- Gráfico de función confiabilidad de producción 1 del año 2021 para el transportador colector de secadores rotadiscos.



Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros para la producción 1 del año 2021 del transportador colector de secadores rotadiscos.

PARAMETROS DE WEIBUL	
β	1.87
n	653.05
γ	66.10

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de confiabilidad para producción 1 del año 2021 para el transportador colector de secadores rotadiscos.

CONFIABILIDAD – PRODUCCION 2021-1 – TRANSP COLECT SRTD				
HORAS	$(t-\gamma)/n$	$((t-\gamma)/n)^\beta$	R(t)	Conf. en %
100	0.05190	0.0039115	0.9961	99.61%
200	0.20503	0.0513322	0.9500	95.00%
300	0.35816	0.1460042	0.8642	86.42%
400	0.51129	0.2844834	0.7524	75.24%
500	0.66442	0.4647989	0.6283	62.83%

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 22. Plan de mantenimiento mejorado con el RCM del Secador de Aire Caliente.

MP: 200000024495 FP11 MP[Rev18] Secador de Aire Caliente Planta: PLANTA Estado: ACTIVE

¿Existe previsión?

Ubicación: > Almacén: TCNO >

Activo: 300040545 > SECADOR AIRE CALIENTE 5TN/HR Planta del almacén: PLANTA

Plan de trabajo: TCSEAC01-10-20 > MP Secador de Aire Caliente (2A)

Plan de trabajo	Descripción	Secuencia
> TCSEAC01-10-1 >	MP Secador de Aire Caliente (6M)	1
> TCSEAC01-10- >	MP Secador de Aire Caliente (2A)	4
> TCSEAC01-10- >	MP Secador de Aire Caliente (4A)	8
> TCSEAC01-10- >	MP Secador de Aire Caliente (8A)	16

Fila nueva

Fuente: Tomado del Software Máximo IBM de empresa Pesquera.

ANEXO 23. Plan de mantenimiento mejorado con el RCM del transportador helicoidal colector de secadores rotadiscos.

MP: 200000017431 FP11 MP [Rev18] TH colector de Rotadisc Planta: PLANTA Estado: ACTIVE

¿Existe previsión?

Ubicación: > Almacén: TCNO >

Activo: 300000010 > TRANSP.HELIC. Ø24.5"X20"PASOX8370LG _ Planta del almacén: PLANTA

Plan de trabajo: TCTHCP01-60-20 > MP Transportador Helicoidal (1A)

Plan de trabajo	Descripción	Secuencia
> TCTHCP01-60-1 >	MP Transportador Helicoidal (6M)	1
> TCTHCP01-60- >	MP Transportador Helicoidal (1A)	2

Fuente: Tomado del Software Máximo IBM de empresa Pesquera.

ANEXO 24. Hoja de ruta mejorada con el RCM del Plan de mantenimiento de Secador de Aire Caliente

OPERAC	Pto TRABAJO	FREC	DESCRIPCION DE LA OPERACION	DETALLE DE OPERACION	NUM PERSON	HRS	COSTO MAT
0010	MECAN-01	6M	Inspec. y verificación de sistemas (6M)	<ul style="list-style-type: none"> * Inspeccionar alineamiento y estado de cadenas, piñones y sprockets, cremallera (engranajes). * Inspeccionar pernos de anclaje de la estructura. * Revisión/repación de aislamiento térmico: tambor, domo decantador(En el caso que tuviese aislamiento) * Revisar internamente las paletas de avance, de ser necesario soldar y reparar. * Verificar descansos de Transportador Helicoidal alimentador al secador de aire caliente, estado de rodamientos, cadena, piñon, lubricarlas. * Verifique alineamiento del sistema de transmisión y de polines (ejes). * Verifique todas las conexiones entre los ventiladores y ductos; y entre el intercambiador de calor no estén dañados. * Revisar estado de tubos de banco de caja intercambiadora de calor, limpieza. De ser necesario soldar tubos picados. * Revisar estado de chumaceras de pie, tanto los de contraeje como las de soporte de los polines. * Revise internamente las trampas de vapor y limpieza. * Verifique estado de válvula, asiento, flotador, eslabón de flotador. Repare o cambie de ser necesario. * Verifique estado de empaques, de ser necesario cambiarlos. *Lubricación de articulaciones de damper. * Inspeccionar ejes de ventilador centrifugo 	1	8	USD 200
0020	ELECT-01		Manto Motores y Sist. Eléctrico (6M)	<ul style="list-style-type: none"> * Megado del motor eléctrico. * Inspeccionar tensado de fajas de transmisión * Mantenimiento, inspección y limpieza de Instrumentos eléctricos y electrónicos (tableros, paneles, cables, conexiones, arrancadores, displays, instrumentación, etc) del secador de Aire Caliente. * Inspección periódica de controlador con multímetro, además repuesto debe clasificarse como estratégico (EST). 	1	8	USD 150
0030	MECAN-01		Manto Sistema de Combustión (6M)	<ul style="list-style-type: none"> * Inspección visual de difusor terciario. En producción la inspección deberá ser diaria. * Inspección visual de difusor Axial. En producción la inspección deberá ser diaria. * Material se debe considerar estratégico (EST). * Limpiar filtros de bomba de petróleo. 	1	8	USD 150
0040	ELECT-01 TERCERO	1A	Manto Motores y Sist. Eléctrico (1A)	<ul style="list-style-type: none"> *Cambio de electrodo de ignición. *Realizar análisis vibracional 	1	8	USD 1,000
0050	TERCERO		Inspec. y verificación de sistemas (1A)	<ul style="list-style-type: none"> *Realizar análisis ultrasonido de rodamientos axiales y radiales de los polines 	1	8	USD 2,000
0060	MECAN-01 TASA		Mtto Acop. Hidráu. (2A)	<ul style="list-style-type: none"> * Inspección y/o cambio de aceite. * Desarmar y ver estado de rodamiento de contraeje, cambiar de ser necesario. * Inspeccionar estado de reten, cambiar de ser necesario. *Cambio de Kit de mantenimiento de acoplamiento. 	2	8	USD 1,800
0070	ELECT-01	2A	Manto Motor Eléctrico (2A)	<ul style="list-style-type: none"> * Revisión de rodajes, de ser necesario cambiarlos. * Revisar asiento de rodaje, sin presentan desgaste. * Megado del motor eléctrico, mayor a 5 Mohm. * Cambio de contactos y contactores desgastados de tablero. * Limpie, barnice y estufe las bobinas del motor eléctrico. * Arenado, pintado y acabado. 	2	10	USD 2,000
0080	MECAN-01 TASA		Mntto de caja reductora (2A)	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de empaques de caja reductora. * Revise desgaste de engranajes. * Revise rodajes y retenes, cambiar los dañados. 	2	8	USD 7,000
0090	MECAN-01	4A	Manto de sistema de transmisión (4A)	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de rodamientos y reten del motor principal. * Revisar desgaste de piñón y cadena de transmisión. * Cambie rodamientos de chumaceras del contraeje, de ser necesario. * Reparación general del reductor (Cambio de rodajes, ajuste de alojamientos. Cambio de aceite y retenes, etc). * Revisar estado de cadena de ser necesario cambiarla. 	2	24	USD 4,000
0100	MECAN-01	8A	Mtto polín rad/axial.camb. cadena (8A)	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de rodamientos, fabricación de eje, bocina y rectificación del polín. * Cambio de cadena de transmisión. 	3	80	USD 7,000

Fuente: Elaboración propia para el desarrollo de Tesis.

