



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CRITICIDAD PARA  
AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS ÁREA DE  
PRODUCCIÓN DE CONSERVAS DE PIMIENTO EN LA EMPRESA  
DANPER TRUJILLO S.A.C.”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO**  
**PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

Br. Encina Ruiz Franklin (<https://orcid.org/0000-0001-7790-6300>)

**ASESOR:**

Ing. Segundo Gerardo Ulloa Bocanegra (<https://orcid.org/0000-0003-1635-9563>)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Gestión Empresarial y Productiva

**TRUJILLO - PERÚ**

**2019**

## PAGINA DEL JURADO

---

PRESIDENTE  
Mg. Elmer Tello De La Cruz

---

SECRETARIO  
Dr. Ricardo Darío Mendoza Rivera

---

VOCAL  
Mg. Segundo Gerardo Ulloa Bocanegra

## **DEDICATORIA**

A ti Dios, por acompañarme y darme  
Las fuerzas y permitir terminar la  
carrera, por los triunfos y los  
momentos difíciles que me enseñaron  
a valorar la vida.

A mis padres y familiares más  
ceranos que con su sencillez y  
humildad son los verdaderos  
forjadores de mi persona

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la universidad privada cesar vallejo por brindarme los conocimientos académicos en mis años de estudio, a los distintos profesores que con sus enseñanzas y con sus conocimientos contribuyeron a enriquecer mis destrezas que son vitales para lograr mis objetivos trazados, no obstante agradecer de una manera especial a mi asesor en esta investigación al Ing. Ulloa Bocanegra, Eduardo, por sus constantes apoyos incondicionales.

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Yo Franklin Encina Ruiz con DNI N°70576784, a efecto de cumplimiento con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

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

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

Trujillo, octubre 2019

**Franklin Encina Ruiz**

## PRESENTACION

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada **“PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CRITICIDAD PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS ÁREA DE PRODUCCIÓN DE CONSERVAS DE PIMIENTO EN LA EMPRESA DANPER TRUJILLO S.A.C.”**, con el propósito de implementar el plan de mantenimiento basado en criticidad para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de conservas de pimiento de la empresa Danper Trujillo SAC., en el cumplimiento de reglamento de grados y títulos de la universidad Cesar Vallejo para obtener el título profesional de ingeniero industrial.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El Autor.

## ÍNDICE

<b>PAGINA DEL JURADO</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	4
<b>DECLARACION DE AUTENTICIDAD</b> .....	5
<b>PRESENTACION</b> .....	6
<b>RESUMEN</b> .....	9
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	11
<b>1.2. TRABAJOS PREVIOS</b> .....	13
<b>1.3. TEORÍAS RELACIONAS AL TEMA</b> .....	16
<b>1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	26
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</b> .....	26
<b>1.6. HIPÓTESIS</b> .....	26
<b>1.7. OBJETIVOS</b> .....	27
<b>II. METODO</b> .....	28
<b>2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	28
<b>2.2. VARIABLES</b> .....	28
<b>2.2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> .....	29
<b>2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA</b> .....	30
<b>2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	30
<b>2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS</b> .....	31
<b>2.6. ASPECTOS ÉTICOS</b> .....	31
<b>III. RESUSLTADOS</b> .....	32
<b>3.1. CALCULAR LA CRITICIDAD ACTUAL DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE CONSERVAS DE PIMIENTO PIQUILLO EN LA EMPRESA DANPER TRUJILLO S.A.C</b> .....	32
<b>3.1.1 BREVE DESCRIPCION DE LA EMPRESA</b> .....	32
<b>3.1.2. EQUIPOS DEL AREA DE PRODUCCION</b> .....	33
<b>3.1.3. IDENTIFICACION PRELIMINARES PARA LA IDENTIFICACION DE RIESGOS</b> .....	35
<b>3.1.4. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS</b> .....	42
<b>3.1.5. ANALISIS DE LOS ESTADOS DE RIESGO</b> .....	46
<b>3.1.6. RESULTADOS DE LA MATRIZ CTR (CRICIDAD TOTAL POR RIESGO)</b> .....	

3.2. CALCULO DE DISPONIBILIDAD ACTUAL.....	49
3.3. SIMULACION EN EL PROGRAMA PROMODEL.....	52
A). SIMULACION ACTUAL.....	52
B). SIMULACION MEJORADA.....	54
3.4. Evaluar el impacto de la criticidad de los equipos posterior a simulación en el programa Promodel.....	60
3.4.1. Análisis de costos.....	62
3.4.2. Comparación de la Disponibilidad a nivel inferencial.....	64
IV. DISCUSIÓN.....	66
IV. CONCLUSIONES.....	68
VI. RECOMENDACIONES .....	70
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
VIII. ANEXOS.....	73

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal implementar un plan de mantenimiento basado a la criticidad para aumentar la disponibilidad de los equipos del área de producción de la empresa Danper Trujillo S. A. C.

La presente investigación se realizó y ejecuto con una muestra de 52 equipos del área de producción de la planta de conservas y se analizaron las condiciones en su estado actual basándose en el indicador de la disponibilidad tal resultado es equivalente a un 90%, el análisis de criticidad total realizado a los 52 equipos reflejó como resultado 7 equipos críticos, 17 de media criticidad y 13 no críticos y 15 equipos no presentan ningún riesgo. Esta evaluación se realizó mediante ponderaciones de criterios, y posterior a ello se propuso el plan de mantenimiento para los equipos críticos obteniendo un incremento en la disponibilidad de 97%. De tal manera se corrobora la hipótesis y nos indica que un plan de mantenimiento basado en criticidad mejora la disponibilidad; lo que nos indica que en el tiempo de implementación, la propuesta ha sido rentable para el área de producción y la empresa.

**Palabras claves:** criticidad, disponibilidad.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research work was to implement a maintenance plan based on criticality to increase the availability of equipment in the production.

The present investigation was carried out and executed with a sample of 52 teams from the production area of the canning plant and the conditions in their current state were analyzed based on the availability indicator. This result is equivalent to 90%, the analysis of Total criticality performed to the 52 teams reflected as a result 7 critical teams, 17 of critical criticality and 13 non-critical teams, and 15 teams presented no risk. This evaluation was made by weighting criteria, and after that a maintenance plan for critical equipment was proposed, obtaining an increase in availability of 97%. In this way, the hypothesis is corroborated and it indicates that a maintenance plan based on criticality improves availability; which indicates that in the time of implementation, the proposal has been profitable for the production area and the company.

**Keywords:** Criticality, Availability.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En la actualidad se presta más cuidado en las operaciones de estímulo económico que al avance industrial de los países que se encuentran en desarrollo. Hay que tener en cuenta que el éxito no debe reducirse solamente en la inversión en plantas nuevas de producción y de aplicación de tecnologías modernas, sino que es de vital importancia usar en forma óptima las plantas que ya existen siempre operativas y para ello se debe contar y brindar con un servicio completo de mantenimiento, seguro, confiable y económico de cada uno de los activos de la empresa. Se debe tener en cuenta 2 reglas básicas en la mejora continua de una empresa. Inicialmente optimizar los procesos de mantenimiento; ya que con el tiempo aparecen deterioros en los equipos; para ello se aumenta los niveles de inversión en el mantenimiento de los equipos con un mínimo en el costo de producción. Luego, para que el proyecto sea exitoso, se debe involucrar el interés y cooperación de los involucrados en la institución. (Reporteroindustrial, 2014)

Actualmente las industrias en nuestro país cuentan con muchas deficiencias relacionadas a la capacidad para realizar gestión del mantenimiento y, La Libertad aún más presenta muy bajas capacidades de gestión de mantenimiento comparado con otras ciudades; es más, en todo el país las deficiencias son críticas por el manejo informal del mantenimiento en sectores de servicio y productivo. En nuestro país algo del 30% de las actividades de producción están formalizadas, y de este no más de un 10% se ubican en la industria grande; implica que un 3% de las empresas nacionales tienen por lo menos un plan o algún programa en mantenimiento. En las demás empresas, existe una baja probabilidad de que se gestione algún mantenimiento; lo cual repercute en una demanda baja de especialistas, con una calidad baja de productos, operación insegura de máquinas, y por lo tanto una competitividad baja de la industria del país.

La empresa no cuenta con el programa de inspección basado en criticidad siendo líder en el rubro agroindustrial se dedica a comercializar y exportar

productos agrícolas: alcachofa, pimiento, espárrago, palta, uva, etc. Cada uno de estos productos en sus diferentes presentaciones de llegada al mercado nacional e internacional (enlatado, envasado, etc.).

En la nave de proceso solo son realizadas con mucha frecuencia tareas relacionadas con el mantenimiento correctivo y no existe una interrelación bien definida entre la problemática diaria a procedente de los sucesos fortuitos en las máquinas y equipos por interfaces de averías. Los provechos que se adquieran con la implantación del plan de mantenimiento basado en criticidad serán considerablemente óptimos, pero también existirán pérdidas en las distintas etapas del proceso ya sea en horas/hombre, materia prima y paradas no programadas de las máquinas.

Asimismo, la empresa en esta área tiene un promedio de 9 horas de paradas semanal lo cual implica que los costos de operación se vean afectados.

Recientemente se ha detectado y observado, recibido quejas de los encargados del proceso de producción que los flujos de producción están incumpléndose por las frecuentes caídas en las maquinarias ocasionando demoras por paradas de equipos y maquinaria defectuosa, aumento de horas/hombre ociosa, no cumplimiento de pedidos programados, baja de la calidad e inocuidad de los insumos o materia prima entre otros inconvenientes que inciden considerablemente la productividad de la compañía y lógicamente esto lleva un incremento de costos de producción. En cuanto a la producción de pimiento la empresa Danper cosecha 40 Toneladas del pimiento california 3 toneladas por hora; con el pimiento piquillo 50 Toneladas 4 toneladas por hora. Asimismo, el pimiento pasa por una serie de procesos: horneado, lavado, derrabado, revisado, pesado, adición del líquido, cerrado, proceso térmico, empaque y venta.

En adición a lo antes mencionado la comunicación supervisor a trabajador no es muy fluida, causando el poco compromiso y capacitación de personal de mantenimiento, esto conlleva a que algunas actividades no se desarrollen con claridad, generando algunas nuevas programaciones de mantenimiento.

Operaciones que desarrollen no cuenten con la calidad estimada ocasionando así mantenimiento reprogramados.

Por lo antes expuesto, es necesario hacer una evaluación del cálculo de criticidad mediante el riesgo semicuantitativo para el área de producción de conservas de pimiento piquillo, para así poder reducir al mínimo los tiempos fuera de servicio.

En este proyecto busca aumentar la disponibilidad en los equipos en el área que se produce conservas de pimiento piquillo.

La planta de producción de conservas de pimiento, consta de los siguientes equipos y maquinarias que se muestran en el anexo B1.

## **1.2. TRABAJOS PREVIOS**

La investigación de (Singh, 2016) realizada en la India, titulada “Multi-State Componente Criticality Analysis For Reliability Improvement of Process Plant” buscó realizar un análisis de criticidad para un sistema de proceso cuyas unidades son; unidad de prueba, unidad de cocción, unidad de refrigeración, unidad de corte y la unidad de embalaje, usando el de análisis de criticidad. De la población total de equipos en estudio se puede concluir que la disponibilidad del sistema ha mejorado aplicando el análisis de criticidad en un 3.67%,1.29%, 0.64%,0.13%, 2.32% en las unidades de prueba, cocción, refrigeración, y la unidad de embalaje respectivamente. Además, se puede aumentar más al incrementar las tasas de reparación que a su vez puede lograrse mediante la incorporación de correctivo eficiente mantenimiento y mantenimiento preventivo de diferentes subsistemas. (Gurwinder Singh. G. 2016).

En cuanto a la investigación de Arraéz en el año (2006), el cual fue titulado “Aplicación de la Metodología de Confiabilidad Inspección Basada en Riesgo para Mejorar los Planes de Inspección de la Planta Destiladora 1 de la Refinería de Amuay PDVSA-CRP, Edo. Falcón”, cuyo objetivo fue aplicar la metodología Inspección basada en riesgo (IBR). Para ello, la investigación se vio enmarcada en cinco (05) fases donde se realizó inicialmente un estudio de la situación actual de planta para luego recopilar toda la información necesaria para la puesta en marcha del proyecto. Como resultado en este estudio se

obtuvo un plan de inspección adaptado a mecanismos de degradación y a las variables y de cada equipo estático de la planta objeto del estudio. (Arraez, Juan Francisco 2006).

Por otro lado, el trabajo de investigación de (Cruz, 2015) realizada en Lima, Titulada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad y confiabilidad en máquinas circulares en la empresa textil WG S.A.C-Lima” Cuyo objetivo fue incrementar la disponibilidad de las 40 máquinas circulares textiles de las marcas (Vanguard, Monark y Mayer) a través de un análisis de criticidad basado en riesgo. En el presente estudio evaluó todas las máquinas circulares operativas de la empresa WG S.A.C. en el periodo de enero a diciembre del año 2015. Obteniendo como resultados un aumento significativo en la disponibilidad de 82.03% a 98.5 %. Además, impuso un plan de mantenimiento preventivo para mejorar el TMPR y el TMEF.

Además, el investigador Soto en la ciudad de Huancayo, realizó un trabajo de grado titulado “Identificar la criticidad de equipos para mejorar el circuito molienda en la planta concentradora Cía. minera Antamina”, cuyo objetivo fue conocer cuales equipos presentaban un índice alto de criticidad, incluyendo las acciones mecánicas de cada equipo circuito molienda en la concentradora de la Compañía Minera ANTAMINA. Se determinaron 7 criterios en criticidad: frecuencia de fallas, línea de producción, impacto en la seguridad, operacional, costo de reparación, impacto ambiental e impacto en las comunidades. Con la clasificación de criticidad de los equipos altamente críticos se identificaron las acciones mecánicas más críticas para mejorar el circuito molienda. Con la organización de los equipos podemos observar como resultados para que el impacto operacional tiene un valor elevado de 9 para las áreas (A310, A240 y A245), lo que significa que la pérdida de producción cambia de 81% y 100%. (Soto Catillo H, 2016).

Además el investigador (Edgard, 2016) en la ciudad de Lima realizó el trabajo de grado titulado “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la

disponibilidad de la empresa Uesfalia Alimentos S.A.”, cuyo objetivo de su investigación fue incrementar la disponibilidad de los equipos en sus principales etapas del proceso. El presente estudio lo realizó el análisis basada en Riesgo para cuantificar la criticidad, y lo realizó para 37 equipos que conformaban las distintas líneas de producción de la empresa (sala de inyección, proceso, cocción y empaque). El estudio de criticidad lo aplicó en el periodo de enero a octubre del 2016. Como resultados obtuvo una mejora en el indicador de disponibilidad de los equipos de 97.14% a 99.36%, presentando un aumento de 2,22%.

Además, el investigador Zegarra, Raúl (2016) en la ciudad de Trujillo, realizó el trabajo de grado titulado “Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Criticidad de los Equipos Biomédicos de la Clínica Sánchez Ferrer, Para Aumentar su Confiabilidad” El objetivo de su investigación fue aumentar la confiabilidad de los equipos utilizados en los procedimientos médicos aplicando la técnica del análisis de criticidad. En su trabajo realizó una evaluación en la que se encontraban los indicadores utilizados en la gestión del mantenimiento, y encontró que la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad presentaban un 19.15%, 85.05% y 94.03 respectivamente, además de encontró que 19 equipos tenían inferiores índices de mantenimiento. Este estudio de criticidad lo aplicó a 52 equipos biomédicos y también encontró que 20 equipos presentaban alto nivel de criticidad, 6 equipos un nivel de criticidad medio y 26 equipos no críticos. Se realizó con 6 factores: frecuencia de fallas, impacto en pacientes, impacto del personal en mantenimiento, impacto de la producción, impacto del mantenimiento e impacto ambiental.

Asimismo, impuso, un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que tenían mayor criticidad, obteniendo un aumento en los índices de mantenimiento de 13.92%, 5.47% y 3.95% en la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad. (Zegarra, 2016).

Por otro lado, el trabajo de investigación de (Martín, 2016) realizada en Trujillo, Titulada “Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para aumentar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la Empresa Representaciones y Servicios Técnicos América S.R.L Trujillo” Cuyo objetivo

fue incrementar la confiabilidad y la disponibilidad de la maquinaria pesada a través de un análisis de criticidad basado en riesgo. En el presente estudio analizó 14 máquinas pesadas operativas de la empresa: cargadores frontales, excavadoras, retroexcavadoras, volquetes, motoniveladora y rodillo neumático; en el año 2015 se identificó un total de 1768 horas de reparación, que originaron una gran pérdida económica por fallas en plena producción de 298400 nuevos soles. Obteniendo como resultados un aumento significativo en la disponibilidad de 87.17% a 92.23 %.

### **1.3. TEORÍAS RELACIONAS AL TEMA**

Según BS 3811 (**Norma Británica**) podemos definir al mantenimiento como la técnica que logra la buena conservación de los equipos asociando los distintos tipos de técnicas industriales en una función requerida. La función requerida puede ser definida como una condición dada. De acuerdo con Olives, R. (1994); menciona que el mantenimiento es una serie de acciones y/o intervenciones que se realizan en una máquina para su buena conservación asegurando la productividad y seguridad. El mantenimiento no solamente tiene que apuntar a actuar con acciones que mejore la conservación de los activos sino, también enfocarse a la mejora continua de los procesos, incorporando tecnología a los mismos.

La **Importancia del mantenimiento** No todas las empresas en el mundo cuentan con un mantenimiento adecuado y efectivo el cual ayude a las compañías en producir de manera óptima sin paradas o pérdidas de tiempo y por lo tanto utilidades. Esto a consecuencia de que normalmente el mantenimiento es realizado en casos de emergencia sin ningún plan que ayude a su desarrollo y a sus costos total que implica por lo que se busca tener un plan el cual incluya la organización, optimizando los factores disponibles siendo aceptado y adoptado por todos. **Según García, O. (2012)**, “La Vitalidad del mantenimiento yace de la observación que todo equipo sufre, por una serie de distintas causas, deterioro o desgaste, que es esencialmente de tres tipos”, los **Objetivo de fiabilidad** De acuerdo con García, S. (2009-2012); indica que la fiabilidad se resume en un indicador para medir la capacidad de una industria para producir y cumplir con su plan planificado.

Los agentes a tener en consideración al realizar los cálculos de este indicador son dos:

- Horas anuales de producción
- Horas anuales de parada o reducción de carga debidas exclusivamente a mantenimiento correctivo no programado

El **Objetivo de vida útil de la planta**, es aquel que se encarga de asegurar la vida útil para el sistema. En otras palabras, las plantas industriales deberían ir degradándose de acuerdo con lo planificado. Para así la disponibilidad, fiabilidad y el coste del mantenimiento, de esta manera no se afecten los objetivos fijados por un periodo de tiempo. **García, S. (2009-2012)**. Un mantenimiento el cual tiene una mala gestión, con baja cantidad de tiempo dedicadas a cumplir las actividades para prevenir, con baja inversión para mantener, y personal técnico calificado, basado en reparaciones repentinas, provoca el desgaste y degradación rápida de toda instalación industrial. El **Objetivo de cumplimiento del presupuesto** **García, S. (2009-2012)**; afirma que los objetivos ya mencionados como disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad no se pueden obtener de un momento a otro. Esta área deberá cumplir con sus objetivos teniendo en cuenta sus costos establecidos en dichos programas de mantenimiento. Esta evaluación debe ser analizado con cautela, por lo que se debe tener en cuenta que un presupuesto por debajo a lo que la línea de producción requiere empeoraría los resultados de producción de forma irremediable provocando también la reducción de la vida útil de las instalaciones; asimismo, un presupuesto por encima de lo requerido empeoraría los resultados de la cuenta de explotación.

