

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ESTUDIO DE MANTENIMIENTO, BASADO EN LA
CONFIABILIDAD (RCM) APLICADO AL EQUIPO FINGER JOINT
HS-180 PARA LA EMPRESA BLOCKS & CUTSTOCK S.A, PLANTA
SAN PEDRO DE LA PAZ-CHILE.**

Informe de Habilitación profesional
Presentado en conformidad a los requisitos
Para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico

Profesor guía:

Sr. Juan Carlos Figueroa Barra.

Roger Alexander Díaz Ulloa
CONCEPCION – CHILE

2019

Agradecimientos

Ha finalizado una etapa más en mi vida, el logro de un título académico superior agradecido de Dios por todos los momentos vividos en la casa de estudio.

Mis padres Margarita y Héctor, mis hermanos Héctor, Alexis, y familia, que fue un pilar fundamental en el transcurso de este andar, muchas gracias por el apoyo incondicional, preocupación, sus consejos y por el inmenso cariño que me entregan.

Quiero expresar un especial agradecimiento a mi pequeña familia que conocí en los diferentes niveles de estudio mis amigos, por su compañía, apoyo y consejos entregados todos estos años

Finalmente agradecer a todo el personal de mantención de la empresa Blocks & Cutstock donde desarrolle esta memoria.

Resumen:

El presente trabajo de título se desarrolló en Blocks & Cutstock S.A. esta es una empresa de remanufactura en madera y sus productos principales son la madera clear (libre de nudos), cut stock, marcos de puertas, paneles, tableros, piezas de muebles y molduras Finger Joint. Con más de 20 años de experiencia en el mercado, es considerada, a nivel de remanufactura, como una de las más prestigiosas de la región.

En este trabajo se realizó un estudio para la implementación de un mantenimiento preventivo basado en confiabilidad (RCM), aplicado a la máquina Finger Grecon Dimter HS-180, esta metodología ayudará a identificar los sistemas y componentes que están arrojando una confiabilidad relativamente baja en la máquina, para de esta manera poder realizar una mejora en el proceso de mantención.

El estudio se basó principalmente en diagramas Pareto y Jack-nife. Para la realización de estos diagramas se obtuvo la base de datos de la máquina, se procedió a realizar Pareto método por el cual se identificaron los sistemas críticos, bajo el criterio que del 80% de las fallas en la máquina son ocasionadas por el 20% de los componentes, se realiza un segundo análisis de Pareto para obtener los subsistemas que están fallan en la máquina y de esta manera encontrar la falla que afecta la confiabilidad de la máquina. Luego se realizó el diagrama de Jack-Nife para poder rectificar los sistemas y componentes críticos, el cual por medio del número de detenciones y el tiempo medio de reparación entre otras variables identifica los sistemas y componentes críticos, de menor confiabilidad y menor mantenibilidad.

Una vez identificados los componentes críticos se procede a realizar un análisis de los modos, efectos y causas de las fallas (FMEA), luego de realizado el análisis anterior se procede a efectuar por medio de la estadística la distribución y de esta manera obtener la confiabilidad de estos componentes críticos, es también importante ver el actual plan de mantenimiento preventivo que estos componentes tengan, para de esta manera realizar los nuevos planes preventivos que mejoren la confiabilidad en el equipo.