ANEXO 25. Hoja de ruta mejorada con el RCM del Plan de mantenimiento de Transportador colector de rotadiscos

OPERAC	Pto TRABAJO	FREC	DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	DETALLE DE OPERACIÓN	NUM PERSON	HRS	COSTO MAT
0010	OPER-PLA	6M	Inspección y limpieza (6M)	<ul style="list-style-type: none"> * Segun formato adjunto, ejecutar el Check List. * Revise todos los descansos y ver desgaste de bocinas. Cambie o gire las bocinas. * Revise la cadena de trasmision, si esta estirada hay que tensar, si la cadena esta tieza dejar remoando con petroleo * Revise el estado del helicoido, Corregir si estuviese doblado (lo realiza el soldador). * Revise la cadena de trasmision, si esta estirada hay que tensar, si la cadena esta tieza dejar remoando con petroleo por un dia, luego lubricar, cambiar si es necesario. * Verificar/realizar alineamiento de piñones motriz y conducido. 	1	1	USD 120
0020	ELECT-01	6M	Mantto motor y sist eléctrico (6M)	<ul style="list-style-type: none"> * Medir parametros electricos del motor (Amperaje, Voltaje y Aislamiento). * Medir los Niveles de Vibración. * Inspeccione el Tablero: Limpieza de contactores, llaves, etc. Cambie elementos desgastados. * Inspeccione el Asiento de Rodaje. Maquinar de ser necesario. 	1	2	USD 100
0030	MECAN-01 TASA	1A	Mantto del TH (1A)	<ul style="list-style-type: none"> * Revise el estado del helicoido, Corregir si estuviese doblado (lo realiza el soldador) * Revise la bocina de descanso TH, de ser necesario cambiarlos. * Verificar estado de ejes intermedios, de cola y transmisión. * Revise la cadena de trasmision, si esta estirada hay que tensar, si la cadena esta tieza dejar remoando con petroleo por un dia, luego lubricar, cambiar si es necesario. * Cambio de Chumacera de pared lado transmisión y cola. * Inspeccione el correcto alineamiento de eje motriz. 	2	16	USD 3,000
0040	TASA	1A	Mantto del motor TH (1A)	Realizar análisis vibracional del motor	1	4	USD 300
0050	ELECT-01	2A	Mantto motor y sist eléctrico (2A)	<ul style="list-style-type: none"> *Cambio de rodamientos de motor. *Realizar lubricación de rodamientos al momento de cambiar rodamientos. 	1	8	USD 800

Fuente: Elaboración propia para el desarrollo de Tesis.

ANEXO 26. Checklist Implementado con el RCM del Secador de Aire Caliente.

CHECK LIST				Nº0000005
SECADOR AIRE CALIENTE		Formato IGO02-F31) Rev 00.		
EQUIPO APAGADO Y BLOQUEADO.-				
ITEM	VERIFICAR LAS SIGUIENTES PARTES / SUB-PARTES	✓	X	COMENTARIOS / CONDICION INSEGURA
1	DOMO DECANTADOR / TAMBOR			
	1.1 Inspeccionar estructura del domo por posible daño, rajadura o presencia de óxido			
	1.2 Verificar la hermeticidad de tapas y ventiladores			
	1.3 Verifique el buen estado de boya de tanque diario de petróleo(*)			
2	ESTRUCTURA DE SOPORTE			
	2.1 Inspeccionar visualmente la presencia de corrosión y ajuste correcto en pernos de anclaje			
	2.2 Revisar estado de chumaceras de pie, tanto los de contraeje como las de soporte de los polines por presencia de grasa			
	2.3 Verificar pintado adecuado sin presencia de óxido			
3	TRANSMISION			
	3.1 Verificar estado de cadenas, fajas, piñones y cremallera (engranajes) por signos de desgaste y lubricación			
	3.2 Verificar chumacera de contraeje y el estado de los puntos de lubricación			
EQUIPO ENCENDIDO.-				
ITEM	VERIFICAR LAS SIGUIENTES PARTES / SUB-PARTES	✓	X	COMENTARIOS / CONDICION INSEGURA
1	DOMO DECANTADOR / TAMBOR			
	1.1 Verificar si existe algún ruido anormal	✓		SE REQUIERE CAMBIAR TORCEDOR DE VAPOR, AIRE PRESENTA BASTANTE CORROSION.
	1.2 Verificar presión de aire en el sistema, temperatura petróleo (100-120°C)(*)			
3	TRANSMISION			
	3.1 Verificar si existe algún ruido anormal	✓		
	3.2 Verificar si existe algún sobrecalentamiento (T > 70°C)	✓		
	3.3 Verificar si existe alguna condición de vibración anormal	✓		
	3.4 Verificar visualmente alineamiento de polines	✓		
	3.5 Verificar Amperaje de trabajo (de acuerdo a capacidad de equipo)	✓		
	3.6 Inspeccionar si existe algún ruido anormal y/o temperatura anormal de chumacera	✓		
	3.7 Verificar si existe alguna fuga de aceite	✓		
	3.8 Verificar que el sistema de enfriamiento de la caja reductora opere	✓		
4	QUEMADOR			
	4.1 Verificar por posible fuga de combustible	✓		SE REQUIERE INSTALAR GUARDA DE PROTECCION PARA VASTAGO DE RESISTENTES NEUMATICOS.
	4.2 Verificar el Vacío: ingreso cilindro rotativo (-25 a -10) en pulg h.o			
	4.3 Verificar lubricación de rodamientos: copa rotativa, ventiladores, compuertas, pista cilindro rotativo	✓		
5	CAMARA DE COMBUSTION			
	5.1 Inspeccionar la humedad de ingreso y salida de scrap, visualmente caudal agua de mar	✓		
	5.2 Verificar el Vacío: cámara de combustión (-15 a -5)			
6	TABLERO DE CONTROL (DE ESTAR INSTALADO)			
	6.1 Inspeccionar si presenta humedad	✓		
	6.2 Verificar si presenta sobrecalentamiento	✓		
	6.3 Verificar hermeticidad del tablero	✓		
(*) Sistema a petróleo				
 NOMBRE Y FIRMA MANTENIMIENTO Jairo Sanchez Obando 20-12-20		 FIRMA JEFE DE MANTENIMIENTO		