Según **García, O. (2012)**. **Mantenimiento reactivo**, define al mantenimiento reactivo como “el conjunto de tareas desarrolladas en los procesos, equipos industriales, mecánicos, infraestructuras, o edificios, cuando a causa de una falla, se requiere recuperar su operación principal.” Según **García, O. (2012)**. **Mantenimiento proactivo** Define al mantenimiento proactivo como: “sistema opuesto del sistema reactivo, es decir que las acciones de mantenimiento se ejecutan antes de que ocurra la falla del equipo. En la operación proactiva la prevención de fallas se hace a través de inspecciones

y de acciones preventivas y predictivas.”; estos se fueron mejorando ya que el mantenimiento reactivo es basado a la corrección de fallas se realizan al momento de estas, teniendo tiempo perdido, mientras el mantenimiento proactivo se encarga de prever el acontecimiento de fallas basado en las probabilidades de cada maquinaria. Son mantenimientos que se fueron mejorando para garantizar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad durante el tiempo que se opere. Los **Tipos y niveles de mantenimiento** De todos los tipos de mantenimiento existentes los más usados son tres los cuáles se han posicionado como las técnicas básicas para el sistema de mantenimiento, estos son:

- Mantenimiento Correctivo (CM)
- Mantenimiento Preventivo (PM)
- Mantenimiento Predictivo (CBM)

**Mantenimiento correctivo**, es la técnica orientada a corregir una falla que sucede en un momento determinado. Es el modelo más antiguo de mantenimiento, o su versión más simple en la historia, en el equipo quien determina las paradas. **El objetivo** es asegurar que el mantenimiento se realice en el más corto tiempo posible con un costo mínimo que amerite la situación, se hace notar por tener un coste elevado en la mano de obra y alta funcionabilidad de la misma, debido a que los niveles inventario de los repuestos son altos para poder dar solución cualquier eventualidad de falla imprevistas. Habitualmente este tipo de mantenimiento es desarrollado en las pequeñas empresas. **Desventajas**, tiempos muertos por fallas imprevistas, una falla que no se prevenga es probable que con el tiempo pueda hacer fallar otras partes del equipo, ocasionando paradas más prolongadas muchas veces la falla se en un momento en que la producción no puede parar, se incurre en un trabajo de condición insegura dado que esto afectara a la calidad y será muy evidente debido a los desgastes avanzados en todas las maquinas. **(Ingenieriaindustrialonline, 2016)**. El **Mantenimiento preventivo**, consiste en evitar las ocurrencias de daños en las máquinas y equipos en las distintas etapas del proceso. El cual abarca

una programación de tareas evaluadas y establecidas con el afán de anticiparse a las anomalías.

(ingenieriaindustrialonline, 2016), en cuanto a los tipos se tiene los de más uso actualmente: **Mantenimiento periódico**, efectuado después de un rango de tiempo; de seis y doce meses. Se realizan grandes paradas con reparación y limpieza total. Para ello se coordina con el departamento de producción, el cual debe prevenir cantidades necesarias para atender el mercado mientras la duración de la parada. Así mismo deben contarse con los repuestos necesarios, para no caer en sobrecostos por compras de último momento. **Mantenimiento programado**, consiste en actividades en determinadas frecuencias para realizar cambios en el comportamiento de las maquinas con una determinada planeación de trabajos. **Mantenimiento de mejora**, es aquel que innova a través de los distintos pasos para un bien común reflejándose en excelente resultados. **Mantenimiento autónomo**, es la actividad que nace por iniciativa del operador, colaborando con las disciplinas del mantenimiento (ingenieriaindustrial, 2016). El **Mantenimiento predictivo**, Según **Olives, R (1994)**, manifiesta que el mantenimiento predictivo consiste en hacer la programación para la intervención antes de que se produzca la falla, teniendo en cuenta ciertos factores que se mencionan a continuación , la vibración, temperatura, ruido, los cuales son unos indicadores que nos permiten identificar cuando un equipo está próximo a una avería. **Olives, R. (1994)**, menciona que para hacer el diseño de un plan de mantenimiento en una empresa primero hay que definir el ámbito del plan. Si este se realizará con personal externo, propio o mixto. Dependiendo de los recursos y estructura de la empresa, según **Torres, L (2005)** define la **Gestión de mantenimiento** como el desempeño de la gestión de mantenimiento se basa en actuar sobre todos los aspectos de importancia para el óptimo funcionamiento de la empresa organizando las actividades de una manera clara y detallada generando ordenes de trabajo y el cumplimiento de los lineamientos, elaboración de los KPI, cierre de OT, cumplimiento de programaciones de mantenimiento.

**Tiempo promedio entre fallas (MTBF) - (Mean Time Between Failure)**

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de paradas correctivas}}$$

Según (Dounce, 2009), manifiesta que el MTBF “Empleado en sistemas en los que el tiempo de reparación es significativo con respecto al tiempo de operación (sistemas reparables)”.

#### **Tiempo promedio para la falla (MTTF) - (Mean Time To Fail)**

$$MTTF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

Según (Dounce, 2009), manifiesta que “el MTTF se usa en sistemas no reparables o en equipos en que el tiempo de reparación tiene poca significación en relación a los tiempos de operación. La definición es similar al MTBF”.

#### **Tiempo promedio para reparación (MTTR) - (Mean Time To Repair)**

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total reparaciones correctivas}}{\text{Número reparaciones correctivas}}$$

La **inspección basada en riesgo (IBR)**, es en términos comunes la palabra riesgo tiene varios significados, pero generalmente se refiere a la probabilidad o posibilidad de una pérdida. También se la utiliza para describir la magnitud de una posible pérdida. Esta metodología se fundamenta básicamente en evaluar los activos dentro del proceso enfocados en los mecanismos de deterioro, Así, los posibles eventos con un riesgo elevado tienen una alta posibilidad que resultan en grandes consecuencias o pérdidas. Los posibles sucesos de riesgo con índices bajos son aquellos que tienen una probabilidad muy baja y con pérdidas no relevantes. El discernir el aspecto en dos dimensiones del riesgo,

nos posibilita establecer nuevas percepciones para hacer uso del riesgo como un instrumento para jerarquizar las actividades de inspección y/o verificación. Por lo consiguiente, la formula a emplearse será:

$$\text{Riesgo (Consecuencias/Año)} = P \times C$$

Según Yáñez la formula anterior busca entender el indicador de diagnosticar hechos y toma de decisiones. Mediante el indicador, se comparan escenarios y hechos que en situaciones diarias resultarían disímiles, pero en ciertos escenarios deben ser considerados. **(yañez, 2004)**

La estimación de la probabilidad y de las consecuencias permite obtener una jerarquización del riesgo (costo/año), lo cual convierte a la IBR en una herramienta para tomar decisiones del negocio. Al conocerse el costo de las medidas de reducción del riesgo (actividades de inspección), se puede realizar un análisis costo-beneficio para determinar los niveles apropiados de inversión de los recursos disponibles. El usuario deberá tener precaución y usar su buen juicio ingenieril al utilizar la metodología de Inspección Basada en Riesgo, ya que la misma no es un Análisis Cuantitativo de Riesgos. Intrínsecamente, la metodología es una técnica híbrida que combina las disciplinas de análisis de riesgo e integridad mecánica. Algunas de las técnicas usadas en Inspección Basada en Riesgo son similares a las utilizadas en el Análisis Cuantitativo de Riesgos tradicional. Sin embargo, ambas herramientas no son intercambiables entre sí. Es deseable que el usuario tenga conocimiento y comprenda los fundamentos del Análisis Cuantitativo de Riesgos tradicional antes de aplicar un programa de Inspección Basada en Riesgo, lo cual permitirá al usuario entender la diferencia entre las dos metodologías, y conocer el lenguaje desarrollado en el análisis de riesgos. Según **Yáñez** La **incertidumbre y riesgo** es una de las definiciones que se da a la incertidumbre es el atributo de todo lo que rodea al hombre y del hombre mismo; en cuanto sobre el nivel de incertidumbre se indica como un valor de la inseguridad o nivel de desconocimiento acerca de la medida que puede tener una variable, proceso o fenómeno bajo estudio. El **Mejoramiento del programa de inspección** es uno

de los productos de la aplicación de la metodología IBR es el esfuerzo para mejorar el programa de inspección, mediante la obtención del riesgo más bajo razonable. Para llevar a cabo esto, una empresa puede encontrar que se pueden dirigir sus limitados recursos de inspección desde los equipos de bajo riesgo (los cuales pueden estar sobre-inspeccionados) hacia los equipos de mayor riesgo (que pueden estar sub-inspeccionados).

Los cambios en el riesgo como consecuencia de los cambios en las actividades planificadas de inspección pueden ser evaluados con los resultados de la aplicación de la metodología IBR, y comparados con los cambios en los recursos de inspección utilizados para determinar si se está alcanzando la optimización del riesgo, es decir, si se están reduciendo el riesgo total y los costos de inspección.

**Descripción de la metodología análisis de criticidad** para realizar el análisis de criticidad se efectúa una matriz que está compuesta por códigos de colores que permite hallar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el índice de Criticidad bajo análisis.

Para determinar la criticidad cuantitativamente, se realiza un cálculo sencillo, la cuales es representada con la siguiente fórmula

$$Cr = I.F.F \times C \quad (1)$$

Dónde: tenemos valor crítico, impacto de la frecuencia de falla y la consecuencia

Esto se determina con la siguiente fórmula:

$$C = I.P * I.M * I.P.M * I.P.A * I.A \quad (2)$$

A continuación seguiremos los siguientes pasos:

**PRIMERO.** Se deberán organizar los niveles de análisis en donde se ingresar los datos obtenidos de análisis descritos en la matriz para ser clasificada según los estándares de la criticidad clasificando así el activo de los sucesos inesperados en el tiempo , **SEGUNDO.** La probabilidad de la frecuencia de falla y la colisión global o consecuencia de los daños que ocasionan se encuentra sujeto bajo parámetros utilizando criterios y rangos preestablecidos

### **Criterios y rangos para estimar las consecuencias de las fallas.**

Los daños al personal de mantenimiento, impacto a la población y al medio ambiente serán clasificados estimando los criterios de fallas.

Los Impactos en la Producción (IP) cuantifican las derivaciones en lo que los eventos no deseados surgen en las distintas etapas del proceso.

$$C_p = (TPR \times C_{up}) (3)$$

Donde:

C<sub>p</sub>: Costos de producción de los equipos biomédicos (S. /año)

TPR: Tiempo para reparar de los equipos biomédicos (horas/año)

C<sub>up</sub>: Costo unitario de producción por equipo biomédico (S. /hora)

El valor resultante permitirá categorizar el IP de acuerdo con los criterios de la figura 3 Categoría de los Impactos.

Los impactos asociados a Daños de las instalaciones o costos de mantenimiento DI o CM, se evaluarán considerando los siguientes factores:

- Equipos afectados
- Costos para reparar
- Costos de mano de obra  $C_m = (\text{Costo de repuesto} + \text{costo de mantenimiento})$

**TERCERO:** Una vez obtenido el valor de la criticidad se realizara el cálculo de la cual se busca en la Matriz de Criticidad diseñada para determinar el nivel de criticidad de acuerdo con los valores y la jerarquización establecidos

Se aplicará la siguiente fórmula:

**Criticidad = Frecuencia x consecuencia**

Para las variables se utilizan los valores preestablecidos como “categorías” de las tablas Categoría de las Frecuencias de Ocurrencia y Categoría de los impactos, respectivamente. Con el dato obtenido se ubica en la Matriz de Criticidad diseñada para PEP, como se observa en el anexo de figuras (figura N° 9). **CUARTO – ANALISIS Y VALIDACION DE RESULTADOS:** Analizar resultados para definir acciones que minimicen el impacto que se asocie a los modos de falla definidos que originan la falla funcional.

**QUINTO – DEFINIR EL NIVEL DE ANALISIS:** El valor encontrado de la frecuencia del parámetro de ocurrencia por el impacto o daño podrá “clasificar” los inconvenientes, partes y equipos basado en la criticidad. Este es la finalidad del análisis de criticidad.

**SEXTO – DETERMINAR LA CRITICIDAD:** Es la parte final de la propuesta metodológica. Al evaluar un activo se obtienen frecuencias de altas ocurrencias, las actividades que se recomiendan para conseguir la criticidad del resultado más admisible deben guiar sus proporciones a bajar la frecuencia de ocurrencia del suceso. Si el dato de criticidad presenta altos resultados en alguna de los tipos de consecuencias, las actividades deben ser dirigidas a reducir las consecuencias que el suceso puede resultar. Es recomendable lo siguiente:

- Conocer causas raíz de las actividades desde su inicio y a su vez recomendar operaciones que las anulen usando el Análisis Causa Raíz (RCA).
- Reducir los efectos en las frecuencias en las fallas a través de las aplicaciones de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) e IBR.

- Usando el análisis RAM validar los resultados.

La **Disponibilidad**, cuantifica pérdidas que se originan por paradas que no se han programado. Indica el % de tiempo de operación real de la maquina o equipo. Se puede definir en la siguiente formula:

$$D(t) = \frac{\sum \text{Tiempos disponibles para la producción}}{\sum \text{Tiempos disponibles para la producción} + \sum \text{tiempos en mantenimiento}}$$

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

Tiempo promedio entre fallas (MTEF)

(Mean Time Between Failure)

$$MTEF = \frac{N^0 \text{ de horas de operación}}{N^0 \text{ de paradas correctivas}}$$

Tiempo promedio para reparación (MTTR)

(Mean Time To Repair)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}}{N^0 \text{ de reparaciones correctivas}}$$

El **Objetivo de disponibilidad** Según **GARCÍA, S. (2009-2012)**; menciona que “La disponibilidad de una planta se conceptualiza: que es funcionabilidad de un equipo en un determinado periodo, en la cual está sujeto a la aparición de fallas funcionales”.

(Promodel, 2016) Según **el artículo de Promodel**. Afirma que es un simulador capaz de optimizar procesos con comandos avanzados para efectuar modelos de simulación y optimizarlos. Permite efectuar la simulación de cualquier tipo

de sistemas de manufactura. Una vez que el modelo ha sido creado, encontramos los márgenes permisibles que configuran la modulación.

#### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué forma un plan de mantenimiento basado en la criticidad incide en la disponibilidad de equipos en el área de producción de la planta de conservas de pimiento de la corporación Danper Trujillo S.A.C.?

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Este proyecto de investigación se justifica teniendo en cuenta estos criterios:

Se justifica teóricamente, en la cual busca contribuir mediante el tratamiento de la información esencial proporcionada con la administración y ejecución de métodos y herramientas de aplicación en todo el proceso de producción del área de producción de la planta de conservas de pimiento con el propósito de alcanzar beneficios para la empresa.

En cuanto a lo práctico; con la propuesta de análisis de criticidad basada en riesgo logrará que la organización cuente con las herramientas necesarias de mantenimiento, para aumentar la disponibilidad y confiabilidad en el área de producción, y a la vez teniendo en cuenta una mejora.

También en la justificación valorativa, se necesita estandarizar mediante procedimientos de trabajo y sistemas que aseguren que el trabajo se realice correctamente.

En la justificación tecnológica, ya que se propondrá una nueva forma de mantenimiento. También se pretende a su vez ser generadora de argumentos referenciales a futuras investigaciones para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial.

#### **1.6. HIPÓTESIS**

La elaboración de un plan de mantenimiento basado en la criticidad, aumentará la disponibilidad de los equipos en el área de producción de conservas de pimiento piquillo en la empresa Danper.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un plan de mantenimiento basado en criticidad para aumentar la disponibilidad de equipos en el área de producción de la planta de conservas de pimiento en la empresa Danper Trujillo S.A.C

### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

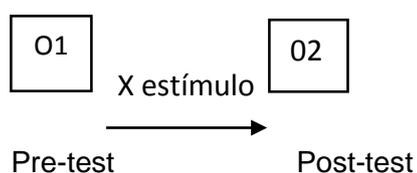
- Calcular la criticidad actual de los equipos en el área de producción de conservas de pimiento piquillo utilizando la metodología CTR en la planta.
- Evaluar la disponibilidad de equipos críticos tras la evaluación de CTR Y establecer el plan de mantenimiento basado en la criticidad la planta.
- Realizar una simulación de la frecuencia de fallas para hallar la disponibilidad en el programa Promodel.
- Evaluar el impacto de la criticidad de los equipos posterior a la simulación en el programa Promodel 2016

## II. METODO

### 2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

**Pre Experimental.** Se tiene una inspección menor de la variable independiente, se ejecuta en una determinada área (conservas de pimiento piquillo), esta administra un estímulo (mantenimiento basado en criticidad) mediante el cual se puede evaluar el efecto de la variable dependiente (Disponibilidad de equipos), adhiriendo un ensayo antes y un ensayo posterior al haber efectuado estímulo.

#### Esquema:



#### Donde:

G: Empresa Danper Trujillo SAC

O1: La actualidad de la empresa Danper SAC

X: Tratamiento, estímulo o condición experimental

O2: Lo que se observa con la implementación en la empresa Danper SAC.

### 2.2. VARIABLES

#### 2.2.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Criticidad independiente (cualitativa):** Nos indica el nivel de riesgo que presenta los equipos, calculados a partir de la frecuencia de falla y la probabilidad de falla.

**Disponibilidad dependiente (Cuantitativa):** Mide las pérdidas originadas por las paradas no programadas, además, el porcentaje del tiempo en que el equipo o máquina está operando realmente.

## 2.2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>				
<b>Plan de mantenimiento centrado en criticidad</b>	Serie de actividades para la identificación de los niveles en cual se encuentra un activo, para lo cual examina la operación del mismo bajo el punto de vista operacional. (Kardek A, y NasciF, J , 2002)	Mejora de los indicadores de mantenimiento mediante el análisis de criticidad según la Metodología IBR (API 581)		
		Matriz CTR	1. Riesgo de Fallas críticas 2. Riesgo de Fallas semi-críticas 3. Riesgo de Fallas no críticas	RAZON
		Nivel de prioridad de riesgo	1. Área de Sistemas críticos (C) 2. Área de sistemas media criticidad (MC) Bajo 3. Área de sistemas no críticos (NC)	RAZON
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>				
Indicadores en Gestión de Mantenimiento	Funcionabilidad de un equipo en un determinado periodo expuesto a fallas funcionales. García, S. (2009-2012).	Depende del tiempo promedio entre fallas, tiempo medio para reparación y número de fallas.	$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$ $TMEF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operacin}}{N^{\circ} \text{ de paradas correctivas}}$ $TMPR = \frac{\text{Tiempo total de reparacion}}{N^{\circ} \text{ de reparaciones correctivas}}$	RAZÓN

**Tabla 1. Matriz Operacionalización**

**Fuente: Elaboración propia**

## **2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **Población**

Se tomara como población a todos los equipos la cual está representada por el área de producción de la empresa Danper Trujillo S.A.C la cual implica a los 57 equipos de la empresa agroindustrial.