Índice de contenido

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	8
1.1 Introducción	8
1.2 Objetivos del Estudio.....	10
1.2.1 Objetivo general:	10
1.2.2 Objetivos específicos:	10
CAPITULO II: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	11
2. Descripción de la empresa.	11
2.1 Historia de la Compañía:.....	12
2.2 Organización.....	13
2.2.1 Visión.	14
2.2.2 Misión.....	14
2.3 Descripción del proceso productivo.	15
2.3.1 Área de Secado.....	16
2.3.2 Área de Preparación	17
2.3.3 Área de Terminación.....	19
CAPÍTULO III: DESCRIPCION DEL EQUIPO FINGER JOINT	21
3 Objetivo del proceso Finger Joint Grecon HS-180.....	23
3.1 Componentes y etapas del proceso.	23
CAPÍTULO IV: MARCO TEORICO	29
4 Diagrama de Pareto.....	29
4.1 Distribución de Weibull.....	30
4.1.1 La función distribución acumulada $F(t)$ de Weibull	31
4.1.2La función confiabilidad $R(t)$ de Weibull	32
4.1.3 Métodos para determinar parámetros de Weibull	32
4.1.4 Método gráfico de mínimos cuadrados.	33
4.1.5 Curva de la bañera.....	34
4.2Criterios e indicadores de eficiencia en mantenimiento.	36
4.2.1 Confiabilidad.....	36
4.2.2 Disponibilidad	36
4.2.3 Mantenibilidad	37
4.2.4 Tiempo promedio entre fallas (MTBF).....	37

4.2.5 Tiempo promedio de reparación (MTTR).....	37
4.3 Método de Jack-knife.....	38
4.4 Tipos de Mantenimiento	40
4.5 Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM).....	41
4.5.1 Funciones y niveles de desempeño.	41
4.5.2 Fallas funcionales.....	42
4.5.3 Modos de Falla (Causas de Falla)	42
4.5.4. Efecto de fallas.....	43
4.5.5 Consecuencias de las fallas	43
4.5.6 Técnicas de manejo de fallas.....	44
4.5.7 Proceso de selección de tareas de RCM.....	45
4.5.8 Aplicación del RCM.....	46
4.5.9 Lo que logra el RCM.....	48
CAPÍTULO V: PROYECTO DE INVESTIGACION.....	49
5 Aplicación método de Pareto.....	49
5.1 Pareto sistemas críticos	51
5.1.2 Pareto subsistemas críticos.....	52
5.1.3 Subsistema Prensa	52
5.1.4 Subsistema tolva.....	52
5.1.5 Subsistema Traspaso Pre-ensamble	52
5.1.6 Resumen del análisis de Pareto.	53
5.2 Aplicación método de Jack Knife.....	54
5.2.1 Jack Knife sistemas críticos	54
5.2.2 Jack Knife: Subsistemas Críticos.	56
5.2.3 Subsistema Prensa.....	56
5.2.4 Subsistema Tolva.	56
5.2.5 Subsistema Traspaso Pre-Ensamble.....	56
5.2.6 Resumen Análisis de Jack Knife.....	57
6 Análisis de detenciones.....	58
6.1 Análisis de tiempos programados v/s no programados	58
6.2 Análisis de tiempo disponible	59
7 Análisis funcional.	60
8. análisis de modos y efectos de fallas (FMEA).	61
8.1 Análisis de fallas para sistemas prensa (FMEA).....	62

8.2	Análisis de fallas para sistemas tolva (FMEA).	63
8.3	Análisis de fallas para sistemas traspaso pre-ensamble (FMEA).	64
9.	Análisis de los planes preventivos actuales.	65
9.1	Sistema Prensa subsistema barra eyectora.	65
9.2	Sistema Tolva Subsistema Alimentación 1.	65
9.3	Sistema Traspaso Pre-Ensamble Subsistema Encolado.	65
9.4	Conclusiones análisis funcional, fallas (F.M.E.A) y planes preventivos actuales.	67
10.	Análisis Weibull.	68
10.1	Sistema de Prensa del subsistema Barra eyectora.	69
10.2	Sistema de Tolva del subsistema alimentación 1.	70
10.3	Sistema de Traspaso Pre-Ensamble del subsistema Encolado.	71
11.	Mantenimiento preventiva vs Mantenimiento correctiva.	72
11.1	Sistema Prensa de Barra eyectora.	72
11.2	Sistema Tolva de alimentación 1.	73
11.3	Sistema Traspaso Pre-ensamble de Encolado.	73
12	Acciones preventivas	74
12.1	Soportes	74
12.2	Cinta transportadora	74
12.3	Encolador	75
13.	Conclusión.	76
	Referencias Bibliográficas	78