Fuente: Tomado de reporte Checklist de planta de Empresa Pesquera

ANEXO 27. Checklist Implementado con el RCM del Transportador Helicoidal colector de secadores rotadiscos

CHECK LIST				Nº 0000037
TRANSPORTADOR HELICOIDAL		(Formato IGO02-F39) Rev 00.		
EQUIPO APAGADO Y BLOQUEADO. <i>TH Colector Secador</i>				
ITEM	VERIFICAR LAS SIGUIENTES PARTES / SUB-PARTES	✓	X	COMENTARIOS / CONDICION INSEGURA
1	Infraestructura			
	1.1 Verificar visualmente que el equipo se encuentre limpio y no presente restos sólidos			
	1.2 Verificar las tapas se encuentran completas, hermetizan correctamente y en buen estado			
	1.3 Inspeccionar visualmente la canoa y tapas no presentan rastros óxidos o pérdidas de espesor			
	1.4 Verificar visualmente que los puntos de soldadura en los alabes del tornillo se encuentren en buen estado (ausencia de rajadura, desgaste)			
	1.5 Verificar que la luz entre tornillo y canoa sea de 6 a 10 mm.			
	1.6 Inspeccionar visualmente el estado de la base del motor y transmisión (ausencia de desgaste de espesor y libres de aceite o contaminantes)			
	1.7 Verificar que el chute y sistema de soporte se encuentren herméticos y la soldadura en buen estado			
2	Transmisión y lubricación			
	2.1 Verificar que el motor reductor se encuentre con el nivel de aceite adecuado			
	2.2 Verificar visualmente que la cadena se encuentre adecuadamente templada			
	2.3 Verificar los descansos y bocinas se encuentren sin juego excesivo			
	2.4 Verificar los ejes y pernos pasantes no presentan fisuras y no tienen juego excesivo			
EQUIPO ENCENDIDO.				
ITEM	VERIFICAR LAS SIGUIENTES PARTES / SUB-PARTES	✓	X	COMENTARIOS / CONDICION INSEGURA
1	Transportador Helicoidal			
	1.1 Verificar si existe presencia de sonidos extraños	✓		
	1.2 Inspeccionar puntos de engrase por condición (sin obstrucción u óxido) - Realizar lubricación de ser requerido	✓		
	1.3 Verificar que no exista rozamiento entre tornillo y canoa	✓		
	1.4 Verificar que no exista vibración anormal en el motor reductor	✓		
	1.5 Verificar correcto funcionamiento de la transmisión, piñones y cadena	✓		
	1.6 Verificar que el motor no presente sobrecalentamiento	✓		
 NOMBRE Y FIRMA TEC. MANTO JOSE SANCHEZ		 FIRMA JEFE DE MANTENIMIENTO		

Fuente: Tomado de reporte Checklist de planta de Empresa Pesquera.

ANEXO 28. Materiales Estratégicos Secador de Aire Caliente

Visualizar material 34004318 (Repuestos Específicos)

Datos adicionales Niveles organización

Texto pedido compras Planif.necesidade... Planif.necesidades 2 Planif.necesidades 3 Planif.necesidades 4 P...

Material 34004318

Denomin. AXIAL VANE RING UNIT 2 0858 244007

Centro TCNO TASA CALLAO NORTE

Datos generales

Unidad medida base	UN	Unidad	Grupo planif.nec.	EST
Grupo de compras	T65		Indicador ABC	
Est.mat.especif.ce.	<input type="checkbox"/>		Válido de	

Visualizar material 34004451 (Repuestos Específicos)

Datos adicionales Niveles organización

Texto pedido compras Planif.necesidade... Planif.necesidades 2 Planif.necesidades 3 Planif.necesidades 4 P...

Material 34004451

Denomin. PROGRAMADOR OEM/CON PANEL LCD

Centro TCNO TASA CALLAO NORTE

Datos generales

Unidad medida base	UN	Unidad	Grupo planif.nec.	EST
Grupo de compras	T65		Indicador ABC	
Est.mat.especif.ce.	<input type="checkbox"/>		Válido de	

Fuente: Tomado de programa SAP R3 planta de Empresa Pesquera.

ANEXO 29. Instructivo de mantenimiento de Cambio de difusor de Quemador de Secador de Aire Caliente.

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO Cambio de difusor terciario de quemador		Nº Doc: SEC-IMM-0XX			
		Rev: 1	Pág. 1		
A. INFORMACIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD					
EQUIPO	Secador HLT	CÓDIGO SAP			
FRECUENCIA	Anual	TIEMPO ESTIMADO	2 horas		
B. RECURSOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD					
B.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS, EQUIPOS AUXILIARES Y REPUESTOS			B.2. RECURSO HUMANO		
ITEM	MATERIALES	CANT.	OBSERVACIONES		
01	Trapo industrial	01 kg			
02	Bolsa de plástico	03 und			
03	Líquido aflojador – WD 40	01 und			
ITEM	HERRAMIENTAS	CANT.	OBSERVACIONES		
01	Juego de llaves mixtas	01 jgo			
02	Flexómetro	01 und			
ITEM	EQUIPOS AUXILIARES	CANT.	OBSERVACIONES		
01	Equipo de izaje	01 und	Tecla y eslingas		
ITEM	REPUESTOS	CANT.	OBSERVACIONES		
01	Difusor	01 und			
C. PARTES PRINCIPALES DEL SISTEMA					
					
<table border="1"> <tr> <td>1. Difusor</td> </tr> <tr> <td>2. Quemador</td> </tr> </table>				1. Difusor	2. Quemador
1. Difusor					
2. Quemador					

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO <u>Cambio de difusor terciario de quemador</u>		N° Doc: SEC-IMM-DXX	
		Rev: 1	Pág. 2

D. IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD

EPP BÁSICO									
	CASCO DE SEGURIDAD	LENTES DE SEGURIDAD							

E. INSTRUCTIVAS PREVIA PARA LA MANTENCIÓN

- Planificar y programar la tarea.
- Hacer los requerimientos de repuestos, materiales y herramientas especiales.
- Participar de la charla de seguridad de 5 minutos.
- Validar el ATS que el equipo de trabajo hizo conjuntamente.
- Validar los formatos de permiso respectivos
- Contar con Orden de Trabajo a ejecutar (OT).
- Distribuir tareas, responsabilidades y tiempo estimado de ejecución/ Informar este procedimiento.
- Recibir materiales, equipos, herramientas y repuestos. Verificar su buen estado.
- Ubicar el equipo en terreno.
- Las áreas de peligro deben ser señalizadas con la correspondiente señal de seguridad y, su ingreso, debe ser bloqueado con cintas, conos y barreras de seguridad según estándar de TASA.
- Trasladar herramientas, equipos, materiales y repuestos a la zona de mantenimiento.
- Coordinar con Jefe de Turno de Operaciones para la entrega del equipo para mantenimiento. Informar el tiempo estimado para el trabajo.
- Operaciones deberá entregar el equipo, limpio, vacío según requerimiento de mantenimiento.
- Aislar y bloquear acorde al procedimiento general de bloqueo, utilizando candado y tarjeta personal.
- Verificar la iluminación del sector, debe ser óptima para desarrollar las actividades de mantenimiento, caso contrario acondicionar luminarias o reflectores, para evitar fatiga visual.