## **2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

- Para calcular la criticidad actual de los equipos de operación, recurrimos a los documentos históricos de mantenimiento de la empresa Danper del cual se extraen las frecuencias de fallas; para calcular la probabilidad de Falla empleamos la técnica de análisis de criticidad total del riesgos (CTR), y utilizaremos como instrumento la matriz de resultados de riesgos ( ver anexo de Figura N° 12,13 y tabla N° 11 )
- Para evaluar la disponibilidad de los equipos, se utilizó como técnica análisis ficha de documentos y como instrumento un formato de cálculos tal y como se presenta en el anexo Tabla N° 19.
- Para realizar la modulación se utilizó el software de Promodel con el cual simulo la disponibilidad de los equipos críticos, para esto se utilizará la técnica de Simulación y como instrumento el software Promodel (ver anexo imagen N° 18 )
- Para comparar la mejora y el antes luego de haber implementado del plan de mantenimiento preventivo se empleó como técnica la observación y como instrumento cuadros comparativos (figura N°19 )

## **2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

### **2.5.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVOS**

A nivel descriptivo, se elaboran gráficos dinámicos, tablas de frecuencias, análisis cuantitativos, tablas dinámicas, diagrama de Gantt. .

### **2.5.2. ANÁLISIS INFERENCIAL**

Para evidenciar la hipótesis se acude a los ensayos de escala razón a la equiparación de muestras a equipos ejecutando un examen estadístico de Shapiro – Wilk para verificar la naturalidad de las referencias por incumbir a datos cuantitativos, donde se determinará si los datos tienen un comportamiento normal, de ser así se aplicará la prueba t-student y si no la prueba estadística de Wilcoxon con un 95% de nivel de confianza, para probar la hipótesis

## **2.6. ASPECTOS ÉTICOS**

El investigador del presente estudio se compromete a respetar la originalidad de los trabajos previos, la veracidad de dichos resultados, la confiabilidad de los datos proporcionados por la empresa Danper Trujillo S.A.C. y a no revelar la identificación de las personas que participan en el presente estudio, así como a solo tomar los datos coordinados con los gerentes de Mantenimiento y producción.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. CALCULAR LA CRITICIDAD ACTUAL DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE CONSERVAS DE PIMIENTO PIQUILLO EN LA EMPRESA DANPER TRUJILLO S.A.C

##### 3.1.1 BREVE DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Empresa agroindustrial, es una asociación de capitales daneses y peruanos. Es por eso, el origen de su nombre: “Dan” por Dinamarca (Danmark en Danés) y “Per” por Perú. Esta agroindustrial cultiva con esmero, eficiencia y alta tecnología un diverso portafolio de hortalizas, frutas finas y granos andinos.



**Figura 1. Ubicación geográfica**

**Fuente. Google Maps.**

### **3.1.2. EQUIPOS DEL AREA DE PRODUCCION**

Las áreas del equipo de producción de la empresa Danper cuentan con diferentes equipos en las distintas áreas del proceso productivo como son:

Horneado, Línea de proceso 01, Línea de proceso 02, Línea de proceso 03, Línea de proceso 04, Líquido de gobierno, Cerrado, Autoclave.

Cada equipo cumple una función en el proceso del pimiento y esparrago, para lo cual se encuentran categorizados.

Los equipos citados a continuación pertenecen a la planta situada en la ciudad de Trujillo.

Cada equipo cumple con distinta función para la producción del pimiento piquillo, por lo general este proceso productivo cumple con estándares de alta inocuidad en lo que estoy equipos deben estar preparado ante cualquier inconveniente

A continuación detallaremos los equipos.

**Tabla 2. Listado de equipos de planta Danper S.A.C**

<b>EMPRESA</b>	<b>CODIGO</b>	<b>EQUIPO</b>
DTSAC	<b>10000841</b>	BIOMBO DESPEPITADOR -01-L2 /NV 02
DTSAC	<b>10000842</b>	BIOMBO DESPEPITADOR -01-L3 /NV 02
DTSAC	<b>10000843</b>	BIOMBO DESPEPITADOR -01-L4 /NV 02
DTSAC	<b>10000844</b>	BIOMBO DESPEPITADOR -01-L5 /NV 02
DTSAC	<b>10000845</b>	BIOMBO DESPEPITADOR -01-L6 /NV 02
DTSAC	<b>10000911</b>	CORTADORA DE TIRAS -01 -L6 /NV 02
DTSAC	<b>10000915</b>	ELEVADOR A HORNO -01-02 /NV 02
DTSAC	<b>10000916</b>	ELEVADOR A HORNO -03 /NV 02
DTSAC	<b>10000917</b>	EXAUSTER- 01- L1/NV 02
DTSAC	<b>10000918</b>	EXAUSTER- 02- L1/NV 02
DTSAC	<b>10000919</b>	EXAUSTER- 03- L1/NV 02
DTSAC	<b>10000920</b>	EXAUSTER- 04- L1/NV 02
DTSAC	<b>10000921</b>	EXAUSTER- 05- L1/NV 02
DTSAC	<b>10000922</b>	EXAUSTER- 06- L1/NV 02
DTSAC	<b>10000945</b>	HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO -01 /NV 02
DTSAC	<b>10000946</b>	HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO -02 /NV 02
DTSAC	<b>10000947</b>	HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO -03 /NV 02
DTSAC	<b>10000978</b>	MARMITA- 01/NV 02
DTSAC	<b>10000979</b>	MARMITA- 02/NV 02
DTSAC	<b>10000980</b>	MARMITA- 03/NV 02
DTSAC	<b>10000981</b>	MARMITA- 04/NV 02
DTSAC	<b>10000982</b>	MARMITA- 05/NV 02
DTSAC	<b>10000983</b>	MARMITA- 06/NV 02
DTSAC	<b>10000992</b>	PAILA MESCLADORA DE LIQ. DE GOB- 01 /NV 02
DTSAC	<b>10000993</b>	PAILA MESCLADORA DE LIQ. DE GOB- 02 /NV 02
DTSAC	<b>10000994</b>	PAILA MESCLADORA DE LIQ. DE GOB- 03 /NV 02
DTSAC	<b>10000995</b>	PAILA MESCLADORA DE LIQ. DE GOB- 04 /NV 02
DTSAC	<b>10000996</b>	PAILA MESCLADORA DE LIQ. DE GOB- 05 /NV 02
DTSAC	<b>10001063</b>	QUEMADOR 01 HORNO 01/NV 02
DTSAC	<b>10001064</b>	QUEMADOR 02 HORNO 02/NV 02
DTSAC	<b>10001065</b>	QUEMADOR 03 HORNO 03/NV 02
DTSAC	<b>10002425</b>	TAMBOR PELADOR PRINCIPAL/ NV 02
DTSAC	<b>10001021</b>	TRANSP. ALIMENTA A CORT. DE TIRAS L6/NV 02
DTSAC	<b>10002427</b>	TRANSP. ALIMENTA A DESPEPITADOR L2/NV 02
DTSAC	<b>10002428</b>	TRANSP. ALIMENTA A DESPEPITADOR L3/NV 02
DTSAC	<b>10002429</b>	TRANSP. ALIMENTA A DESPEPITADOR L4/NV 02
DTSAC	<b>10002430</b>	TRANSP. ALIMENTA A DESPEPITADOR L5/NV 02
DTSAC	<b>10001054</b>	TRANSP. DESCARTE DE DESRRABADO -01-L2/NV 02
DTSAC	<b>10001055</b>	TRANSP. DESCARTE DE DESRRABADO -02-L2/NV 02
DTSAC	<b>10001056</b>	TRANSP. DESCARTE DE DESRRABADO -03-L2/NV 02
DTSAC	<b>10001057</b>	TRANSP. DESCARTE DE DESRRABADO -04-L2/NV 02
DTSAC	<b>10001037</b>	TRANSP. DE PESADO - 01- L1/NV 02

DTSAC	<b>10001038</b>	TRANSP. DE PESADO - 02- L2/NV 02
DTSAC	<b>10001039</b>	TRANSP. DE PESADO - 03- L3/NV 02
DTSAC	<b>10001040</b>	TRANSP. DE PESADO - 04- L4/NV 02
DTSAC	<b>10001041</b>	TRANSP. DE PESADO - 05- L5/NV 02
DTSAC	<b>10001042</b>	TRANSP. DE PESADO - 06- L6/NV 02
DTSAC	<b>10001027</b>	TRANSP. DESRRABADO - 01- L2/NV 02
DTSAC	<b>10001028</b>	TRANSP. DESRRABADO - 02- L3/NV 02
DTSAC	<b>10001029</b>	TRANSP. DESRRABADO - 03- L4/NV 02
DTSAC	<b>10001030</b>	TRANSP. DESRRABADO - 04- L5/NV 02
DTSAC	<b>10001053</b>	TRANSP. PRINCIPAL DESCARTE DE PIMIENTO / NV 02
DTSAC	<b>10001058</b>	TRANSP. PRINCIPAL DISTRIB. DE PIMIENTO / NV 02
DTSAC	<b>10001048</b>	TRANSP. SELECCIÓN,LAVADO Y ENV- 01-L2/NV 02
DTSAC	<b>10001049</b>	TRANSP. SELECCIÓN,LAVADO Y ENV- 02-L3/NV 02
DTSAC	<b>10001050</b>	TRANSP. SELECCIÓN,LAVADO Y ENV- 03-L4/NV 02
DTSAC	<b>10001051</b>	TRANSP. SELECCIÓN,LAVADO Y ENV- 04-L5/NV 02

**Fuente. Danper Trujillo S.A.C**

### **3.1.3. IDENTIFICACION PRELIMINARES PARA LA IDENTIFICACION DE RIESGOS**

Como primer paso se realizar la identificación preliminar de riesgo lo cual se obtendrá datos en los reportes de tiempos perdidos de la planta Danper – Trujillo, en el periodo Enero – marzo 2018, el cual presenta las siguientes paradas tal y como se identifica en la tabla N° 3.

**Tabla 3. Análisis de fallas según reporte de tiempo perdido**

EQUIPO	AREA	DESCRIPCION DEL EVENTO	TIEMPO DE PARADA POR FALLA			TIEMPO DE MTT	CAUSA
			OPERACIÓN	MECANICAS	ELECTRICO	TIEMPO DE PARADA NO PROGRAMADA	
HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO -O1 /NV 02	HORNEADO	ROTURA DE CADENA DE TRANSMISION		60		210	FATIGA DE TRABAJO
HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO -O1 /NV 02	HORNEADO	ARO DE TRTANSMISION DESOLDADO		100			FATIGA DE TRABAJO
HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO -O1 /NV 02	HORNEADO	SE SALIO CHAVETA DE EJE DE TRANSMISION		50			VIBRACION
MARMITA- 05/NV 02	LIQ,GOBIERNO	VALVULA ESFERICA TIENE PASE		30		140	FATIGA DE TRABAJO
MARMITA- 05/NV 02	LIQ,GOBIERNO	SERPENTIN PICADO PRESENTA FUGA DE VAPOR		110			FATIGA DE TRABAJO
EXAUSTER- 05-L1/NV 02	CERRADO	INGRESO AGUA A BORNERA			45	90	OPERACION
EXAUSTER- 05-L1/NV 03	CERRADO	RODAJE YAR EN MAL ESTADO		45			FATIGA DE TRABAJO
ELEVADOR A HORNO -03 /NV 02		DESPRENDIMIENTO DE HILOS DE FAJA SANITARIA		40		40	DESALINEAMIENTO
TRANSP. DE PESADO - 03-L3/NV 02	PESADO	DESALINEAMIENTO DE ESPROCKERS		30		30	SOBRECA RGA
TRANSP. DE PESADO - 02-L2/NV 02	PESADO	PASOS DE BANDA MODULAR ROTO		20		20	TRABAMIE NTO
BIOMBO DESPEPITADOR - 03-L4 /NV 02	LAVADO	SALIDA DE CHAVETA DE EJE MOTRIZ		15		15	VIBRACION

**Fuente. Área de producción**

EQUIPO	AREA	DESCRIPCION DEL EVENTO	TIEMPO DE PARADA POR FALLA			TIEMPO DE MTT	CAUSA
			OPERACIÓN	MECANICAS	ELECTRICO	TIEMPO DE PARADA NO PROGRAMADA	
CORTADORA DE TIRAS -01 -L6 /NV 02	CORTE	POLIN DE FRAJA SANITARIA DESALINEADA		130		255	FATIGA DE TRABAJO
CORTADORA DE TIRAS -01 -L6 /NV 02	CORTE	CUCHILLAS DE CORTE MAL REGULADAS		125			MALA CALIBRACION
TRANSP. SELECCIÓN,LAVADO Y ENV- 01-L2/NV 02	SELECCIÓN Y LAVADO	DESPRENDIMIENTO DE HILOS DE FAJA SANITARIA		55		94	DESALINEAMIENTO
TRANSP. SELECCIÓN,LAVADO Y ENV- 01-L2/NV 02	SELECCIÓN Y LAVADO	RODAJE YAR EN MAL ESTADO CON DESGASTE		39			FATIGA DE TRABAJO
TRANSP. DE PESADO - 04-L4/NV 02		BANDA MODULAR PATINA EN ESPROCKERS		30		30	FATIGA DE TRABAJO
SERRADORA SONME 314 Nº10	CERRADO	CAIDA EN EL CIERRE DEL ENVASE			45	90	DESCALIBRACION
CERRADORA SONME 314 Nº11	CERRADO	CAIDA EN EL CIERRE DEL ENVASE		45			DESCALIBRACION
CERRADORA SONME 314 Nº 27	CERRADO	CAIDA EN EL CIERRE DEL ENVASE		7		7	MALA CALIBRACION

Fuente. Área de producción

EQUIPO	AREA	DESCRIPCION DEL EVENTO	TIEMPO DE PARADA POR FALLA			TIEMPO DE MTT	CAUSA
			OPERACIÓN	MECANICAS	ELECTRICO	TIEMPO DE PARADA NO PROGRAMADA	
HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO -01 /NV 02	HORNEADO	CHUMACERA DE SOPORTE DE RODILLO EN MAL ESTADO		30		30	FATIGA DE TRABAJO
QUEMADOR 01 HORNO 01/NV 02	HORNEADO	FALLA EN ELECTRODO DE FLAMA DE QUEMADOR			200	615	HUMEDAD
QUEMADOR 01 HORNO 01/NV 02	HORNEADO	HUMEDAD EN SENSOR DE LLAMA			80		HUMEDAD
QUEMADOR 01 HORNO 01/NV 02	HORNEADO	FUGA DE GAS POR VALVULA REDUCTORA DE PRESION			160		FATIGA DE TRABAJO
QUEMADOR 01 HORNO 01/NV 02	HORNEADO	RESIDUOS DE ACEITE EN TREN DE GAS			110		FATIGA DE TRABAJO
QUEMADOR 01 HORNO 01/NV 03	HORNEADO	FALLA EN TARJETA ELECTRONICA DE TREN DE VALVULAS DE GAS			65		SULFATADO
CERRADORA DE FRASCOS STV- 41 L2	CERRADO	FALLA EN SENSOR Y JOCKEY			75	105	HUMEDAD
CERRADORA DE FRASCOS STV- 41 L2	CERRADO	FALLA EN SENSOR Y JOCKEY			30		HUMEDAD
CERRADORA SONME 314 Nº 27	CERRADO	TRABAMIENTO DE TAPAS DE ENVASE	20			20	MALA CALIBRACION

Fuente. Área de Producción

### 3.1.4. CREACIÓN DE MATRIZ DE CRITICIDAD.

Para identificar los equipos más críticos utilizaremos la metodología de criticidad total de riesgo (CTR).

Tabla 4. MATRIZ CTR

<b>MATRIZ CRITICIDAD TOTAL DE RIESGOS</b>	
<b>Proyecto:</b>	ANALISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS DEL AREA PRODUCCION
<b>Código CTR:</b>	DANMANT001
<b>Área</b>	MANTENIMIENTO
<b>Planner</b>	FRANKLIN ENCINA
Riesgos Identificados: 37	
Riesgos Alto Impacto: 7	



Fuente. Datos de paradas de producción empresa Danper Trujillo S.A.C

#### 3.1.4.1. IDENTIFICACION DE RIESGOS

Como segundo paso asociamos los riesgos para lo cual crearemos un ID de riesgo para cada falla citada en la tabla N°5, la cual evaluara las condiciones de los mismos.

**Tabla 5. Evaluación de riesgos**

ID Riesgo	Título	Descripción	Clasificación / Categoría	Condiciones	Consecuencias	EQUIPO
R001	Fuga de condensado	Válvula de condensado en mal estado	3 - Soporte Técnico	Falta de programación de mantenimiento	Rotura de tuberías	MARMITA N° 05
R002	retorno de vapor	Condensación del Exahuster	3 - Soporte Técnico	Falta de mantenimiento	Perdida de combustible	EXAHUSTER N°1
R003	cortocircuito al motor	Sistema eléctrico	3 – Disponibilidad	no se realiza termográficos	Cortocircuito	TAMBOR DESPEPITADOR 03
R004	Consumo elevado de energía	Desalineamiento de sprocker	2 – Desarrollo	Desalineamiento	sobre esfuerzo de trabajo	CADENA INTRALOX (PESADO)
R005	Producto sin cortar	Faja en mal estado	2 – Diseño	Desalineamiento	Faja desnivelada	FAJA DE CORTE 01
R006	Retraso en la producción	Atascamiento de faja	2 – Diseño	Incumplimiento de parámetros	Rotura de faja	FAJA DE SELECCIÓN 02A
R007	Retraso en la producción	Atascamiento de faja	2 – Diseño	Incumplimiento de parámetros	Rotura de faja	FAJA DE SELECCIÓN 02A
R008	Rotura de cadena	Desajuste de dientes, cadena floja	4 – Tecnología	Desalineamiento	sobre esfuerzo de trabajo	CADENA INTRALOT 04
R009	Rotura de cadena	Pasos de cadena intralox rotas	2 – Diseño	Desalineamiento	sobre esfuerzo de trabajo	CADENA INTRALOT 03
R010	Tambor inoperativo	Eje de rotador roto	2 – Desarrollo	No cuenta con ultrasonido	Daños en la simetría del tambor	TAMBOR DESPEPITADOR 03
R011	Retraso en la transmisión	Cadena de sistema de transmisión rota	2 – Diseño	Desalineamiento	sobre esfuerzo de trabajo	TAMBOR DESPEPITADOR 04
R012	Elevadas temperaturas	Chumaceras en mal estado	2 – Diseño	Falta de lubricación	desgaste bocinas y elementos rodantes	HORNO 1
R013	Perdida líquido de gobierno	Motor de bomba de líquido de gobierno desfasada	2 – Requerimientos	Falla de variador de frecuencia	amperajes elevados	EXAHUSTER 01
R014	Atoro de producto	Paleta de faja deformada	2 – Diseño	Incumplimiento de parámetros	rotura de paleta	ELEVADOR DE PIMIENTO
R015	Atoro de materia extraña	Desprendimiento de materias extrañas	3 - Ambiente Operativo	Electroimán defectuoso	ingreso de materia extraña	CADENA INTRALOX (PESADO) 03
R016	Retraso en la transmisión	Cadena de transmisión rota	3 – Herramientas	Desalineamiento	sobre esfuerzo de trabajo	CADENA TRANSMISION ( REVISADO) 02
R017	Rotura de soportes	Soportes giratorias desgastados	2 – Diseño	Diseño inadecuado	desplazamiento axial	TAMBOR DESPEPITADOR 03
R018	Perdida de vapor	Fuga de vapor en válvula	2 – Desarrollo	Falta de mantenimiento	Perdida de combustible	EXAUSTER 1