Índice de tablas

Tabla 5.3 Resumen de detenciones maquina Finger Joint HS-180.....	50
Tabla 5.2.1 Resumen de detenciones y tiempos medios de reparación (MTTR).....	54
Tabla 6.2 Resumen horas programas versus horas no programadas de mantención.....	59
Tabla 8.1 Resumen análisis F.M.E.A en barra eyectora para sistema prensa.	62
Tabla8.2 Resumen análisis F.M.E.A en alimentación para sistema tolva.....	63
Tabla 8.3 Resumen análisis F.M.E.A en encolado para sistema traspaso pre-ensamble.	64
Tabla 9.1: Acciones preventivas para la unidad de Barra eyectora.....	65
Tabla 9.2: Acciones preventivas para la unidad de Alimentación 1	65
Tabla 9.3: Acciones preventivas para la unidad de Encolado	66
Tabla 10.1.1: Parámetros de Weibull de los soportes de la Barra eyectora.	69
Tabla 10.2.1: Parámetros de Weibull de la cinta transportadora de la alimentación 1.	70
Tabla 10.3.1: Parámetros de Weibull de Encolado del Encolador	71
Tabla 12.2 Planes preventivos soportes.....	74
Tabla 12.2 Planes preventivos cinta transportadora	74
Tabla 12.3 Planes preventivos encolador.	75

Índice de figuras

Figura N° 1: Empresa B&C S.A.....	11
Figura N° 2.2: Blocks & Cutstock S.A.....	13
Figura N°2: Diagrama general del proceso.....	15
Figura N°4: Alimentador automático cepillos. Figura N°5: Discos dentados y ruedas.	24
Figura N°6: Puente cargador.	25
Figura N°7: Elementos de corte fresados.	26
Figura N°8: Cinta de avance 1.....	27
Figura N°10: Cinta perforada y cadenilla Figura N°11: Cadenilla.....	27
Figura N°13: Unidad pre-ensamble.....	28
Figura N°15: Unidad de prensado	28
Figura N° 4 Ejemplo diagrama de Pareto.....	30
Figura N° 4.1.2 Ejemplo confiabilidad y distribución acumulada	32
Figura N°4.1.5 Ejemplo Curva De La Bañera (Fuente: Elaboración propia)	34
Figura N°4.3 Ejemplo diagrama de Jack-knife	38
Figura N°5.1.6 Equipo, sistemas y componentes criterio Pareto.	53
Figura N° 5.2.6: Equipo, sistemas y subsistemas críticos, criterio de Jack Knife.....	57
Figura N° 6.2 Disponibilidad maquina Finger Joint (2017-2018)	59
Figura 11.3 Preventivos vs correctivos sistemas, subsistemas y componentes.....	73

Índice de anexo

Anexos	79
ANEXO N°1	80
Anexo 1: Base de dato para elaboración de pareto y Jack knife.	81
Anexo 2: Tabla de Pareto.	85
Anexo 3: Gráficos de Pareto.....	87
Anexo 4: Tabla y gráficos Jack knife.	90
ANEXO N°2	99
Anexo 2: En la siguiente tabla se observan las Inspecciones preventivas de la maquina ..	100
Anexo 2.1: Inspección de lubricación general maquina Finger Joint HS-180.	102

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

El crecimiento de los mercados competitivos que hay en la actualidad, han hecho que las empresas inviertan recursos en sus procesos productivos, para de esta manera aumentar la productividad de esta. Pero esta productividad muchas veces se ve afectadas por paradas no programadas sean estas por producción, mantención o por situaciones externas a la empresa, por lo cual es indispensable para las industrias el minimizar estas paradas con el fin de poder obtener el máximo rendimiento de sus procesos. Por lo anterior hoy en día muchas de las empresas que no innovan y no ponen en práctica acciones para mejorar los procesos comienzan a generar costos mayores al proceso productivo.

Es por esto que cada vez es necesario el diseñar y aplicar nuevas estrategias de mantenimiento adecuados a la empresa, se ha convertido en una de las tareas principales y más complejas a desarrollar, debido a que existe una variedad de equipos con funciones, parámetros de trabajo, comportamiento, etc. Que son muy diferentes entre sí, algunas de estas estrategias son por ejemplo: mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, proactivos entre otros.