Figura N° 1 Retiro de instrumentos

F. ACTIVIDAD

1. Bloqueo de equipo y eliminación de energías residuales	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar el bloque físico del quemador desde el TDF. - Realizar el bloqueo del quemador desde sala de control, verificar con Ing. de sala de control que el equipo no pueda accionarse. - Bloquear la línea de suministro de combustible al quemador. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">NOTA</p> <p style="text-align: center;"> Verificar que la temperatura del quemador haya descendido para permitir desarrollar las actividades de mantenimiento</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> - Autorizar el inicio de la tarea de mantenimiento en el quemador.
2. Retiro de instrumentos	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">NOTA</p> <p style="text-align: center;"> Es importante que Jefe de Turno autorice la intervención del equipo habiéndose bloqueado el suministro de combustible.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> - Retirar los instrumentos del quemador (Ver Figura N° X). - Emplear una escalera que permita tener acercamiento a los instrumentos.



Figura N° 2 Retiro de ingreso de combustible

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO Cambio de difusor terciario de quemador		Nº Doc: SEC-IMM-0XX	
		Rev: 1	Pág. 3
3. Retiro de difusor	<ul style="list-style-type: none"> - Retirar las conexiones de ingreso de combustible al quemador. - Retirar los pernos de sujeción de la tapa del quemador. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>NOTA Dependiendo de la altura se tendrá que contar con el apoyo de un tecele de cadena y una eslinga para el descenso del difusor.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> - Colocar la tapa del quemador de forma horizontal (Ver Figura N° X). - Retirar los pernos de fijación del difusor. - Retirar el difusor. 	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Figura N° 3 Colocación horizontal de tapa de quemador</p>	
4. Montaje de difusor	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar difusor nuevo o reparado. - Trasladar la tapa de quemador a su posición de montaje. - Asegurar los pernos de la tapa. - Colocar el ingreso de combustible al quemador. - Colocar los instrumentos del quemador. 		
5. Puesta en marcha	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar y retirar herramientas de la zona de trabajo. - Desbloquear suministro eléctrico del secador en el TDF. - Desbloquear el equipo desde sala de control. - Coordinar con Jefe de Turno el arranque del equipo. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>NOTA Verificar que no haya equipo de izaje, herramientas y/o accesorios que puedan poner en riesgo al personal o a los equipos durante la operación.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> - Cerrar la OT. 		

Fuente: Tomado dpto. de mantenimiento de planta de Empresa Pesquera.

ANEXO 30. Programa de Capacitación Train the Trainers

Programa TRAIN THE TRAINERS

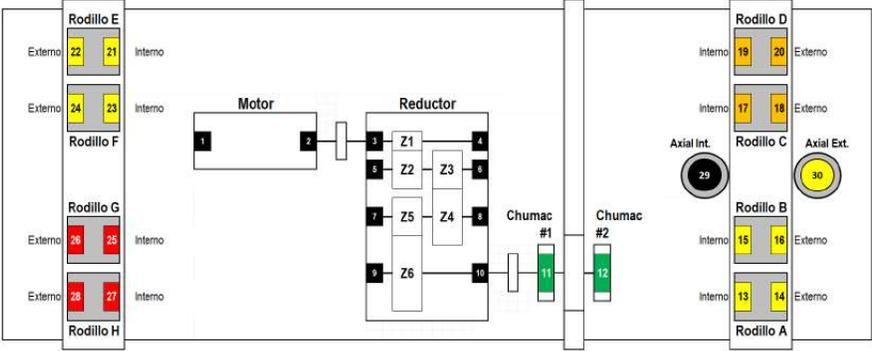
El 18 de junio, el área de Mantenimiento dio inicio al programa de multihabilidad "TRAIN THE TRAINERS" que está dirigido a nuestros técnicos de mantenimiento de planta con el objetivo de desarrollar sus capacidades.





Fuente: Tomado dpto. de mantenimiento de planta de Empresa Pesquera.

ANEXO 31. Reporte de análisis Ultrasonido para polines del Secador de Aire Caliente implementado con el RCM.