<b>R019</b>	Perdida de agua	Fuga de bomba de agua	2 – Diseño	Sello mecánico en mal estado	Perdida de flujo de agua	AUTOCLAVE 10
<b>R020</b>	Vibraciones extensas	Rodaje de vibrador de envases en mal estado	3 – Disponibilidad	soltura mecánica	Desbalanceo del equipo	LLENADORA FERLO
<b>R021</b>	Accidentes	Guardas de protección desoldadas	3 – Seguridad	Condición insegura	incremento de accidentes	TAMBOR DESPEPITADOR 04
<b>R022</b>	Sin ingreso de flujo	Válvula Malograda	3 – Herramientas	Check atascada	Disminución de flujo	HORNO 1
<b>R023</b>	No enciende por suciedad	Suciedad y regulación presostato	3 - Ambiente Operativo	Inadecuada limpieza	Bloqueo de presostato	QUEMADOR 01
<b>R024</b>	Acumulación de flujo	Válvula de seguridad en mal estado	2 – Diseño	válvula deteriorada	rotura de válvula	MARMITA N°1
<b>R025</b>	Elevadas temperaturas	Chumacera en mal estado	2 – Diseño	Diseño inadecuado	Fundición de rodamiento	TAMBOR PELADO PRINCIPAL
<b>R026</b>	Retraso en la producción	No prende motor	4 – Tecnología	Motor no tiene fittings	función elementos rodantes	DERRABADO 01
<b>R027</b>	Fuga de agua	Sello mecánico en mal estado	2 – Diseño	Sello inadecuado	Disminución de flujo de agua	PAILA 01 (BOMBA)
<b>R028</b>	Rotura del pistón	Desgaste de eje de polín	3 - Soporte Técnico	alimentación de aire deficiente	Rotura de brazo de pistón	CORTADORA DE TIRAS 01
<b>R029</b>	Rotura de discos de corte	Eje de discos de corte desgastados	3 - Soporte Técnico	Disco desgastado	Desprendimiento de partículas	CORTADORA DE TIRAS 01
<b>R030</b>	Rotura de faja	Faja sanitaria en mal estado	4 – Tecnología	Faja desalineada	caída de producto	CORTADORA DE TIRAS 01
<b>R031</b>	Perdida de vapor	Válvula de vapor averiada	3 – Herramientas	válvula deteriorada	rotura de válvula	EXAUSTER
<b>R032</b>	Motor inoperativo	Motor eléctrico no prende	4 – Tecnología	No tiene guarda motor	Elevadas cargas	ROTONDA DE FERLO 01
<b>R033</b>	Elevadas temperaturas	Chumacera en mal estado	2 – Diseño	Diseño inadecuado	Fundición de rodamiento	FAJA DE REVISADO 01
<b>R034</b>	Retraso en la producción	Cadena de transmisión rota	3 - Soporte Técnico	Desalineamiento	sobre esfuerzo de trabajo	FAJA DE DERRABADO 2
<b>R035</b>	rotura de faja	Faja sanitaria en mal estado	2 – Diseño	Desalineamiento	Faja desnivelada	FAJA DE DERRABADO 2
<b>R036</b>	rotura de polín	Polín de transmisión presenta desgaste	3 – Herramientas	Polín sobre paso su ciclo de vida	caída de polín	FAJA DE DISTRIBUCION PRINCIPAL
<b>R037</b>	Consumo elevado de energía	Cadena rota y piñones desalineados	3 - Soporte Técnico	Desalineamiento	Rotura de dientes de piñones	HORNO 02

Fuente. Danper Trujillo S.A.C

### 3.1.4. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS.

La planificación de riesgos es un proceso bastante estructurado con un diseño basado en la criticidad que tiene como objetivo identificar los riesgos y la forma de actuar frente a estos, y definir como estos serán controlados durante la ejecución del proyecto. Esta información generada se describe en la matriz de criticidad, los cuales están establecidos en registro de riesgos y plan de control de riesgos, estos forman parte del plan del proyecto que debe ser aprobado por el sponsor o el comité de dirección.

Ingresar el ID de riesgo seguido al título en la cual se otorga una ponderación de la probabilidad e impacto y como resultado tendremos la exposición al riesgo la cual será priorizado según evaluación.

Para lo cual establecemos una fecha límite para cada problema y en qué estado se encuentra, lo cual mostraremos según lo mencionado en las siguientes tablas N° 6, 7 y 8.

**Tabla 6. Porcentaje de Probabilidad**

Estados para riesgos	Probabilidad %
Poco Probable	20%
Probablemente no suceda	40%
Probable	60%
Altamente Probable	80%
Seguramente suceda	100%

**Fuente. Análisis Criticada Total de riesgos**

**Tabla 7. Impacto de criticidad**

Impacto de criticidad	
Expresión	Puntuación
Muy Bajo	2
Bajo	4
Moderado	6
Alto	8
Critico	10

**Fuente. Análisis Criticada Total de riesgos**

**Tabla 8. Estado para los riesgos**

Estados para riesgos
00 - EN GESTION
01 - ACTIVACION MITIGACION
02 - ACTIVACION CONTINGENCIA
98 – RESUELTO
99 – CERRADO

**Fuente. Análisis Criticada Total de riesgos**

**Tabla 9. Evaluación de riesgos**

Análisis					Gestión				
ID Riesgo	EQUIPO	Probabilidad (Porcentaje)	Impacto (Numérico)	Exposición (Numérico)	Prioridad	Fecha límite	Estado	Motivo	Fecha estado
10	QUEMADOR 01	100%		10.00	1	30/05/2018	01 - ACTIVACION MITIGACION	Mitigación activada	2/06/2018
10	FAJA DE CORTE 01	100%		10.00	2	5/06/2018	01 - ACTIVACION MITIGACION	Mitigación activada	07/06/2018
10	HORNO 1	100%		10.00	3	10/06/2018	01 - ACTIVACION MITIGACION	Mitigación activada	12/06/2018
R029	MARMITA N°5	80%	10	8.00	4	12/06/2018	01 - ACTIVACION MITIGACION	Mitigación activada	14/06/2018
R011	FAJA DE SELECCIÓN 01 <sup>a</sup>	80%	8	6.40	5	13/06/2018	01 - ACTIVACION MITIGACION	Mitigación activada	15/06/2018
R021	EXAHUSTER 01	80%	6	4.80	99	15/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	22/06/2018
R006	FAJA DE SELECCIÓN 01B	60%	6	3.60	99	17/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	24/06/2018
R007	CANCO 06 A	60%	6	3.60	99	19/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	
R002	ELEVADOR DE PIMIENTO	20%	4	0.80	99	12/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	13/06/2018
R003	CADENA INTRALOX 03	80%	6	4.80	99	18/06/2018	01 - ACTIVACION MITIGACION	Mitigación activada	20/06/2018
R022	CANCO 06 B	40%	10	4.00	99	6/06/2018	01 - ACTIVACION MITIGACION	Mitigación activada	8/06/2018
R004	CADENA INTRALOX 04	80%	4	3.20	99	9/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	11/06/2018
R020	HANDA 05 <sup>a</sup>	40%	6	2.40	99	10/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	13/06/2018

R027	HANDA 05B	40%	6	2.40	99	11/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	14/06/2018
R030	CADENA INTRALOX 02	40%	4	1.60	99	12/06/2018	01 - ACTIVACION MITIGACION	Mitigación activada	14/06/2018
R023	312- ETAYO	20%	2	0.40	99	13/06/2018	01 - ACTIVACION MITIGACION	Mitigación activada	14/06/2018
R014	TAMBOR DESPEPITADOR 03	60%	8	4.80	99	16/06/2018	02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	Contingencia activada	19/06/2018
R026	AUTOCLAVE 10	80%	6	4.80	99	17/06/2018	02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	Contingencia activada	19/06/2018
R008	MARMITA N°1	60%	6	3.60	99	18/06/2018	02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	Contingencia activada	23/06/2018
R009	PAILA 01	60%	6	3.60	99	19/06/2018	02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	Contingencia activada	20/06/2018
R015	DERRABADO 1	60%	6	3.60	99	20/06/2018	02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	Mitigación activada	21/06/2018
R025	CORTADORA DE TIRAS 1	60%	6	3.60	99	21/06/2018	02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	Contingencia activada	23/06/2018
R005	FAJA DE REVISADO 01	40%	6	2.40	99	22/06/2018	02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	Mitigación activada	24/06/2018
R010	FAJA DE DISTRIBUCION PRINCIPAL	40%	4	1.60	99	25/06/2018	02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	Mitigación activada	27/06/2018
R016	HORNO N° 2	40%	4	1.60	99	24/06/2018	00 - EN GESTION	Contingencia activada	27/06/2018
R024	FAJA DE REVISADO 02	40%	4	1.60	99	26/06/2018	00 - EN GESTION	Contingencia activada	27/06/2018
R028	LLENADORA FERLO	30%	4	1.50	99	25/06/2018	00 - EN GESTION	Mitigación activada	28/06/2018
R019	ROTONDA DE FERLO 1	20%	2	0.40	99	28/06/2018	98 - RESUELTO	Contingencia finalizada	28/06/2018

R017	FAJA DE SELECCIÓN N° 1ª	20%	2	0.40	99	29/06/2018	99 - CERRADO	Mitigación finalizada	29/06/2018
R031	FAJA DE SELECCIÓN N° 2ª	100%	6	6.00	99	15/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	2/01/1900
R032	FAJA DE SELECCIÓN N° 3ª	60%	8	4.80	99	2/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	22/06/2018
R033	FAJA DE SELECCIÓN N° 4ª	100%	8	8.00	99	2/06/2018	02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	Contingencia activada	9/06/2018
R034	AUTOCLAVE 9	40%	10	4.00	99	2/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	10/06/2018
R035	MARMITA N°2	40%	8	3.20	99	4/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	11/06/2018
R036	MARMITA N°3	20%	10	2.00	99	5/06/2018	00 - EN GESTION	Gestión	12/06/2018
R037	LLENADOR DE FERLO B	40%	6	2.40	99	6/06/2018	02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	Gestión	13/06/2018
R001	PAILA 2	60%	6	3.60	99	14/06/2018	00 - EN GESTION	Asumido (se toman acciones correctivas si el riesgo ocurre)	21/06/2018

Fuente. Tabla N° 5

Como podemos observar en la tabla N° 9 se identifican los equipos más críticos, y el estado de gestión en el que se encuentra la planificación.

### 3.1.5. ANALISIS DE LOS ESTADOS DE RIESGO

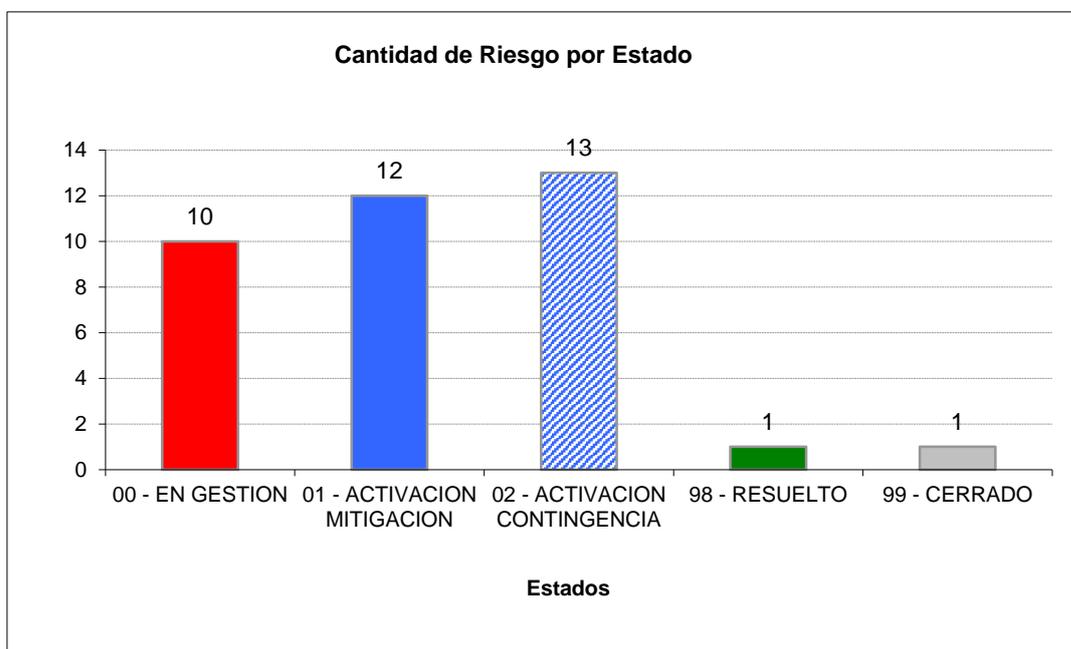
Tras la ejecución de la evaluación de riesgos elaborados en la tabla N° 9 clasificamos los riesgos como presenta la tabla N° 10.

**Tabla 10. Evaluación de riesgos**

Estado	Cantidad
00 - EN GESTION	10
01 - ACTIVACION MITIGACION	12
02 - ACTIVACION CONTINGENCIA	13
98 - RESUELTO	1
99 - CERRADO	1
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>

**Fuente. Análisis criticidad total de riesgos**

Según tabla N° 10, obtenemos los siguientes resultados que 10 de las fallas se localizan en el ítem de gestión, 12 en ítem activación mitigación, 13 en ítem activación de contingencia, 1 resuelto y uno cerrado. Para una observación estadística graficaremos estos datos y lograremos visualizar de tal forma que será igual que la figura N° 2.



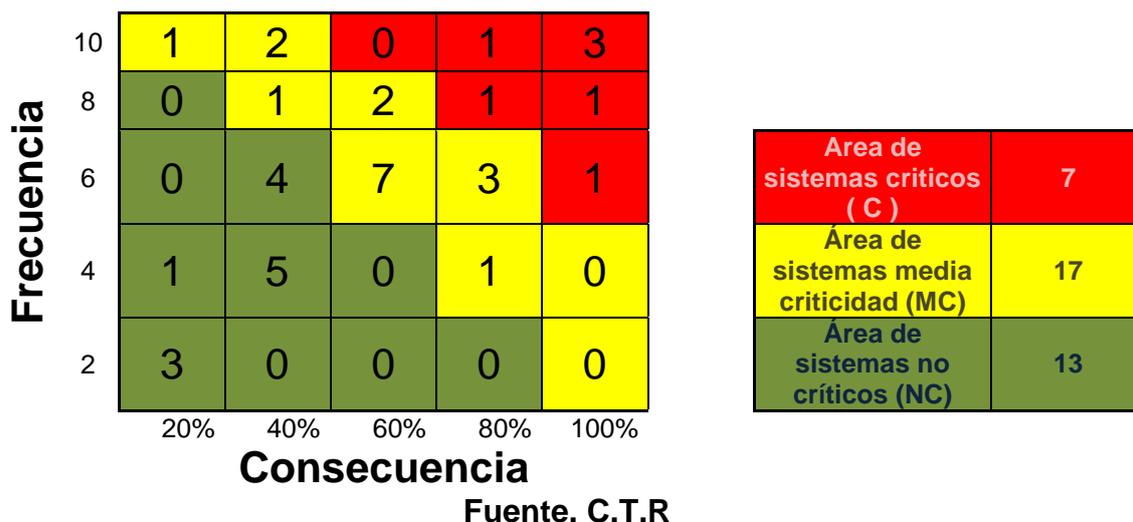
**Figura 2. Cantidad de Riesgo por estado**

**Fuente. Análisis criticidad total de riesgos**

### 3.1.6. RESULTADOS DE LA MATRIZ CTR (CRICIDAD TOTAL POR RIESGO)

Los resultado de la matriz CTR, son los equipos críticos a evaluar drásticamente a fin de priorizar y evitar paradas no programadas por lo cual tenemos en cuadro de los resultados según muestra la figura tabla N° 11.

**Tabla 11. Resultados de la Matriz CTR.**



Según la tabla N° 11, obtenemos los siguientes resultados:

Equipos de alta criticidad: 7, equipos de media criticidad: 17, equipos de baja criticidad: 13. El cual será evaluado los siguientes equipos la cual se presenta en la tabla N°12.

**Tabla 12. Resultado equipos críticos**

EQUIPOS	Tiempo de paradas no programadas (min)
QUEMADOR 01	615
CORTADORA DE TIRAS -01 -L6 /NV 02	255
HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO -O1 /NV 02	240
MARMITA N°5	145
TRANSP. SELECCIÓN, ENV- 01-L1/NV 02	94
EXAUSTER- 01- L1/NV 02	90
TRANSP. SELECCIÓN,LAVADO Y ENV- 01-L2/NV 02	90

Fuente. Análisis criticidad total de riesgos

Tras haber obtenido los resultados del análisis de criticidad total de riesgos se evalúan cada uno de los equipos asociados a los tiempos de paradas en el área de pimiento piquillo.

**Tabla 13. Registro de paradas no programadas por equipo**

QUEMADOR 01 HORNO 01/NV 02	450	615
	100	
	65	
CORTADORA DE TIRAS -01 -L6 /NV 02	94	94
HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO -O1 /NV 02	210	240
	30	
MARMITA- 05/NV 02	145	145
TRANSP. SELECCIÓN, ENV- 01-L1/NV 02	94	94
EXAUSTER- 01- L1/NV 02	90	90
TRANSP. SELECCIÓN,LAVADO Y ENV- 01-L2/NV 02	90	90

**Fuente. Tabla N° 3**

Según tabla N° 13, verificamos los tiempos perdidos de cada uno de los equipos y las fallas concurrentes.

### 3.2. CALCULO DE DISPONIBILIDAD ACTUAL

Con los datos registrado en la tabla N° 13, tenemos 7 equipos críticos que determino la metodológica CTR, en la cual calcularemos la disponibilidad de cada uno de ellos con una frecuencia trimestral Enero – Marzo, la cual se puede apreciar en la tabla N° 14.

**Tabla 14. Disponibilidad actual de Equipos Críticos**

No.	TIPO DE DEFECTO	Horas de trabajo	Tiempo de paradas (Hrs)	N° de fallas	Mantenimiento preventivo programado	DISPONIBILIDAD	MTTR (Hrs / Falla)	MP + TTR (Mant. Prog + Tiempo de paradas)	MTBF (Hrs Fallas)
1	QUEMADOR 01 HORNO 01/NV 02	2256	615	8	96	71.53%	76.88	807.00	181.13
2	CORTADORA DE TIRAS -01 -L6 /NV 02	2256	94	6	96	95.65	15.67	190	344.33
3	HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO - O1 /NV 02	2256	240	7	96	88.89%	34.29	432.00	260.57
4	MARMITA- 05/NV 02	2256	145	6	96	93.29%	24.17	337.00	319.83
5	TRANSP. SELECCIÓN, ENV- 01- L1/NV 02	2256	94	5	96	95.65%	18.80	286.00	394.00
6	EXAUSTER- 01- L1/NV 02	2256	90	4	96	95.83%	22.50	282.00	493.50
7	TRANSP. SELECCIÓN,LAVADO Y ENV- 01-L2/NV 02	2256	90	3	96	95.83%	30.00	282.00	658.00
<b>TOTAL</b>				<b>41</b>		<b>90%</b>	<b>238.50</b>		

Fuente. Tabla N° 13

En la tabla N° 14, tenemos un equivalente de disponibilidad de 90 %. La empresa Danper Trujillo S.A.C, opera 24 horas al día de lunes a sábados, la frecuencia que se calcula es trimestral enero a marzo, lo cual equivale a 2256 horas laborables, no obstante, la empresa Danper S.A.C, tiene un mantenimiento programado de 32 horas mensual que equivale a 96 horas trimestral.

## PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Se realizará en un primer instante a los equipos críticos tal y como se muestran en la tabla N° 15, Para lo cual brindamos el plan elaborado.

**Tabla 15. Plan Mantenimiento**

Plan de Mantenimiento preventivo Planta de Pimiento piquillo					
NOMBRE DE EQUIPO OMAQUINA	Actividad a Realizar	Frecuencia			
		Diarias	semanales	Mensuales	Anual
QUEMADOR	Limpieza y ajuste de sensores			X	
	Limpieza de presostato				x
	revisar residuos de butano en el cañón de combustión	x			
	revisar residuos de aceite en el tren de gas	x			
	Revisar fuga de gas en válvula reductora de presión	x			
	Inspeccionar problemas en el servomotor de regulación de entrada de aire y gas		X		
	Verificar arrastre de líquido en tuberías		X		
	Verificar controlador		X		
FAJA DE CORTE 01	Verificar la presión del gas del GLP		X		
	Inspeccionar faja	x			
	reemplazar faja				x
HORNO	Revisar hilachas en faja		X		
	Polín de transmisión presenta desgaste				
	Inspeccionar rodamientos		X		
MARMITA	Verificar el sensor de llama	x			
	Revisar el estado de la válvula hotman		X		
FAJA DE SELECCION	Verificar cable de electrodo		X		
	Verificar atascamiento de faja	x			
	verificar si la faja presenta hilachos		X		
	Verificar estado de faja	x			
EXAUSTER	verificar que faja no traslape	x			
	Revisar el estado de la cadena de transmisión (cadena, piñones)(cambiar si es necesario)				X
	Verificar el estado de los sprocker (cambio si es necesario)				X
	Revisar el estado de la guía de la tubería de vapor interna de 1/2 " (cambio si es necesario)				X
	Verificar el estado de las tuberías de líquido de gobierno(cambio si es necesario)				X
	Verificar el estado de las válvulas y llaves universales(cambio si es necesario)				x
	Revisar el estado de las chumaceras y rodamientos(cambio si es necesario)				x
	Revisar el estado de la banda modular			x	
	Mantenimiento de filtros y trampas de condensado			x	
	revisar el estado de la estructura(asegurar los pernos, tuercas , remanentes y acabados de soldadura)			x	
	Ajustar y verificar estado de los pernos y tuercas de los templadores			x	
verificar la existencia de guardas	x				

**Fuente. Elaboración Propia**

Según la tabla N° 15, se realizarán distintas actividades a los equipos más críticos de la planta Pimiento piquillo que se detalla a continuación.

**a) Inspección diaria de los hornos:** La función de este equipo es hornear la materia prima un equipo de alta importancia, que presenta fallas para lo cual se establece una frecuencia diaria que se muestra en los anexos Tabla N° 20.

**b) Inspección diaria de las fajas transportadoras:** Estos equipos transportan la materia prima en todas las etapas del proceso, de una línea a otra estas fajas tendrán una inspección diaria tal y como se presenta en los anexos Tabla N°22.

**c) Inspección Semanal de la marmita:** Este equipo aloja al líquido de gobierno donde hierve a 98°C, se realizara una inspección de sus componentes con una frecuencia semanal tal y como se detalla en anexos Tabla N°21

**d) Inspección Anual del Exahuster:** Este equipo evacua el vapor para extraer aire de las latas llenas antes de que se cierren, por el volumen de este equipo se establece un mantenimiento anual tal y como se muestra en los anexos Tabla N°23.

### 3.3. SIMULACION EN EL PROGRAMA PROMODEL

#### A). SIMULACION ACTUAL

En este programa se realizará la simulación actual enero – marzo 2018, lo cual busca este programa identificar los indicadores, para proponer un plan de mantenimiento a los equipos críticos de la empresa Danper S.A.C.

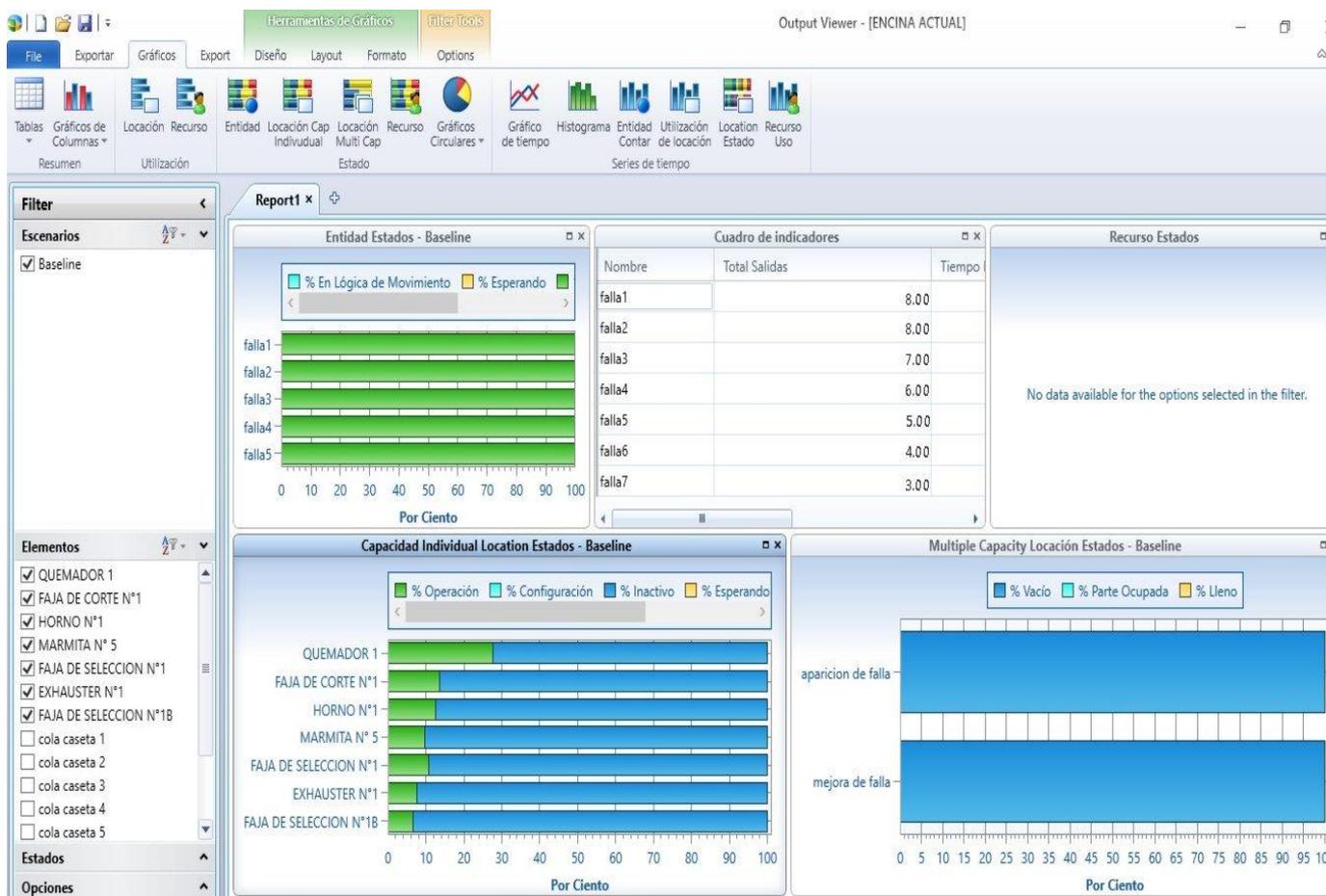


Figura 3. *Modulación Actual – PROMODEL*

Fuente. Software Promodel

Después de la modulación observamos la frecuencia con la cual suceden las fallas críticas del área.

Para identificar la variable de disponibilidad se realizara una simulación en el tiempo de utilización y las entradas de fallas a cada uno de ellos tal como se muestra la figura N°3.

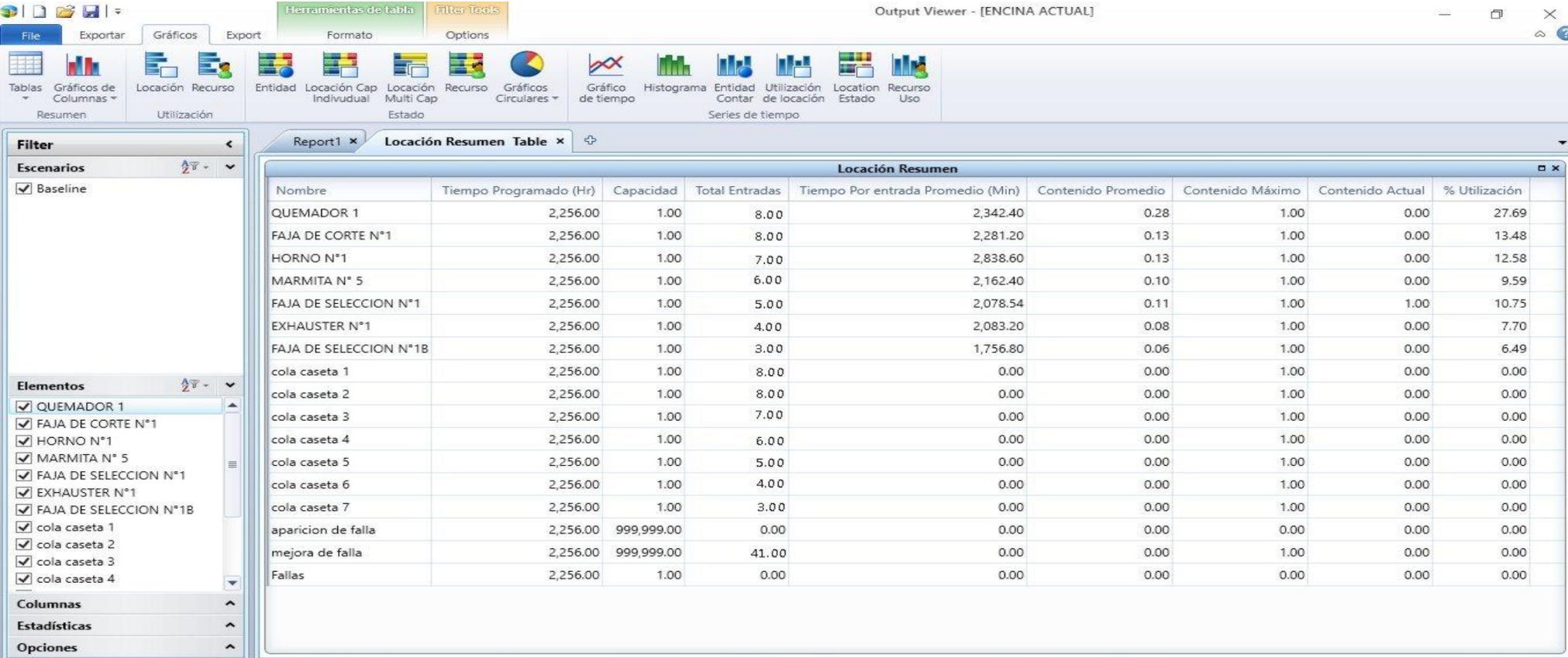


Figura 4. Resume de locación

Fuente. Promodel

En la figura N° 2, encontramos la disponibilidad actual de cada uno de los equipos críticos de Danper, los cuales tiene una cantidad de disponibilidad, es por lo cual que lo detallamos a continuación

- Quemador N° 1 su disponibilidad total es  $100\% - 26.92\% = 73.08\%$
- Faja de corte N° 1 su disponibilidad total es  $100\% - 10.75\% = 89.25\%$
- Horno N° 1: su disponibilidad total es  $100\% - 10.02\% = 89.98\%$
- Marmita N° 5: su disponibilidad total es  $100\% - 5.64\% = 94.36\%$
- Faja de selección N° 1: su disponibilidad total es  $100\% - 3.18\% = 96.82\%$
- Exahuster: su disponibilidad total es  $100\% - 3.06\% = 96.94\%$
- Faja de selección N° 1B: su disponibilidad total  $100\% - 63.24\% = 96.76\%$

A través de este simulador obtenemos la disponibilidad de la situación actual. Obtenido los resultados de la figura N° 3, ubicamos el margen de error en cada uno de los equipos críticos del sector agroindustrial.

- Quemador N° 1 =  $73.08 - 71.53\% = 1.55\%$
- Faja de corte N° =  $89.25\% - 88.19\% = 1.06\%$
- Horno N° 1 =  $89.98\% - 88.89 = 1.09\%$
- Marmita N° 5 =  $94.36\% - 93.29 = 1.07\%$
- Faja de selección N° 1 =  $96.82\% - 95.65\% = 1.17\%$
- Exahuster =  $96.94\% - 95.83\% = 1.11\%$
- Faja de selección N° 1B =  $96.76\% - 95.83\% = 0.93\%$

Al calcular los porcentajes actuales y simulados obtenemos un margen de error máximo de 1.55 %, podemos decir con certeza que la simulación es confiable.

## **B). SIMULACION MEJORADA.**

Después de emplear un plan de mantenimiento audaz en los meses de abril a junio, los equipos de la empresa Danper, tienen menor tiempo de mantenimiento correctivo, obteniendo una mejor producción, lo cual logró que disminuyera el tiempo de sucesos fortuitos tal como presenta tabla N° 16.

**Tabla 16. Tiempo de paradas no programadas**

EQUIPO	AREA	DESCRIPCION DEL EVENTO	TIEMPO DE PARADA POR FALLA			TIEMPO DE MTT	CAUSA
			OPERACIÓN	MECANICAS	ELECTRICO	TIEMPO DE PARADA NO PROGRAMADA	
HORNO ROTATORIO DE PIMIENTO -O1 /NV 02	HORNEADO	SALIDA DE CADENA DE TRANSMISION			86		FATIFA
MARMITA- 05/NV 02	LIQ. GOBIERNO	SENSOR PT 100 ROTO	72				GOLPE
EXAUSTER- 01-L1/NV 02	CERRADO	TRAMPA DE CONDENSADO EN MAL ESTADO		52			NO PUGAN EL SISTEMA

**Fuente. Resultado Promodel**

EQUIPO	AREA	DESCRIPCION DEL EVENTO	TIEMPO DE PARADA POR FALLA			TIEMPO DE MTT	CAUSA
			OPERACIÓN	MECANICAS	ELECTRICO	TIEMPO DE PARADA NO PROGRAMADA	
CORTADORA DE TIRAS -01 -L6 /NV 02	CORTE	DISCOS DE CORTE MAL REGULADO		94			CALIBRADO
TRANSP. SELECCIÓN, ENV- 01-L1/NV 02	SELECCIÓN ENVASE	ESTRUCTURA CON FILO CORTANTE		66			FATIGA DE TRABAJO
TRANSP. SELECCIÓN, LAVADO Y ENV- 01-L2/NV 02	SELECCIÓN LAVADO ENVASE	DESPRENDIMIENTO DE BANDA MODULAR		44			FATIGA DE TRABAJO

**Fuente. Resultado Promodel**

	AREA	DESCRIPCION DEL EVENTO	TIEMPO DE PARADA POR FALLA			TIEMPO DE MTT	CAUSA
			OPERACIÓN	MECANICAS	ELECTRICO	TIEMPO DE PARADA NO PROGRAMADA	EQUIPO
QUEMADOR 01 HORNO 01/NV 02	HORNEADO	HUMEDAD EN SENSOR DE LLAMA		102		102	HIGENIZACION DE EQUIPOS

**Fuente. Resultado Promodel**

## DISPONIBILIDAD MEJORADA

Para obtener la disponibilidad de los equipos en los meses de abril a junio, tomamos como referencia los datos de la tabla N° 17.

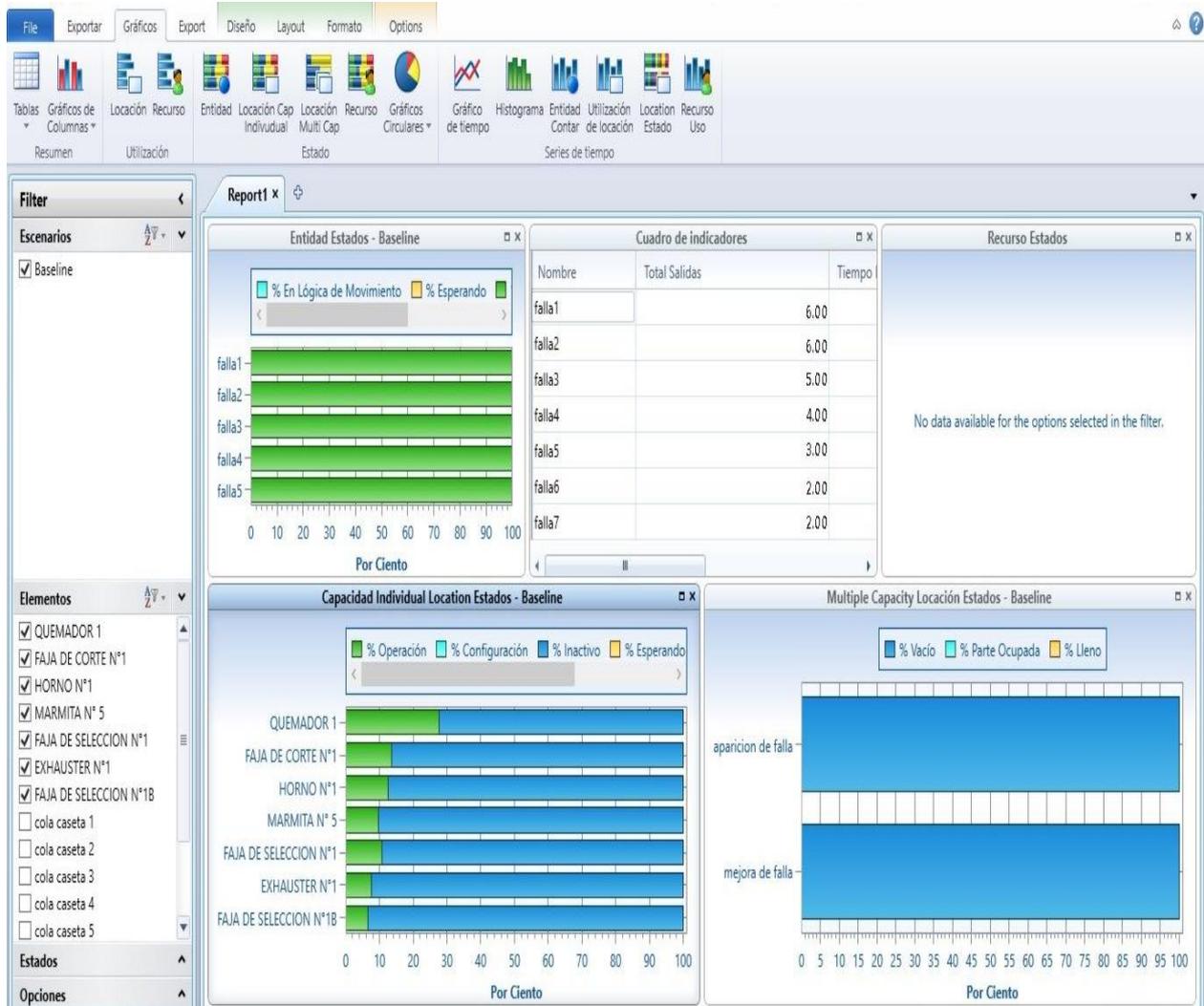
**Tabla 17. Disponibilidad Mejorada**

No.	TIPO DE DEFECTO	Horas de trabajo	Tiempo de paradas (Hrs)	N° de fallas	Mantenimiento preventivo programado	DISPONIBILIDAD	MTTR (Hrs / Falla)	MP + TTR (Mant. Prog + Tiempo de paradas)	MTBF (Hrs Fallas)
1	QUEMADOR 01	2256	102	6	96	95.28%	17.00	198.00	343.00
2	FAJA DE CORTE 01	2256	94	6	96	95.65%	15.67	190.00	344.33
3	HORNO 1	2256	86	5	96	96.02%	17.20	182.00	414.80
4	MARMITA N°5	2256	72	4	96	96.67%	18.00	168.00	522.00
5	FAJA DE SELECCIÓN 01A	2256	66	3	96	96.94%	22.00	162.00	698.00
6	EXAHUSTER 01	2256	52	2	96	97.59%	26.00	148.00	1054.00
7	FAJA DE SELECCIÓN 01B	2256	44	2	96	97.96%	22.00	140.00	1058.00
<b>TOTAL</b>				<b>28</b>		<b>97%</b>	<b>137.87</b>		

Fuente. Tabla N° 16

## Simulación en el programa Promodel

La fallas registradas y el tiempo de paradas no programadas son ingresadas en el programa Promodel donde se realiza la simulación para hallarla disponibilidad mejorada tras realizar el plan de mantenimiento.