La metodología que se quiere aplicar en Block and Cutstock, Planta San Pedro consiste en el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en el equipo en estudio, debido a que es fundamental en el proceso de preparación de la madera y el estar detenido por tiempos no programados significa una gran pérdida para la empresa.

Este concepto de confiabilidad se inició hace más de cinco décadas y se cataloga como una de las herramientas de optimización en los procesos productivos, se define como la probabilidad si se habla en términos estadísticos de un sistema, proceso o activo de realizar su función por un determinado tiempo en condiciones específicas de diseño.

El desarrollo de este trabajo empieza en realizar un estudio al equipo identificar sus sistemas y subsistemas, además de cada uno de los componentes de estas, obtener los registros de tiempos muertos de la máquina y clasificar por medios de tablas y diagramas en Excel, para de esta manera obtener los de mayor criticidad, sus tipos de fallas y frecuencias y con ello el problema que genera una baja confiabilidad.

Finalmente implementar un periodo de tiempo óptimo para que el componente crítico sea reemplazado antes de que falle reordenando el plan actual de mantenimiento preventivo actual y con esto mejoraremos la confiabilidad y a su vez la disponibilidad del equipo lo que se traduce en una mayor producción.

1.2 Objetivos del Estudio

1.2.1 Objetivo general:

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo, para la máquina Finger Joint Grecon HS-180 de la Empresa Block and Cutstocks – Planta San Pedro, utilizando metodología de confiabilidad (RCM).

1.2.2 Objetivos específicos:

- Describir la situación actual en la máquina Finger Joint.
- Realizar evaluación del plan de mantenimiento actual según la información obtenida.
- Realizar identificación de sistemas y componentes críticos basándose en la aplicación de diagramas.
- Realizar análisis de modos, efectos y causas de las fallas.
- Realizar confiabilidad mediante distribución de weibull de los componentes críticos.
- Elaborar un plan de mantenimiento luego de obtener los resultados de los puntos anteriores.

CAPITULO II: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

2. Descripción de la empresa.

La empresa está ubicada en la VIII Región, camino a Coronel 6058. San Pedro de La Paz. Por la ruta 160 a unos 15 km de coronel. A su vez esta tiene aserraderos en la ciudad de Collipulli y nueva Imperia, la planta cuenta con una superficie total de 40.000 m², como muestra la figura N°1.

Su fuente de abastecimiento de madera es netamente pino radiata, proveniente de ambos aserraderos Collipulli y Nueva imperial y en pequeña cantidad de otros aserraderos, ambas en la IX Región de la Araucanía. La cercanía de un curso a un puerto para poder distribuir los productos determinó esta ubicación.

El trabajo de la compañía en sus inicios se enfocaba en la producción de Blocks and Cutstock, llegando a comercializar a nivel nacional 5 contenedores por mes. Con el paso del tiempo y con la inversión en nuevas tecnologías y metodologías, la empresa aumenta su capacidad de producción alcanzando una cifra que oscila entre los 40 a 60 contenedores por mes.