REPORTE DE CONDICIÓN					
	SECADOR DE AIRE CALIENTE TASA	Condición General:	ALERTA		
Condición: NO MONIT. No monitoreado Interpretación: Sin restricción en la operación, según los valores obtenidos.		Determinada por el Analista según su criterio de evaluación global.			
Criterio de Evaluación: <ul style="list-style-type: none"> NO MONIT. No monitoreado BUENA Sin restricción en la operación, según los valores obtenidos. OBSERVACIÓN Inicio de falla detectada o sospecha de daño. Mantener en seguimiento. ALERTA Deterioro avanzado o condición que demande intervención a mediano plazo. EMERGENCIA Falla catastrófica inminente o condición severa que demande prioridad. 		Cliente: _____ Planta: _____ Área: _____ Planta Informe N°: COSAC-IT-11-228 Analista: Anthony Sana Fecha: 23-Jul-21			
Formato N°: COSAC-FR-030 Rev 2.0		Revisado por: Anthony Sana			
1. DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES					
1.1 DIAGNÓSTICO: MOTOR: <ul style="list-style-type: none"> No monitoreado. REDUCTOR: <ul style="list-style-type: none"> No monitoreado. CONTRAEJE: <ul style="list-style-type: none"> Los rodamientos no evidencian deterioro mecánico. RODILLOS DE SOPORTE RADIAL & AXIAL: <ul style="list-style-type: none"> Ninguno de los rodillos evidencia un patrón claro de falla en sus rodamientos (BPF1, BFF0, BSF, FTF u holgura rotativa). Eso no significa que los rodamientos estén en buenas condiciones, sino que el comportamiento es atípico. Los craqueos y fricción podrían indicar el deslizamiento de las pistas en su alojamiento o eje. Rodillos "A" y "B": Rodamientos con deterioro mecánico (Etapa 2/4) Modos de falla: No definidos. Los impactos son aleatorios. Rodillos "C" y "D": Rodamientos con deterioro mecánico (Etapa 2-3/4) y probl. de lubric. Modos de falla: Posible deslizamiento. Evidencia crackeo y ruido severos. Rodillos "E" y "F": Rodamientos con deterioro mecánico (Etapa 2/4). Modos de falla: No definidos. Los impactos son aleatorios. Rodillos "G" y "H": Rodamientos con deterioro mecánico (Etapa 2-3/4). Modos de falla: Posible deslizamiento. Evidencia crackeo severo. Rodillo Axial Interno: No gira. Rodillo Axial Externo: Gira por un contacto y alejamiento periódico del anillo. Eso evidencia el desalineamiento de los anillos con los rodillos. 		1.2 RECOMENDACIONES: MOTOR: <ul style="list-style-type: none"> Continuar con el monitoreo periódico combinando vibraciones y ultrasonido. REDUCTOR: <ul style="list-style-type: none"> Instalar el filtro desecante modelo Guardian para evitar el ingreso de polvo y humedad. Realizar la inspección por videoscopia por el posible desgaste por corrosión (herrumbre). CONTRAEJE: <ul style="list-style-type: none"> Continuar con el monitoreo periódico, combinando vibraciones y ultrasonido. RODILLOS DE SOPORTE RADIAL & AXIAL: <ul style="list-style-type: none"> Cambiar los rodamientos de los rodillos "C", "D", "G" y "H". Mantener en seguimiento los demás rodillos monitoreando con el método SPM HD (Ultrasonido). Inspeccionar anualmente la superficie cilíndrica de los rodillos y de los anillos (ruedas) descartando desprendimientos o picadoras. Medir anualmente la dureza en la superficie de los rodillos y de los dos anillos (ruedas). Verificar la alineación anillos-rodillos. Mejorar las prácticas de lubricación asisténdose del Ultrasonido (Se recomienda usar el ULTRAchecker de SDT Ultrasound Solutions). 			
2. ESQUEMA DE PUNTOS DE MONITOREO Y LA CONDICIÓN DE RODAMIENTOS					
					
3. EQUIPO (SISTEMA) LISTA DE PUNTOS Y DATOS DE RODAMIENTOS/EJES					
3.1 FOTO DEL EQUIPO		3.2 DATOS DE LA MÁQUINA			
		Marca Máquina/Sistema: - Capacidad: - Marca Motor: - Pot. Motor: - Comp. Accionado: Reductor			
		3.3 LISTA DE PUNTOS Y DATOS DE RODAMIENTOS			
		Punto	Descripción	rpm	Rodamiento
		1	Motor ODE	-	-
2	Motor DE	-	-		
3	Reductor Eje #1, Lado Motor	-	-		
4	Reductor Eje #1, Lado Contraeje	-	-		
5	Reductor Eje #2, Lado Motor	-	-		
6	Reductor Eje #2, Lado Contraeje	-	-		
7	Reductor Eje #3, Lado Motor	-	-		
8	Reductor Eje #3, Lado Contraeje	-	-		
9	Reductor Eje #4, Lado Motor	-	-		
10	Reductor Eje #4, Lado Contraeje	-	-		
11	Contraeje, Chumac #1	50	-		
12	Contraeje, Chumac #2	50	-		
13-28	Rodillos de soporte	52	22311E		
29-30	Rodillos de axiales	-	-		

ANEXO N°2: VALORES ESTÁTICOS:

4.1 Resultados del Método SPM HD (ULTRASONIDO):

Límites referenciales: ≤20 ≤34 >34 HDn

Punto	Descripción	Direc.	Unidades		Abrev.	23-Jul-21	Fecha	Fecha	Fecha
Punto 1	Motor, rodamiento lado libre	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc			
Punto 2	Motor, rodamiento lado acople	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc			
Punto 3	Reduc. eje #1, rodam. lado motor	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc			
Punto 4	Reduc. eje #1, rodam. l/contraeje	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc			
Punto 5	Reduc. eje #2, rodam. lado motor	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc			
Punto 6	Reduc. eje #2, rodam. l/contraeje	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc			
Punto 7	Reduc. eje #3, rodam. lado motor	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc			
Punto 8	Reduc. eje #3, rodam. l/contraeje	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc			
Punto 9	Reduc. eje #4, rodam. lado motor	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc			
Punto 10	Reduc. eje #4, rodam. l/contraeje	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc			
Punto 11	Contraeje, Chumacera #1	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc	21 12		
Punto 12	Contraeje, Chumacera #2	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc	49 6		
Punto 13	Rodillo A, rodamiento interno	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc	68 1		
Punto 14	Rodillo A, rodamiento externo	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc	66 0		
Punto 15	Rodillo B, rodamiento interno	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc	72 1		
Punto 16	Rodillo B, rodamiento externo	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc	64 1		
Punto 17	Rodillo C, rodamiento interno	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc	77 31		
Punto 18	Rodillo C, rodamiento externo	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc	72 31		
Punto 19	Rodillo D, rodamiento interno	Zona de Carga	Método SPM	dB =	Valor máximo Valor carpeta	HDm HDc	72 32		

Fuente: Tomado informes de dpto. mantenimiento de planta de Empresa Pesquera.

ANEXO 32. Reporte de termografía implementado con el RCM de contactor de Transportador Colector Rotadiscos

Reporte de Termografía Planta Callao	
Para:	Jefe de Mantenimiento Carlos Rojas
De:	Planeamiento de Mantenimiento Predictivo Ingeniero de Planeamiento de Mantenimiento Predictivo
Instrumento utilizado:	Cámara de termografía Infrarroja, Flir E 60

I. Objetivo

- Realizar el monitoreo de condición de equipos eléctricos en todas las plantas de HyAP y Omega, mediante la utilización de la técnica predictiva de Termografía Infrarroja.

II. Personal

- Certificado en Termografía Infrarroja, Nivel I
N° 2011PE38N013

III. Tabla de criticidad de referencia

- Se toma como referencia la Neta - The International Electrical Testing Association (Asociación Internacional De Pruebas Eléctricas)

CUADRO DE CRITICIDAD UTILIZADO COMO REFERENCIA PARA TERMOGRAFIA

NIVEL	CRITICIDAD	ACCIONES RECOMENDADAS	DELTA DE TEMPERATURA (ΔT)
	NORMAL	CONTINUAR CON LAS INSPECCIONES	1° C a 10° C
	ALERTA	SOBRE CALENTAMIENTO	11° C a 20° C
	CRITICO	SOBRE CALENTAMIENTO PELIGROSO	> 21° C

IV. Equipos eléctricos inspeccionados

- TDFs: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14
- Tableros Eléctricos de Planta de Aceite.
- Tableros Eléctricos Sala de Ensaque.
- Gabinetes Eléctricos en Casa de fuerza.
- Gabinete eléctrico de Planta Agua de Cola #2.
- Gabinete Eléctrico en Tricanters y Separadora Ambiental.