**Figura 5. Simulación Mejorada**

En la figura N° 5, observamos la frecuencia con la cual suceden las fallas en los equipos críticos de la empresa Danper S.A.C.

Para determinar la disponibilidad mejorada de los equipos críticos simulación el tiempo de utilización y las entradas de fallas a cada uno de ellos.

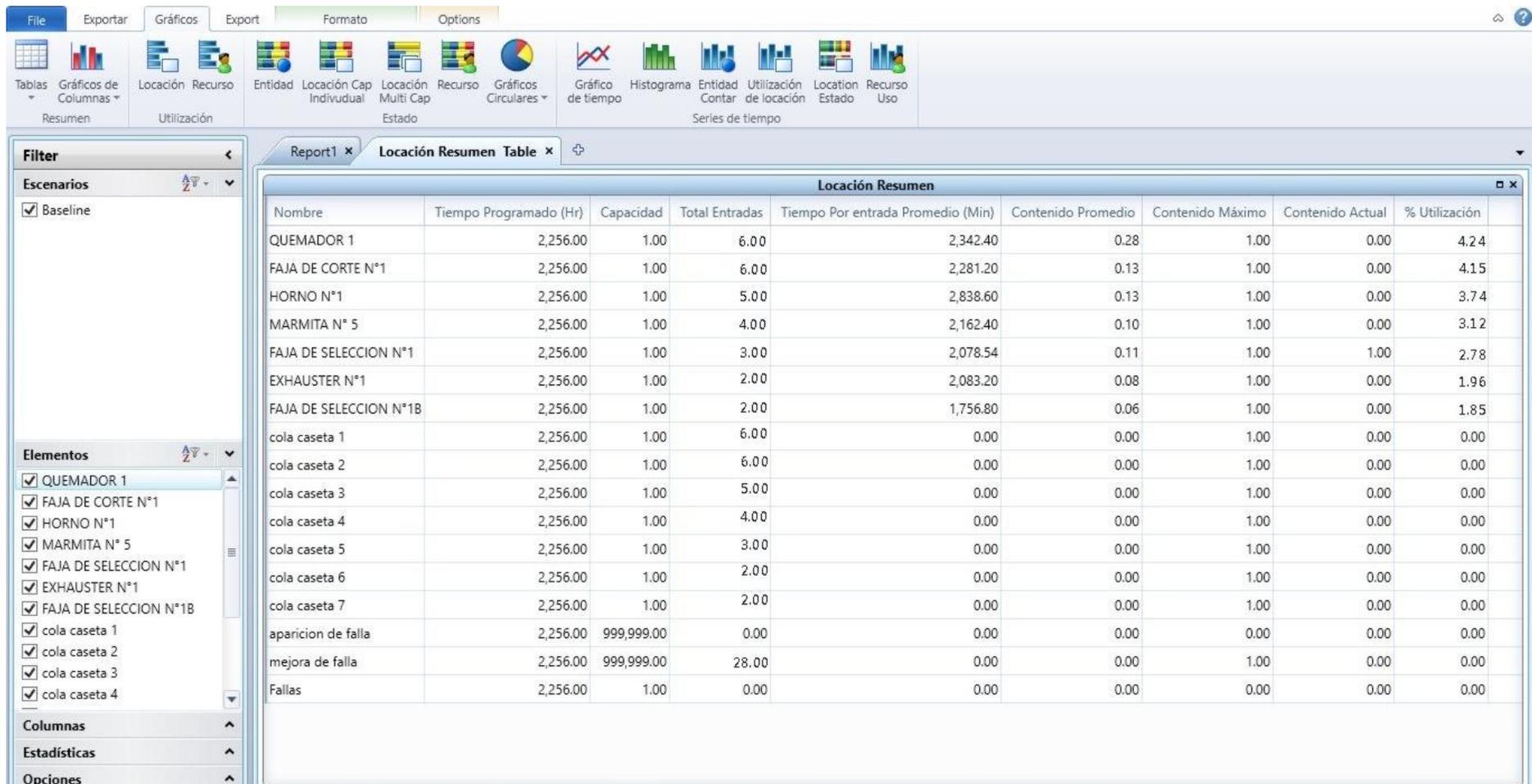


Figura 6. Modulación después de la implementación

Fuente. Promodel

Tras la modulación encontramos la disponibilidad actual de cada uno de los equipos críticos de Danper, los cuales tiene una cantidad de disponibilidad, es por lo cual que lo detallamos a continuación.

- Quemador N° 1 su disponibilidad total es  $100\% - 4.24\% = 95.76\%$
- Faja de corte N° 1 su disponibilidad total es  $100\% - 4.15\% = 95.85\%$
- Horno N° 1: su disponibilidad total es  $100\% - 3.74\% = 96.26\%$
- Marmita N° 5: su disponibilidad total es  $100\% - 3.12\% = 96.88\%$
- Faja de selección N° 1: su disponibilidad total es  $100\% - 2.78\% = 97.22\%$
- Exahuster: su disponibilidad total es  $100\% - 1.96\% = 98.04\%$
- Faja de selección N° 1B: su disponibilidad total  $100\% - 1.85\% = 98.15\%$

A través de este simulador obtenemos la disponibilidad de la situación mejorada

Obtenido los resultado de la figura N° 6, hallamos los porcentajes de simulación

Quemador N° 1 =  $95.76 - 95.28\% = 0.48\%$

Faja de corte N° =  $98.85\% - 95.65\% = 0.20\%$

Horno N° 1 =  $96.26\% - 96.02 = 0.24\%$

Marmita N° 5 =  $96.88\% - 96.67 = 0.21\%$

Faja de selección N° 1 =  $97.22\% - 96.94\% = 0.28\%$

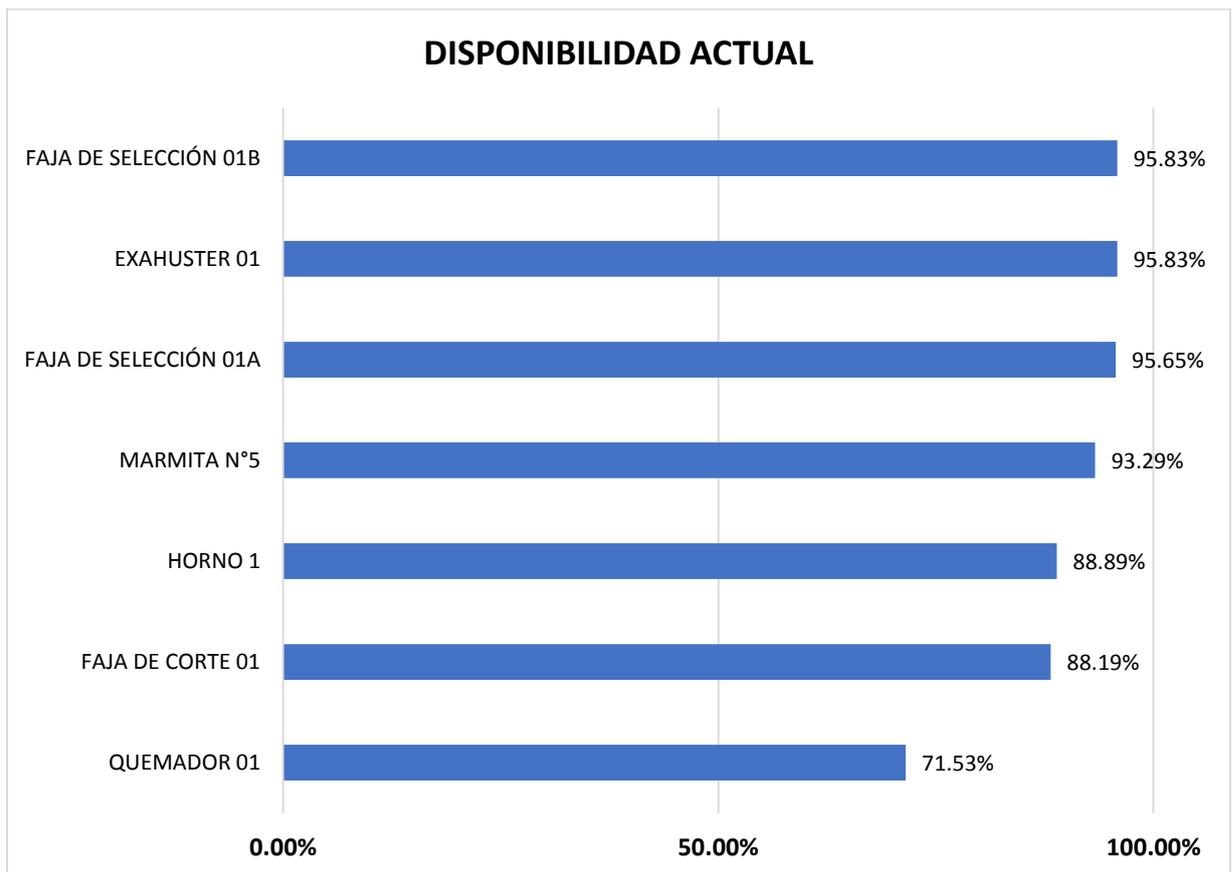
Exahuster =  $98.04\% - 97.59\% = 0.45\%$

Faja de selección N° 1B =  $98.15\% - 97.96\% = 0.19\%$

Al calcular los porcentajes mejorados y simulados obtenemos un margen de error máximo de 0.48 %, podemos decir con certeza que la simulación es confiable.

### 3.4. Evaluar el impacto de la criticidad de los equipos posterior a simulación en el programa Promodel

Una vez realizado la simulación en el programa Promodel en la situación actual y mejorada obtenemos márgenes de error el cual se evaluara en el campo práctico para beneficiar la disponibilidad de los equipos de la planta Danper S.A.C.

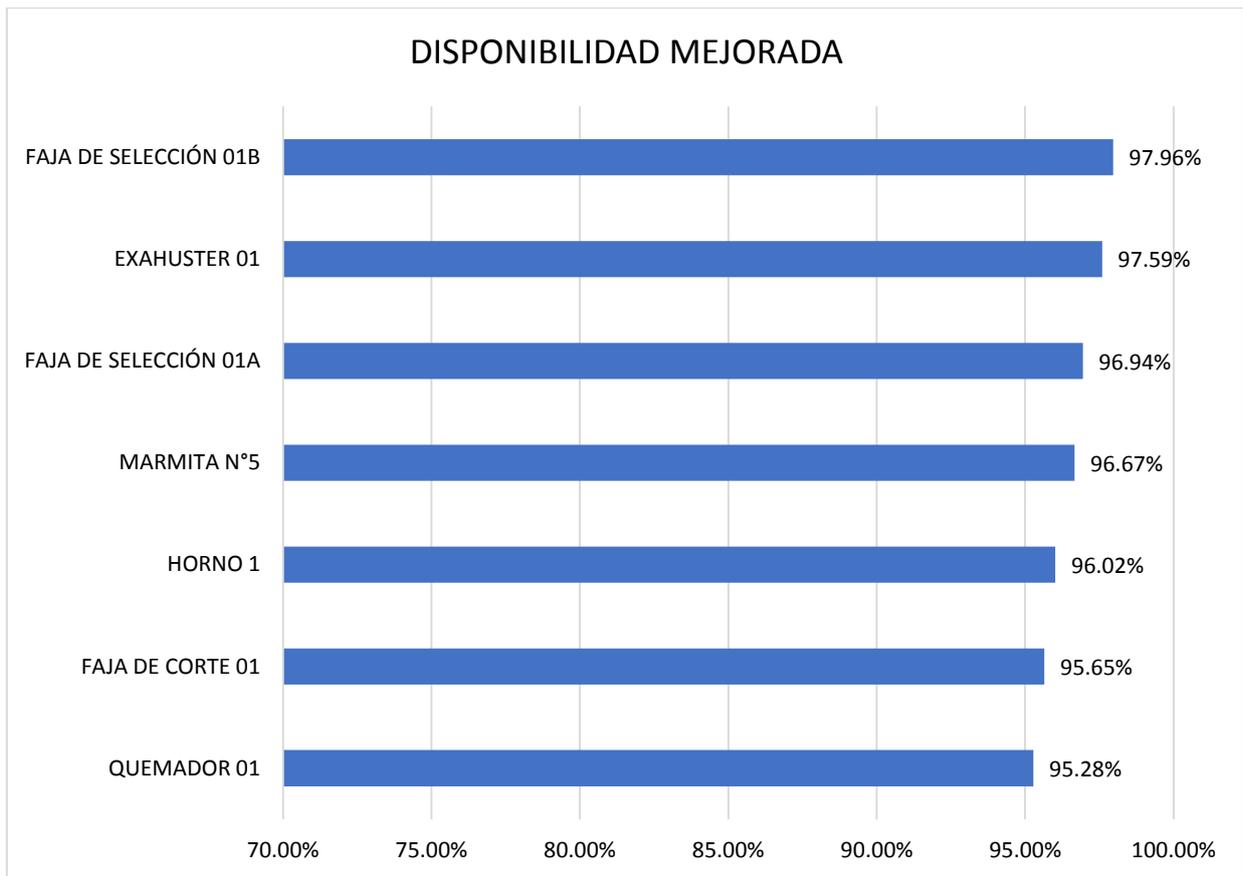


**Figura 7. Disponibilidad actual**

**Fuente. Promodel**

Los porcentajes de la figura N° 7, representan una disponibilidad de equipos del 90% en su sistema actual.

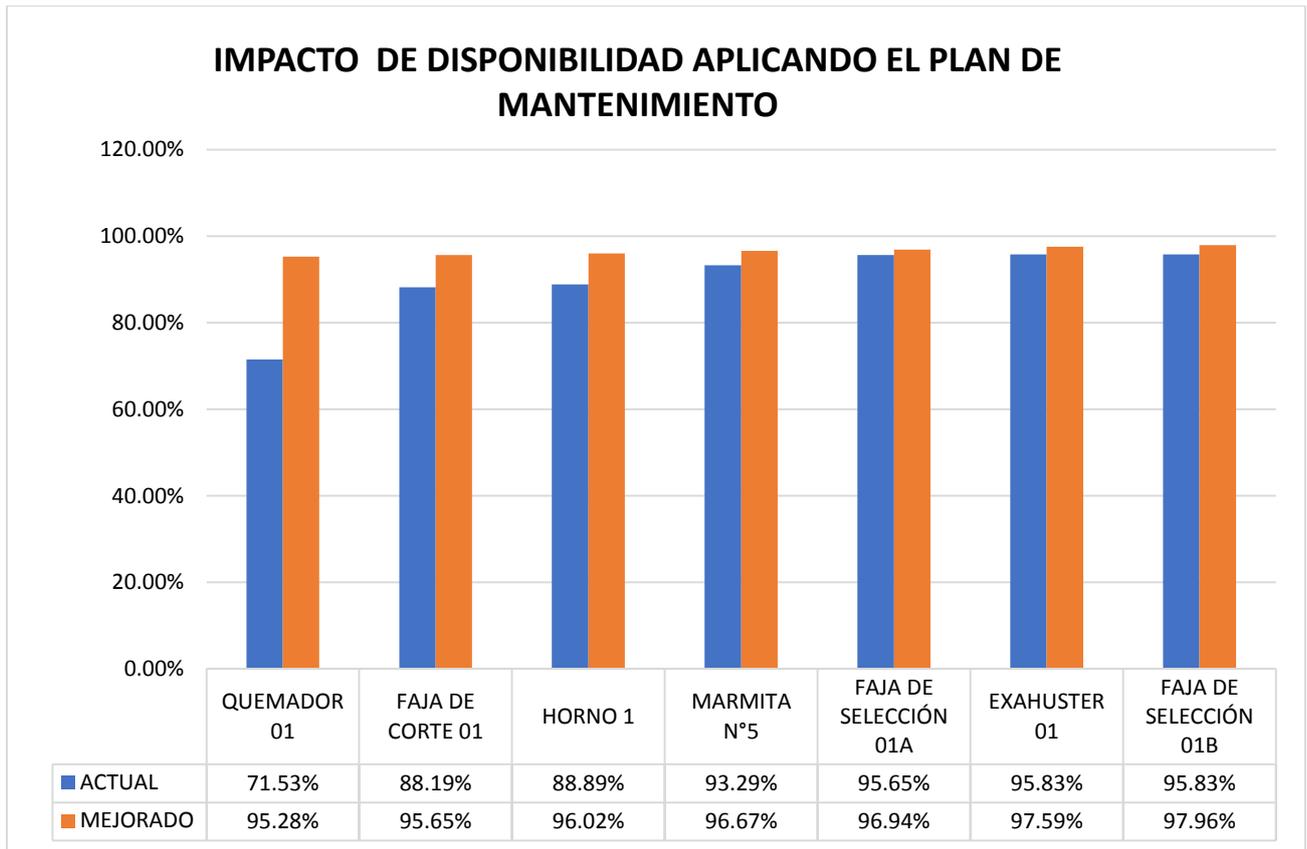
Posterior a ello se elaboró un plan de mantenimiento el cual consta de varias técnicas logrando excelentes resultados tal y como se muestra en la figura N° 8.



**Figura 8. Disponibilidad Mejorada**

**Fuente. Promodel**

Tras evaluar ambos sistemas actual y mejorado, tenemos un porcentaje de 7% de incremento de disponibilidad el cual es beneficioso para la planta Danper S.A.C, tal y como se muestra en la figura N° 9.



**Figura 9. Impacto de Disponibilidad**

**Fuente. Elaboración propia.**

### 3.4.1. Análisis de costos

Por un minuto que se utilizara para reparar un daño en una máquina, origina un tiempo de retraso en la producción esto es considerado como él (MTTR) el cual es equivalente a 238.50 según tabla N°12, en la actualidad Danper Trujillo S.A.C tiene un costo de producción hora que equivale a S/. 2000 por lo que se procede a calcular la pérdida económica en el primer periodo de enero a marzo.

#### **Cantidad de horas trimestrales x costo de producción por hora**

$$238.50 \text{ horas} \times \text{S/. } 2000.00 = \text{S/. } 477000.00$$

Luego de haber realizado la simulación e implementado el plan de mantenimiento preventivo, obtenemos que el tiempo de los tiempo promedio entre fallas (MTTR) es equivalente a 137.87 horas según tabla N° 17.