UBICACIÓN	TDF #11		AVISO N°	10310102	
COMPONENTE / EQUIPO	Transportador Colector Rotadiscos - Relé Termomagnético				
FECHA y HORA DE INSPECCIÓN	27.11.2018	10:21 p.m.	NIVEL DE CRITICIDAD	CRITICO	
TEMPERATURA AMBIENTE	32° C	EMISIVIDAD	0.96	TEMPERATURA REFLEJADA	32° C
IMAGEN TERMICA			IMAGEN DIGITAL		
					
ANÁLISIS DE IMAGEN TÉRMICA					
DIAGNOSTICO					
- Bornera en la fase S presenta un delta de temperatura de (ΔT) 30.9°C y 27° C en comparación a las fases R y S respectivamente.					
RECOMENDACIONES					
- Verificar la adecuada presión del perno de sujeción en la unión de conductor eléctrico y borneras de relé					
- Verificar y mejorar el correcto alojamiento de conductor en base de bornera.					

Fuente: Tomado informes de dpto. mantenimiento de planta de Empresa Pesquera.

ANEXO 33. Reporte de análisis de aceite implementado con el RCM del reductor del Secador de Aire Caliente.

Smart Lab		Reporte de Análisis		PRECAUCIÓN	
Lubricant Analysis		Fecha de reporte: 4 Feb. 2021		Cuenta: MANTENIMIENTO PLANTA-TASA	
		Equipo: Secador de Aire Caliente			
Información del componente					
Componente: CAJA REDUCTORA		Fabricante: SEW-EURODRIVE			
Clase de Componente: Engranaje Industrial		Modelo: NO LISTADO MC3PLSF08			
		Lubricante: MOBILGEAR 600 XP 320			
Datos y Resultados de la muestra	Estado del Reporte		Precaución	Precaución	
	ID de la muestra		A000608532	A001065361	
	Nivel de servicio		Premium	Premium	
	Identificación de la botella		00046642	00093220	
	Lubricante utilizado		MOBILGEAR 600 XP 320	MOBILGEAR 600 XP 320	
	Fecha de muestreo		20 Jul. 2020	20 Ene. 2021	
	Fecha de reporte		27 Jul. 2020	4 Feb. 2021	
	Hrs/Km de Equipo		8546 Hrs	8546 Hrs	
	Hrs/Km de Aceite		8605 Hrs	500 Hrs	
	Volumen de Relleno				
	Cambio de Aceite		No	No	
Cambio de Filtro		No	No		
Comentarios de muestra					
Lubricante	Clasificación de Contaminación		Normal	Normal	
	Clasificación de Equipo		Normal	Normal	
	Clasificación de Aceite		Precaución	Precaución	
	Agua (Cualitativo)		No Detectado	No detectado	
	Código ISO (ISO 4406)		24/21/14	25/22/13	
	Conteo de Partículas > 04um		147997	165435	
	Conteo de Partículas > 06um		14282	21554	
	Conteo de Partículas > 14um		138	54	
	Índice PQ		9	13	
	Oxidación (Abs/0.1mm)		0,034	0,031	
Viscosidad a 40°C (cSt)		362,9	362,6		
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)		0	0	
	Al (Aluminio)		0	0	
	Cd (Cadmio)		0	0	
	Cr (Cromo)		0	0	
	Cu (Cobre)		0	0	
	Fe (Hierro)		14	13	
	Mo (Molibdeno)		0	0	
	Ni (Níquel)		0	0	
	Pb (Plomo)		0	0	
	Sn (Estaño)		0	0	
Ti (Titanio)		0	0		
Contaminantes (ppm)	K (Potasio)		0	1	
	Mn (Manganeso)		0	0	
	Na (Sodio)		10	3	
	Si (Silicio)		1	2	
	V (Vanadio)		0	0	
Aditivos (ppm)	B (Boro)		1	0	
	Ba (Bario)		4	4	
	Ca (Calcio)		5	4	
	Mg (Magnesio)		2	2	
	P (Fósforo)		245	231	
	Zn (Zinc)		19	19	
Recomendación y Comentarios					
-ACCIÓN REQUERIDA - ACEITE O CONDICIÓN OPERATIVA INSATISFACTORIA; Algunos resultados de ensayos exceden los límites de control. - Retome la muestra para confirmar la CONDICIÓN del aceite. - Si se confirma la CONDICIÓN, tome una acción correctiva positiva.					

Fuente: Tomado informes de dpto. mantenimiento de planta de Empresa Pesquera.

ANEXO 34. Reporte de análisis vibracional implementado con el RCM del ventilador de gas caliente del Secador de Aire Caliente

		MANTENIMIENTO PREDICTIVO - PLANTA CALLAO					
EQUIPO		VENTILADOR DE GAS CALIENTE					
ZONA	SECADO						
TAG MOTOR	300002323						
POTENCIA KW	150 KW						
RODAMIENTO. P.1	6319/C3						
RODAMIENTO. P.2	6316/C3						
TAG VENTILADOR	300001863						
RODAMIENTO. P.3	Proporcionar TASA						
RODAMIENTO. P.4	Proporcionar TASA						
NIVELES PERMISIBLES VIBRACION mm/s (RMS)							
ESTADO	COMPONENTE						
NORMAL	0.0 - 3.5						
TOLERABLE	3.5 - 7.1						
PRECAUCION	7.1 - 11.0						
ALARMA	>11						
DATOS DEL EQUIPO-PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO							
FECHA	5/06/2020	10/06/2021					
CONDICIÓN DE MOTOR	TOLERABLE	TOLERABLE					
CONDICIÓN DE VENTILADOR	TOLERABLE	TOLERABLE					
VELOCIDAD DEL MOTOR (RPM)							
VELOCIDAD DEL VENTILADO (RPM)	1207	1207					
POCENTAGE DE CARGA	100	100					
CODIGO DE CORREA	Proporc. TASA	Proporc. TASA					
N° DE CORREAS	Proporc. TASA	Proporc. TASA					
N° ASPAS VENTILADOR DEL MOTOR	Proporc. TASA	Proporc. TASA					
VIBRACIONES(mm/seg)							
MOTOR	PUNTO 1	HV(mm/s RMS)	5.31	4.52			
		VV(mm/s RMS)	1.25	6.28			
		AV(mm/s RMS)	1.88	1.27			
		Env	0.099	0.148			
		Temp@	35 °C	40 °C			
		Dbm(dBsv)	-5	5			
		Dbc(dBsv)	-10	-2			
	PUNTO 2	HV(mm/s RMS)	5.87	3.44			
		VV(mm/s RMS)	1.96	4.36			
		AV(mm/s RMS)	2.66	1.00			
		Env	0.753	0.243			
		Temp@	45 °C	51 °C			
		Dbm(dBsv)	3	11			
		Dbc(dBsv)	-7	3			
VENTILADOR	PUNTO 3	HV(mm/s RMS)	5.76	3.84			
		VV(mm/s RMS)	5.19	3.02			
		AV(mm/s RMS)	3.09	1.11			
		Env	0.867	0.291			
		Temp@	34 °C	59 °C			
		Dbm(dBsv)	23	31			
		Dbc(dBsv)	11	22			
	PUNTO 4	HV(mm/s RMS)	5.55	1.60			
		VV(mm/s RMS)	3.86	3.10			
		AV(mm/s RMS)	2.96	0.82			
		Env	1.775	0.225			
		Temp@	32 °C	58 °C			
		Dbm(dBsv)	37	27			
		Dbc(dBsv)	23	18			
CONDICION							
Observación							
MOTOR: soltura mecánica y/o falta de rigidez.							
VENTILADOR: Defectos en rodamiento (incipiente Pto.4).							
Recomendación							
MOTOR: Verificar ajuste de pernos de sujeción, nivelación de las bases del motor.							
VENTILADOR: Lubricar adecuadamente los rodamientos Pto 3 - 4. Proporcionar códigos de rodamientos y dar seguimiento a frecuencias de defectos en rodamientos. posterior a los trabajos realizar post monitoreo.							

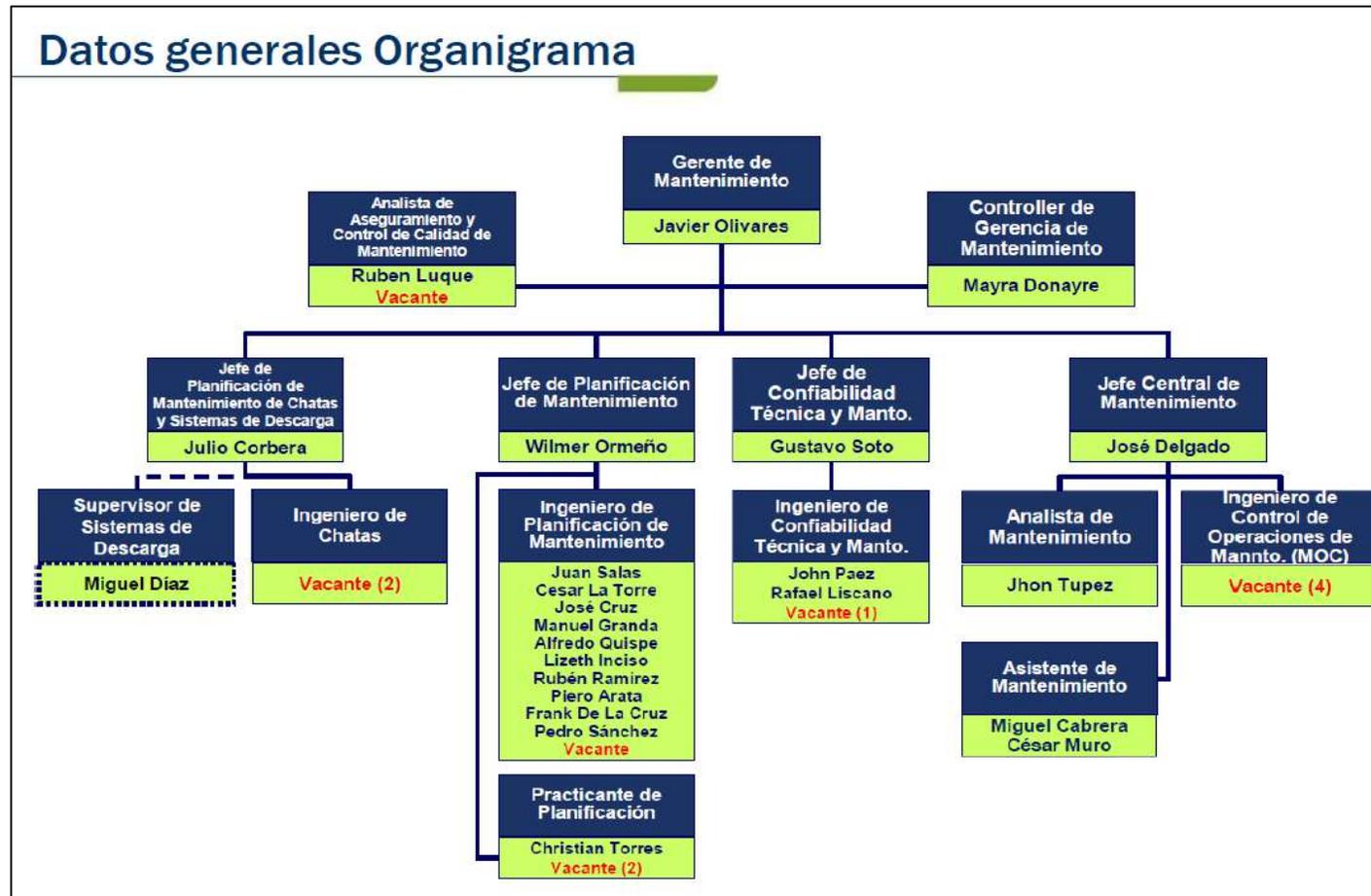
Fuente: Tomado informes de dpto. mantenimiento de planta de Empresa Pesquera.