**Cantidad de horas trimestrales x costo de producción por hora**

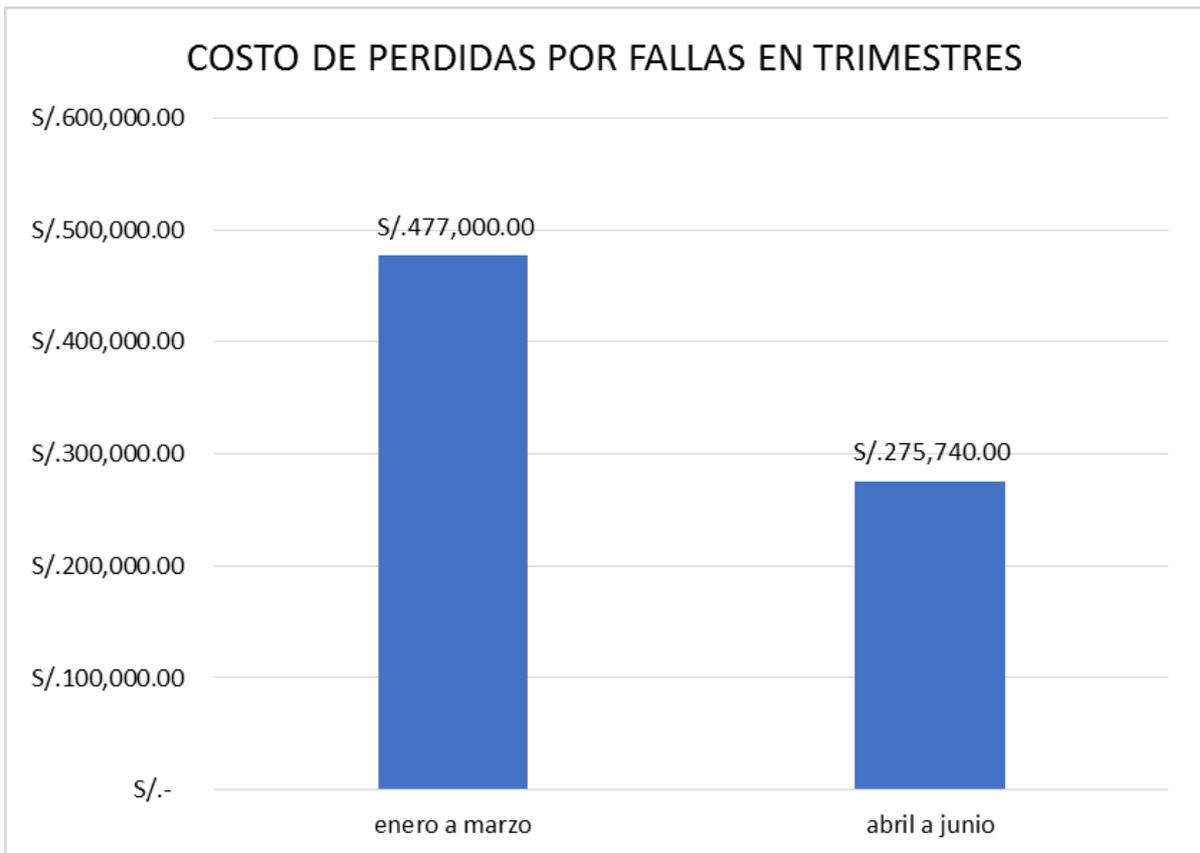
137.87 horas x S/. 2000.00  
S/. 275.740.00

Por lo consiguiente tras la implementación del plan de mantenimiento basado en la criticidad, han disminuido las fallas entre periodos por lo que disminuyen los costos de reparación.

**Perdidas 1° trimestre soles / hora - Perdidas 2° trimestre soles / hora**

S/. 477000.00 - S/. 275.740.00  
S/. 201260.00

En la siguiente figura N°10, graficaremos los costos de pérdidas en el primer trimestre y segundo trimestre.



**Figura 10. Costo de Pérdidas por fallas**

**Fuente. Elaboración propia.**

En la figura N°10, se observa una disminución de costos equivalente a S/. 201260.00 entre trimestres.

### 3.4.2. Comparación de la Disponibilidad a nivel inferencial.

#### Prueba De Normalidad:

#### Disponibilidad de equipos.

H1: Los datos de la disponibilidad presentan un comportamiento normal

H0: Los datos de la disponibilidad no presentan un comportamiento normal

#### Supuestos:

$P \leq 0.05$  se aprueba H0

$p > 0.05$  se aprueba H1

Para realizar la prueba de normalidad se hizo con la herramienta estadística SPSS tomando los datos de la diferencia de la disponibilidad del antes y después de la implementación del plan de mantenimiento.

**Tabla 18. Prueba de Hipótesis**

#### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA	,280	7	,105	,827	7	,075

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente. : Software IBM SPSS**

**Interpretación:** Como son 7 datos se usa la prueba de normalidad de Shapiro –Wilk, el cual se usan para datos menores a 50, dando un valor  $p = 0.075$  por lo cual se aprueba H1, por lo tanto, se debe utilizar una prueba paramétrica, T student

### Disponibilidad de Equipos:

H2: La implementación del plan de mantenimiento basado en la criticidad aumenta la disponibilidad de los equipos de Danper Trujillo S.A.C, en el año 2018

H0: La implementación del plan de mantenimiento basado en la criticidad no aumenta la disponibilidad de los equipos de Danper Trujillo S.A.C, en el año 2018

### Supuestos

$P < 0.05$  se aprueba H2

$p \geq 0.05$  se aprueba H02

TABLA 18. Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	ANTES - DESPUES	-6,70000	7,92721	2,99620	-14,03145	-6,3145	-2,236	6	,000

Fuente. : *Software SPSS VS 22*

**Interpretación:** Como el valor p de la prueba de T student da 0.000 se aprueba la hipótesis H2, que dice que la implementación plan de mantenimiento incrementa la disponibilidad en la empresa Danper Trujillo S.A.C., en el año 2018

## IV. DISCUSIÓN

**3.1** Respecto a los resultados del análisis de criticidad (CTR) se identifica 7 equipos de alta criticidad, 17 equipos de media criticidad, 13 equipos de quipos no críticos esta técnica fue aplicada por Singh, Gurwinder, **(Singh, 2016)** usando el análisis de criticidad. De la población total de equipos en estudio se puede concluir que la disponibilidad del sistema ha mejorado aplicando el análisis de criticidad en un 3.67%,1.29%, 0.64%,0.13%, 2.32% en las unidades de prueba, cocción, refrigeración, y la unidad de embalaje respectivamente. La criticidad total de riesgos está basada en el IBR, el cual se mide a través de factores de consecuencia y probabilidad **(Martín, 2016)**

**3.2** Para determinar la disponibilidad de los equipos críticos se ejecutaron las fórmulas citadas en la matriz de Operacionalización, la cual incluye los indicadores que son Niveles de riesgo, Matriz CTR, MTBF (tiempo de fallas) y MTTR (tiempo para reparar), identificando una disponibilidad del 90%, esta técnica fue aplicada por Edgard, García **(Edgard, 2016)**, El presente estudio lo realizo aplicando la metodología de Inspección basada en Riesgo para cuantificar la criticidad, y lo realizó para 37 equipos que conformaban las líneas de producción de la empresa (sala de inyección, proceso, cocción y empaque). El estudio de criticidad lo aplicó en el periodo de enero a octubre del 2016. Como resultados obtuvo una mejora en el indicador de disponibilidad de los equipos de 97.14% a 99.36%, presentando un aumento de 2,22%. La Disponibilidad total es el funcionamiento del equipo en un determinado tiempo **(Márquez, 2012)**

**3.3.** Al haber simulado en el Software Promodel, determinó la disponibilidad actual para el primer periodo, esto nos entrega la información necesaria para enfocar el valor máximo del margen de error con valores absolutos equivalente a 1.55% en el primer periodo, pro siguiente se ejecuta luego de la implementación del plan , una vez modula nos brinda datos necesaria para enfocar el valor máximo de margen de error con valores absolutos es equivalente a 0.48%, lo que genera confianza del 99.52%, Este software es usado por **Viviana Gacharna** (Sanchez, 2013) el cual diagnosticó que el

tiempo de ciclo promedio para la producción de 240 blusas semanales disminuye de 574,61min a 506,64min, es decir una reducción del 12%. Promodel es capaz de simular con comandos tridimensionales lo cual nos permite optimizar procesos. Permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura. Una vez que el modelo ha sido creado, éste puede ser optimizado para encontrar los valores óptimos de los parámetros clave del modelo **(Promodel, 2016)**

**3.4.** Se analiza el impacto entre las simulaciones después de haber ejecutado el plan basado en criticidad. Teniendo excelentes resultados como la reducción de fallas operativas, lo que reduce costos de mantenimiento obteniendo un ahorro de S/. 201260.00 e incrementando la disponibilidad a un 7%, esta técnica fue empleada por Cruz, Clemente **(Cruz, 2015)**, Obteniendo como resultados un aumento significativo en la disponibilidad de 82.03% incremento a 98.5 %. Además, impuso un plan de mantenimiento preventivo para mejorar el TMPR y el TMEF.

## **IV. CONCLUSIONES**

**4.1.** Se define a través del análisis de criticidad (CTR) que existen 7 equipos críticos, 17 equipos de media criticidad, 13 equipos de quipos no críticos para la elaboración del plan de mantenimiento basado en la criticidad por lo que el modo de fallas tiene fallas en el : quemador N° 1, horno N°1, faja de corte N° 1, marmita N° 5, faja de selección 01<sup>a</sup>, Exahuster 01, faja de selección 01B, a los cuales se empleó un tipo de mantenimiento respectivo a cada falla presentada.

**4.2.** Para Hallar la disponibilidad de los equipos críticos se utilizaron datos y fórmulas en Microsoft Excel, de los indicadores los cuales son MTBF (tiempo de fallas) y MTTR (tiempo de reparaciones), la cual se encuentra registrada las paradas no programadas, los números o veces de fallas, tiempo de paradas programadas, disponibilidad, tiempo de trabajo lo cual se hizo efectivo en el primer trimestre que comprende de enero a marzo obteniendo una disponibilidad del 90%

**4.3.** Se utilizó el Software ProModel para ejecutar la simulación de la variable dependiente, la cual es administrado a través de un indicador de tiempo y funcionalidad que constan de 7 equipos alta criticidad los cuales son: quemador N° 1, horno N°1, faja de corte N° 1, marmita N° 5, faja de selección 01A, Exahuster 01, faja de selección 01B, , ingresando las paradas no programadas en los comandos denominado arribos, se identificó que el valor máximo del margen de error con valor absoluto es equitativo a un promedio de 1.55% en el primer periodo, posterior a eso se realiza una segunda simulación para el periodo siguiente, proyectamos la ejecución de simular los datos obteniendo datos equitativo a un promedio de 0.48%, estos valores son confiables para ejecutar su operación.

**4.4.** Tras analizar ambas simulaciones realizadas en el programa Promodel se evidencia un impacto de reducción del tiempo de fallas y por ende el costo de fallas por horas, debido al plan de mantenimiento basado en la criticidad, ya que resultados indican una disminución económica en fallas equivalente a S/. 201260.00 y aumentando la disponibilidad en un 97%.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar paso a paso el mantenimiento basado en criticidad, tomar en cuenta las probabilidades y consecuencia, para que los datos obtenidos aporten a la mejoría de los mismos.

Se recomienda capacitar al personal operativo y técnico con una frecuencia mensual, programando a los trabajadores involucrados de los distintos turnos para retroalimentarlos con los conocimientos técnicos para continuar con el plan de mantenimiento y asegurar la continuidad de los equipos industriales.

Se recomienda concientizar al personal operativo y técnico sobre la importancia del mantenimiento y los peligros que están expuestos en las distintas áreas, estableciendo procedimientos de operación y mantenimiento de equipos.

Se recomienda fomentar el compromiso de cada uno de los departamentos de fábrica para definir estrategias a corto, mediano o largo plazo que permitan reducir de manera considerable los niveles de criticidad de los equipos de planta.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COPIMAN. (2013).

BÁIZ, Milvia. C. “Propuestas Estratégicas de Planes de Mantenimiento a Equipos Estáticos en sistemas Críticos de la Unidad FCC R.P.L.C Considerando el Nivel de riesgo”. Trabajo de Grado, Departamento de Ingeniería Mecánica, UDO - Anzoátegui (2007).

BALDA, Adrián. A “Plan de Inspección Basada en Riesgo para Equipos Estáticos de una Instalación de Procesamiento de Hidrocarburos”. Trabajo de Postgrado, Universidad Simón Bolívar (2006).

CALL, Ricci. R “Elaboración de Rutinas de Mantenimiento para Equipos Estáticos de una Planta Compresora de Gas, Mediante Inspección Basada en Riesgo”. Trabajo de Grado, Departamento de Ingeniería Mecánica, UDO-Anzoátegui (2007).

ARRÁEZ, Juan Francisco. “Aplicación de la Metodología de Confiabilidad Inspección Basada en Riesgo para Mejorar los Planes de Inspección de la Planta Destiladora 1 de la Refinería de Amuay PDVSA-CRP, Edo. Falcón”. Trabajo de Grado, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada (2006).

SOTO, Hobner. “Identificar la criticidad de equipos para mejorar el circuito molienda en la planta concentradora Cia. Minera Antamina”. Trabajo de Grado, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional del centro del Perú (2016).

ZEGARRA, Raul. “Plan de mantenimiento preventivo basado en la criticidad de los equipos biomédicos de la clínica Sánchez Ferrer, para

umentar su confiabilidad”. Ingeniería Mecánica eléctrica, Universidad Cesar Vallejo (2016).

Olives, R. (1994). Mantenimiento Preventivo. Barcelona, En Ediciones Departamento de Empresa y Empleo.

García, O. (2012), Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial Principios Fundamentales, Bogotá, Colombia, Ediciones De la U.

García, S. (2009). Mantenimiento Correctivo. Madrid, Editoriales Renovetec.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.

Torres, L. (2005). Mantenimiento - Su implementación y Gestión. Recuperado de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/libro/Torres/Parte5.pdf>.

Yañez M, M.; Gómez de la Vega, H.; Valbuena C., G., Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo.

API P 581 Risk Based Inspection Base Resource document 2.000

Kaley, L. (2003), Risk Based Inspection, Beyond. Implementation to Integration, [en línea], Houston, Texas, USA, Risk Based Inspection ASME, The Equity Engineering Group, Inc.

American Petroleum Institute. Norma API RP 510 Pressure Vessel Inspection Code: Maintenance Inspection, Rating, Repair, and Alteration.

American Petroleum Institute. Norma API 653 Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction.

American Petroleum Institute. Norma API 570 Piping Inspection Code.

American Petroleum Institute. Publicación API P 581 Risk Based Inspection Base Resource Document.

Kardek, A y. Nascif, J. (2002). Mantenimiento, Función Estratégica, CIP Brasil, Rio de Janeiro.

Huerta, R. (2001). Análisis de Criticidad una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. Club de Mantenimiento, 5-7.

## **VIII. ANEXOS**



**Tabla 21. Inspección diaria de los Hornos**



FORMATO CONTROL DIARIO DE LOS HORNOS

Fecha: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

HORA	SISTEMA DE VAPOR				SISTEMA DE ELECTRICO			SISTEMA DE COMBUSTIBLE									
	PRESION		TEMPERATURA		HORNO		TQ. HORNO	GLP TANQUES				GLP HORNO					
			CHIMENEA	MANIFORD	PRESOSTATO	TEMP.	FUNCIONAM.		CONSUMO		PRE CAL FUNC		PRESION				
	Horno. 1 (Psi)	Horno. 2 (Psi)	Horno. 1 (°C)	Horno. 2 (°C)	°C	Horno. 1	Horno. 2	°C	TQ. 1 SI-NO	TQ. 2 SI-NO	TQ. 1 GLP	TQ. 2 GLP	PRE CAL 1 SI-NO	PRE CAL 2 SI-NO	VALV. POST-REGULADOR (PSI)	ATOMIZACION HORNO. 1 (MBAR)	ATOMIZACION HORNO. 2 (MBAR)
07:00																	
09:00																	
11:00																	
13:00																	
15:00																	
17:00																	
19:00																	
21:00																	
23:00																	
01:00																	
03:00																	
<b>Rango Mínimo</b>	95	95	160	160		NORMAL		60			200	200			6	17	17
<b>Rango Máximo</b>	105	105	190	190		EMERGENTE		80			800	800			10	25	25
<b>Rango Normal</b>						MEDIO											
TECN. DE DIA		TECN. DE NOCHE				OBSERVACIONES											
						PRIMER TURNO											
						SEGUNDO TURNO											
FIRMA/ NOMBRE		FIRMA/ NOMBRE															

Fuente. Elaboración Propia

**Tabla 22. Inspección semanal de la Marmita**



RUTA DE INPECCION SEMANAL DE LA MARMITA

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

	ELEMENTOS	BUENO	MALO	REGULAR	CAMBIO	NO CAMBIO	URGENTE	OBSERVACIONES
VALVULA HOTMAN	DIAFRAGMA							
	MUELLE							
	VASTAGO							
	SERVOMOTOR							
	OBTURADOR							
	ASIENTO							
	BRIDA							
	PUERTO DE ENTRADA DE VAPOR							
	REGULADOR							
	CABLE DE ELECTRODO	TERMINALES						
CHISPERO								
EMPAQUETADURA								
REVESTIMIENTO								
FOTOCELDA								
CONECTOR ENTRADA								
CONECTOR SALIDA								
ALIMENTACION KW								

TURNO 1: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_

TURNO 2: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

SUPERVISOR DE TURNO

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 23. Check List Diario fajas transportadoras**



**CHECK LIST DIARIO DE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS**

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

EQUIPO	RUTA DE INSPECCION DIARIA	TURNO 1		TURNO 2		TURNO 3		OBSERVACIONES
		A.P.	N.P.	A.P.	N.P.	A.P.	N.P.	
FAJA DE CORTE	POLIN AXIAL							
	POLIN DE FIJACION							
	SELLOS							
	CHUMCACERAS CABEZAL							
	FAJA DE LONA							
	CHUMACERAS INFERIOS							
	MOTOREDUCTOR							
	TAMBOR CABEZAL							
FAJA DE SELECCIÓN	TAMBOR INFERIOR							
	POLIN AXIAL							
	POLIN DE FIJACION							
	SELLOS							
	CHUMCACERAS CABEZAL							
	FAJA DE LONA							
	CHUMACERAS INFERIOS							
	MOTOREDUCTOR							
TAMBOR CABEZAL								
TAMBOR INFERIOR								

TURNO 1: \_\_\_\_\_  
TURNO 2: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_  
FIRMA: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
SUPERVISOR DE TURNO

AP: AFECTA AL PRODUCTO

NP: NO AFECTA AL PRODUCTO

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 24. Mantenimiento Anual Exhauster.**

MANTENIMIENTO ANUAL DEL EXHAUSTER

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

EQUIPO	RUTA DE INSPECCION DIARIA	TURNO 1		TURNO 2		TURNO 3		OBSERVACIONES
		DESMONTAJE	REPARACION	DESMONTAJE	REPUESTOS	MONTAJE	INSPECCION	
EXHAUSTER	CADENA DE TRANSMISION							
	PIÑON SUPERIOR							
	PIÑON INFERIOR							
	CHUMACERA SUPERIOR							
	CHUMACERA INFERIOR							
	MOTOREDUCTOR							
	GUIAS DE TUBERIAS DE VAPOR							
	TUBERIAS DE VAPOR							
	TUBERIAS DE LIQUIDO DE GOBIERNO							
	BANDA MODULAR							
	FILTROS							
	TRAMPAS DE VAPOR							
	PERNOS DE ANCLAJE							
	ESTRUCTURA							
	TEMPLADORES							
	GUARDAS DE SEGURIDAD							
CONEXIONES ELECTRICAS								

TURNO 1: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_

TURNO 2: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

SUPERVISOR DE TURNO

**Fuente. Elaboración Propia**

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 años.