ANEXO 35. ACR implementado con el RCM del secador de Aire Caliente

Análisis de Averías						Código	PL-AV-01	
						Revisión:		
						Fecha:		
1.-Identificación del Problema								
Planta:	Problema: Rotura de cadena			Temporada:	PRD - I	Semana:		
Aviso AF:	10292796		Máquina/EQ: Secador de Aire Caliente					
2.-Análisis del Fenómeno								
OPERADORES	¿Qué pasó?			¿Quiénes Intervinieron?				
	Parte de la Máquina: Transmisión Secador			Modo de Fallo: <input checked="" type="checkbox"/> Accidental <input type="checkbox"/> Repetitivo		Operadores:		Técnicos:
	Problema: Rotura de Cadena					Operador 1		Arturo Arrollo
	¿Cómo se detectó el problema?			¿Cuánto duró?				Carlos Benites
<input checked="" type="checkbox"/> Ruido <input type="checkbox"/> Vibración <input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/> Otros:			<input type="checkbox"/> Juego / Desgaste <input type="checkbox"/> Pérdidas / Fugas <input type="checkbox"/> Corrosión		<input type="checkbox"/> Alarmas <input type="checkbox"/> Suciedad <input type="checkbox"/> Fricción		Inicial del Fallo: 12/06/2019 23:15 Fecha: 16/06/2019 4:45 Hora: Puesta en Marcha: Tiempo de Reparación (H:min): 77.5 H	
TECNICOS	¿Cómo ocurrió el fallo? (Foto)		¿Qué puntos se examinaron?		Resultado de lo examinado		¿Qué acciones se tomaron?	
			Cadena		Roto		Cambio de cadena	
			Contra eje		Bien		Bien	
			Acoplamientos Mecánico		Roto		Cambio de Acoplamiento	
		Reductor		Bien		Bien		
		Motor		Bien		Bien		
		Chumacera		Rota		Cambio de Chumaceras		
¿Cómo crees que se podría evitar que vuelva a ocurrir?								
¿Te ocurrió en otras oportunidades? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ¿Con qué frecuencia?								
3.- Análisis del Proceso								
5M's	Causa Primaria	Causa Secundaria	Causa Terciaria	Causa Primaria	Causa Primaria	Causa Fundamental		
GENTE	Operador Reporto Revisar la cadena	Reporte lleigo y no se tomo la accion correspondientes	Por que no existe la cultura de revision de Avisos en SAP			Por que no existe la cultura de revision de Avisos en SAP		
			Produccion no registra la 100% lo avisos correctivo programado	No existe cultura de Registrar Avisos en el SAP por produccion		No existe cultura de Registrar Avisos en el SAP por produccion		
MAQUINA	Cadena ya Tenia fractura	Por que faltaba lubricacion	los eslabones estaban sin lubricacion internamente	Por que la forma como se esta lubricando exteriormente no es la correcta	No se esta lubricando al 100% la cadena	No se esta lubricando al 100% la cadena		
		Por antigüedad de la cadena	Por que tiene 7 años de antigüedad	No existe cronograma de cambio de cadena		No existe cronograma de cambio de cadena		
	Por desnivelacion de Cadena	Por que la desnivelacion puede ocasionar trancones	Por falta de nivelacion de rotatubos			Por falta de nivelacion de rotatubos		
METODO	Deficiencia en la lubricacion de la cadena	Por que la bandeja que tiene no es la correcta esta expuesta a la contaminacion				Por que la bandeja que tiene no es la correcta esta expuesta a la contaminacion		
MEDIO AMBIENTE		El olin de los calderos genera contaminacion por el tipo de combustible				El olin de los calderos genera contaminacion por el tipo de combustible		
	La polucion del medio es bastante alto	Falta Hermetizacion en los secadores rotatubos fuga de Harina				Falta Hermetizacion en los secadores rotatubos fuga de Harina		
		Cuando Hay reproceso el montacarga traslada Harina esta genera polucion				Cuando Hay reproceso el montacarga traslada Harina esta genera polucion		
4.- Plan de Accion								
ACCIONES PARA QUE NO VUELVA A OCURRIR								
	Causa -Fundamental	¿Qué hacer?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Por qué?	¿Cuándo está previsto?	¿Cuándo se cumplió?	
	Por que no existe la cultura de revision de Avisos en SAP	Genera un reporte semanal de aviso con sus indicadores	Bajando la informacion del SAP soportandose del asistente del mantenimiento	D. Rodriguez	Para garantizar que se revisen los avisos generados por planta			
	No existe cultura de Registrar Avisos en el SAP por produccion	Coordinar con el Superintendente y Jefes de turno el registro de todas las averias	Registrando en el Sap	J.Rios	Para Garantizar que todas las averias esten registradas en			
	No se esta lubricando al 100% la cadena	Fabricar Bandeja para lubricar cadena	Fabricandola hermeticamente para no contaminar el aceite	Jrios.	Garanatizar que la cadena este lubricada			

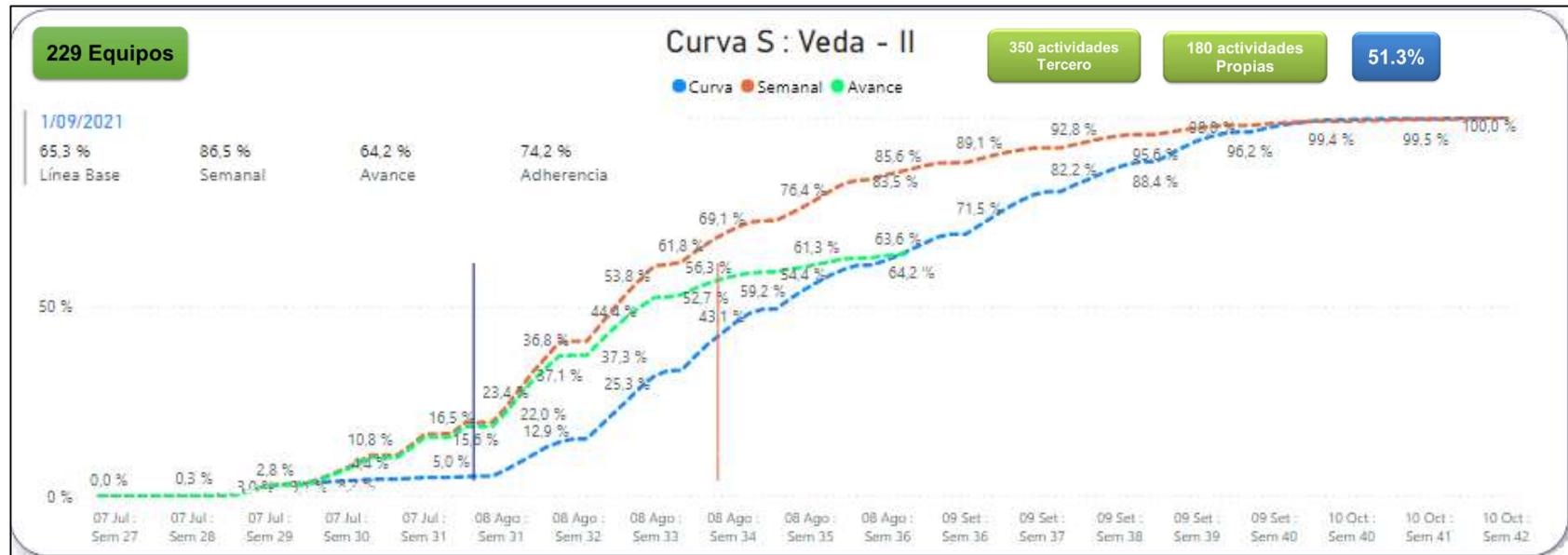
Fuente: Tomado informes de dpto. mantenimiento - confiabilidad de planta de Empresa Pesquera.

ANEXO 36. Organigrama mejorado con el RCM del área de mantenimiento



Fuente: Tomado informes de dpto. mantenimiento de planta de Empresa Pesquera.

ANEXO 37. Seguimiento y control de la programación de mantenimiento



Fuente: Tomado informes de dpto. mantenimiento de planta de Empresa Pesquera.