Figura 11. Criterios para estimar la frecuencia

Fuente. Criticidad Total de Riesgos.

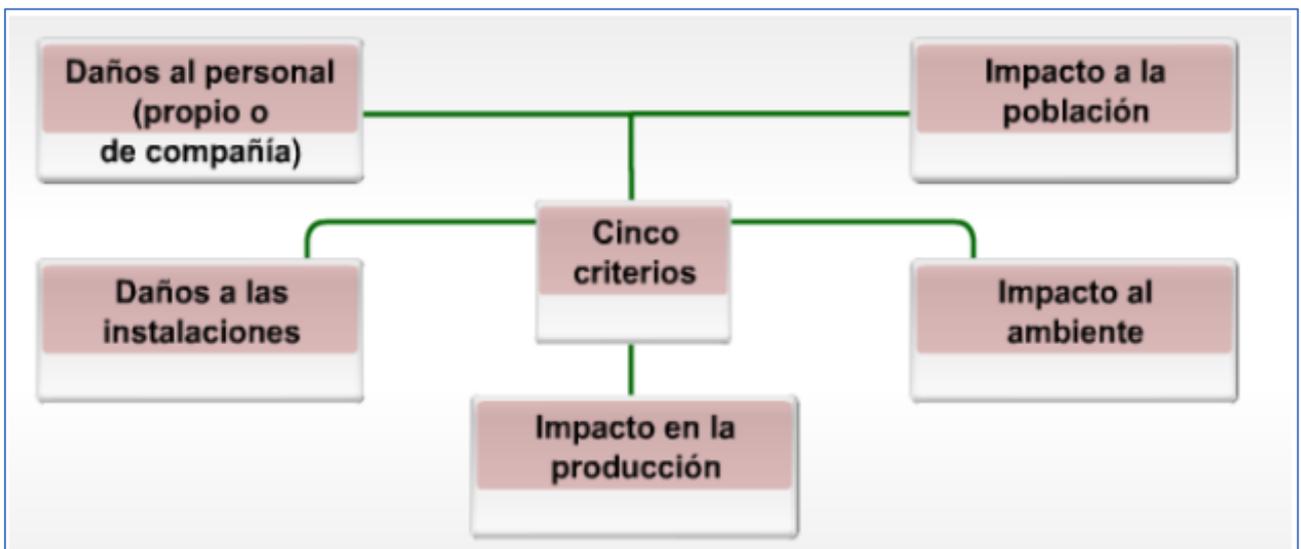
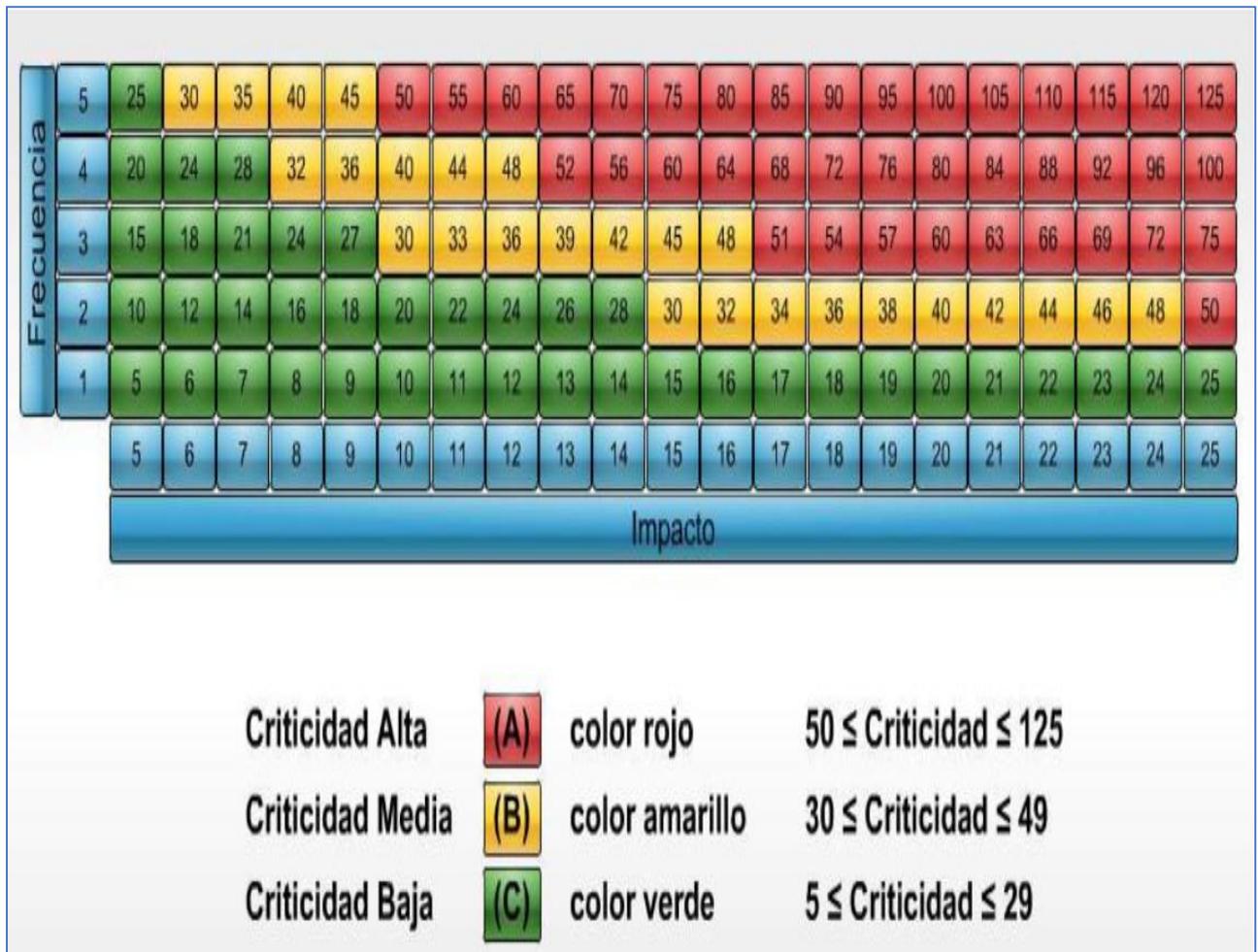


Figura 12. Rangos a estimar

Fuente. Criticidad Total de Riesgos.



**Figura 13. Matriz de criticidad**  
**Fuente. Criticidad Total de Riesgos.**



FORMATO CONTROL DIARIO DE LOS HORNOS

Fecha: 10 / 04 / 2018

HORA	SISTEMA DE VAPOR					SISTEMA DE ELECTRICO			SISTEMA DE COMBUSTIBLE								
	PRESION		TEMPERATURA			HORNO		TQ. HORNO	GLP TANQUES				GLP HORNO				
			CHIMENEA		MANIFORD	PRESOSTATO		TEMP.	FUNCIONAM.		CONSUMO		PRE CAL FUNC		PRESION		
	Horno. 1 (Psi)	Horno. 2 (Psi)	Horno. 1 (°C)	Horno. 2 (°C)	°C	Horno. 1	Horno. 2	°C	TQ. 1 SI-NO	TQ. 2 SI-NO	TQ. 1 GLP	TQ. 2 GLP	PRE CAL 1 SI-NO	PRE CAL 2 SI-NO	VALV. POST-REGULADOR (PSI)	ATOMIZACION HORNO. 1 (MBAR)	ATOMIZACION HORNO. 2 (MBAR)
07:00	100	100	165	165	110°C	✓	✓	60	SI	SI	700	680	SI	SI	6	18	20
09:00	105	95	160	170	120	✓	✓	65	SI	SI	680	580	SI	SI	8	19	19
11:00	100	96	170	175	125	✓	✓	70	SI	SI	660	560	SI	SI	6	20	24
13:00	100	98	175	180	100	✓	✓	65	SI	SI	620	540	SI	SI	8	20	18
15:00	98	99	180	165	105	✓	✓	65	SI	SI	600	520	SI	SI	6	19	22
17:00	96	100	165	165	110	✓	✓	60	SI	SI	580	500	SI	SI	6	19	20
19:00	100	102	170	170	115	✓	✓	70	SI	SI	560	480	SI	SI	6	18	22
21:00	96	103	165	175	120	✓	✓	75	SI	SI	540	760	SI	SI	6	18	20
23:00	98	101	170	165	125	✓	✓	75	SI	SI	520	440	SI	SI	8	20	19
01:00	101	104	160	175	115	✓	✓	75	SI	SI	500	420	SI	SI	8	19	18
03:00	102	100	165	180	110	✓	✓	70	SI	SI	480	400	SI	SI	6	18	17
05:00	100	99	160	165	100	✓	✓	60	SI	SI	460	380	SI	SI	6	18	17
Rango Mínimo	95	95	160	160		NORMAL		60			200	200			6	17	17
Rango Máximo	105	105	190	190		EMERGENTE		80			800	800			10	25	25
Rango Normal	MEDIO																
TECN. DE DIA		TECN. DE NOCHE				OBSERVACIONES											
						PRIMER TURNO		Chispero requiere limpieza									
Richard León		Carlos Sánchez				SEGUNDO TURNO		PRESOSTATO REQUIERE LIMPIEZA									
FIRMA/ NOMBRE		FIRMA/ NOMBRE															

Figura 14. Formato diario de los Hornos

Fuente. Tabla 21



MANTENIMIENTO ANUAL DEL EXHAUSTER

Fecha: 30/06/2017

EQUIPO	RUTA DE INSPECCION DIARIA	TURNO 1		TURNO 2		TURNO 3		OBSERVACIONES
		DES-MONTAJE	REPARACION	DES-MONTAJE	REPUESTOS	MONTAJE	INSPECCION	
EXHAUSTER	CADENA DE TRANSMISION	20%	SI	100%	SI	80%	✓	—
	PIÑON SUPERIOR	50%	SI	100%	SI	90%	✓	—
	PIÑON INFERIOR	60%	NO	100%	NO	100%	✓	—
	CHUMACERA SUPERIOR	40%	NO	100%	NO	90%	✓	Lubricar
	CHUMACERA INFERIOR	40%	NO	100%	NO	80%	✓	lubricar
	MOTOREDUCTOR	50%	NO	100%	NO	60%	✓	Cambiar punos
	GUIAS DE TUBERIAS DE VAPOR	50%	NO	100%	NO	70%	✓	—
	TUBERIAS DE VAPOR	60%	NO	100%	NO	80%	✓	—
	TUBERIAS DE LIQUIDO DE GOBIERNO	70%	NO	100%	NO	90%	✓	—
	BANDA MODULAR	50%	NO	100%	NO	100%	✓	—
	FILTROS	80%	NO	100%	NO	100%	✓	—
	TRAMPAS DE VAPOR	60%	NO	100%	NO	90%	✓	—
	PERNOS DE ANCLAJE	70%	NO	100%	NO	80%	✓	—
	ESTRUCTURA	50%	NO	100%	NO	60%	✓	templadores inadecuados
	TEMPLADORES	70%	SI	90%	SI	70%	✓	Guardas inadecuados
	GUARDAS DE SEGURIDAD	60%	SI	90%	SI	100%	✓	—
CONEXIONES ELECTRICAS	50%	SI	90%	SI	100%	✓	Rebicar Instalacion	
SPROCKER	60%	NO	100%	NO	100%	✓	—	

TURNO 1: Richard León  
 TURNO 2: Carlos Sanchez

FIRMA: [Signature]  
 FIRMA: [Signature]

[Signature]  
 SUPERVISOR DE TURNO

Figura 15. Mantenimiento Anual del Exhauster

Fuente. Tabla 22



RUTA DE INPECCION SEMANAL DE LA MARMITA

Fecha: 14 / 04 / 2018

	ELEMENTOS	BUENO	MALO	REGULAR	CAMBIO	NO CAMBIO	URGENTE	OBSERVACIONES
VALVULA HOTMAN	DIAFRAGMA			✓		✓		
	MUELLE		✓		✓		✓	metal deteriorado
	VASTAGO	✓						—
	SERVOMOTOR			✓		✓		—
	OBTURADOR			✓		✓		—
	ASIENTO	✓				✓		—
	BRIDA	✓				✓		—
	PUERTO DE ENTRADA DE VAPOR	✓				✓		—
	REGULADOR	✓				✓		—
	CABLE DE ELECTRODO	TERMINALES			✓		✓	
CHISPERO			✓				✓	Rotura
EMPAQUETADURA			✓				✓	Rotura
REVESTIMIENTO			✓				✓	Fisurado
FOTOCELDA				✓		✓		—
CONECTOR ENTRADA				✓		✓		—
CONECTOR SALIDA				✓		✓		—
ALIMENTACION KW				✓		✓		—

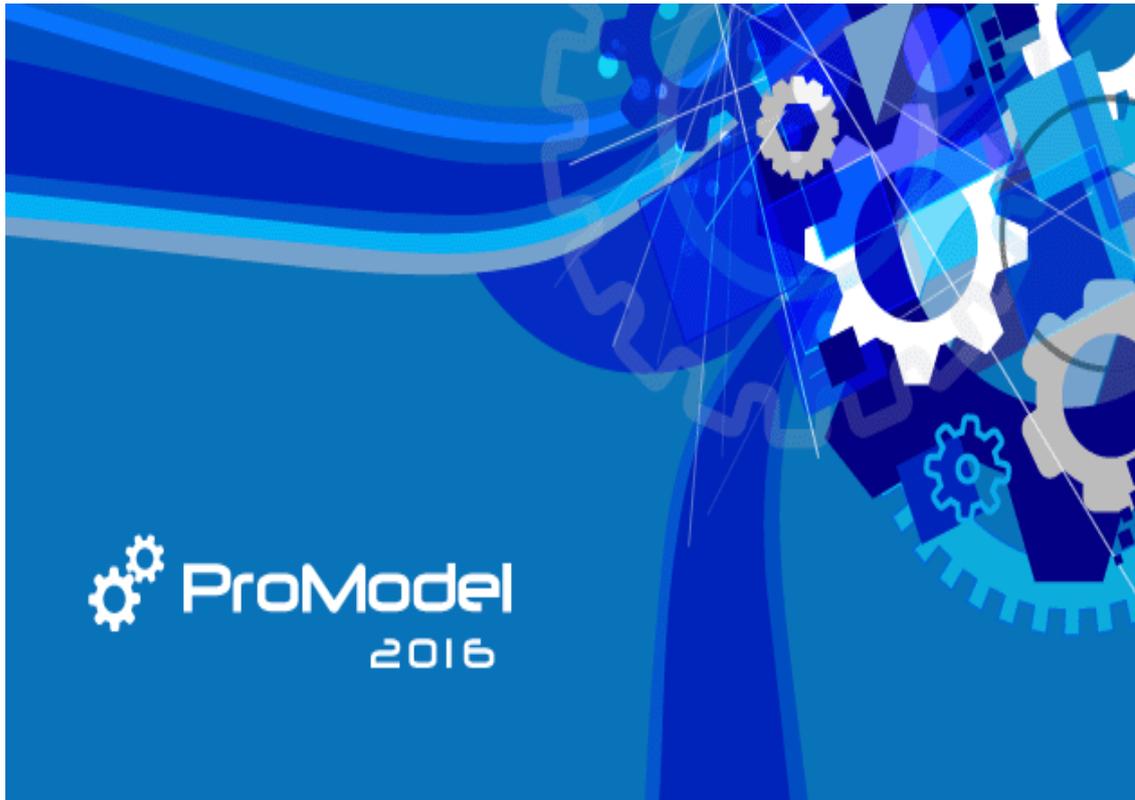
TURNO 1: Richard León      FIRMA: [Firma]  
 TURNO 2: Carlos Sánchez      FIRMA: [Firma]

[Firma]  
 SUPERVISOR DE TURNO

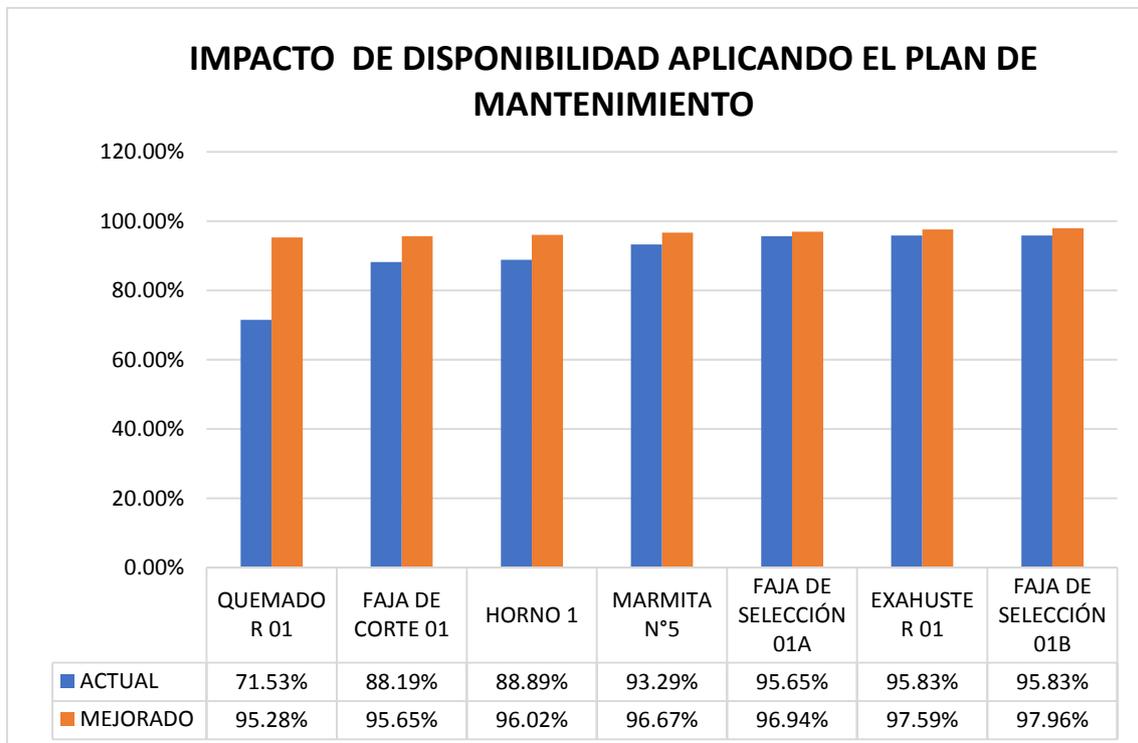
Figura 16. Inspección semanal de Marmita

Fuente. Tabla 23





**Figura 18. Promodel**



**Figura 19. Comparación antes y después**

**Fuente. Figura 9**



**Figura 20. Horno Rotativo**  
**Fuente. Danper Trujillo S.A.C**



**Figura 21. Bomba Líquido de Gobierno**  
**Fuente. Danper Trujillo S.A.C**



**Figura 22. Volteador de Bines**  
**Fuente. Danper Trujillo S.A.C**



**Figura 23. Horno Rotativo**  
**Fuente. Danper Trujillo S.A.C**



**Figura 24. Quemador**  
**Fuente. Danper Trujillo S.A.C**