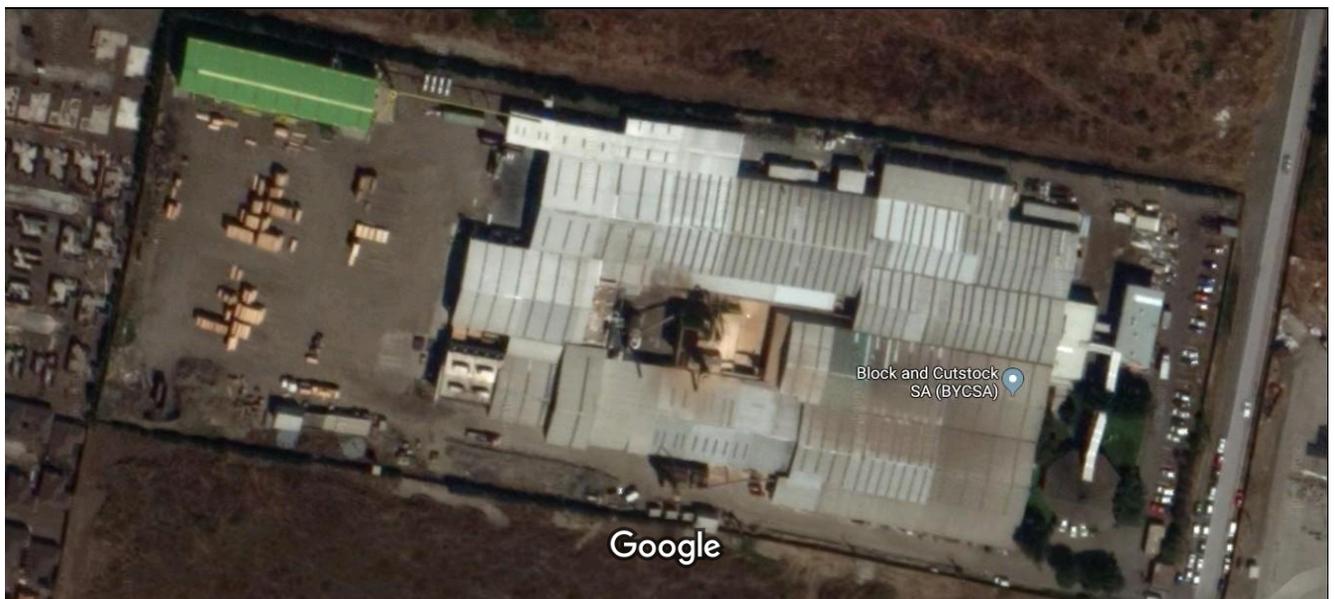


Figura N° 2.1: Empresa B&C S.A.

2.1 Historia de la Compañía:

Blocks and Cutstock S.A. fue fundada en Concepción, Chile, el año 1996 por su propietario Miguel Ángel Fuentes.

En sus comienzo B&C comenzó sus operaciones con solo 6 empleados que fabricaban bloques de juntas de 4/4 de pino Radiata para el mercado estadounidense.

Durante estos últimos 20 años, B&C ha crecido lenta pero constantemente al reinvertir en nuevas tecnologías para estar a la vanguardia de la calidad y el servicio. Este proceso ha permitido a la compañía aumentar su oferta de productos desde bloques de pino radiata hasta productos listos para ser usados en el interior y exterior de una casa.

Hoy en día, la empresa ha crecido al punto que ya son más de 200 empleados directos y los principales productos están terminados y listos para ser usados que son en general tableros de revestimiento y molduras.

Mirando hacia un mercado muy dinámico, B&C ha estado trabajando para estar a la vanguardia de la tecnología y el servicio. Para todo ello la empresa ha estado agregando capacitaciones a sus empleados, equipos de última generación y las últimas tecnologías, servicios de distribución, mercadeo e información técnica y certificaciones de productos. Hoy en día la empresa cuenta con las siguientes certificaciones; Fundación Chile, TPAА y Cal Fire Certifications.

Para los productos tratados e impregnados, la empresa ofrece una garantía limitada de 30 años. Embalajes especiales, como envoltura retráctil por pieza y etiquetado para almacenes minoristas. Todos los productos se cargan en el contenedor en la fábrica y se envían hacia el cliente principalmente los EE. UU. Y Corea del Sur.

2.2 Organización

B&C S.A. se caracteriza por tener una estructura organizacional vertical. Se llama organización vertical por la forma en que está distribuida su estructura de negocio. La estructura es un vehículo para la consecución de los objetivos de la organización. La autoridad para fijar objetivos corresponde a un solo líder, como un ejecutivo, un directorio, un gerente. A medida que se desciende en esta estructura se tienen menores niveles de autoridad y responsabilidad. El símbolo visual de una estructura vertical es el organigrama que muestra la jerarquía de líderes y subordinados. Presidida por el gerente general, don Miguel Ángel Fuentes, y subdivida las responsabilidades en distintos departamentos se tiene la estructura siguiente:

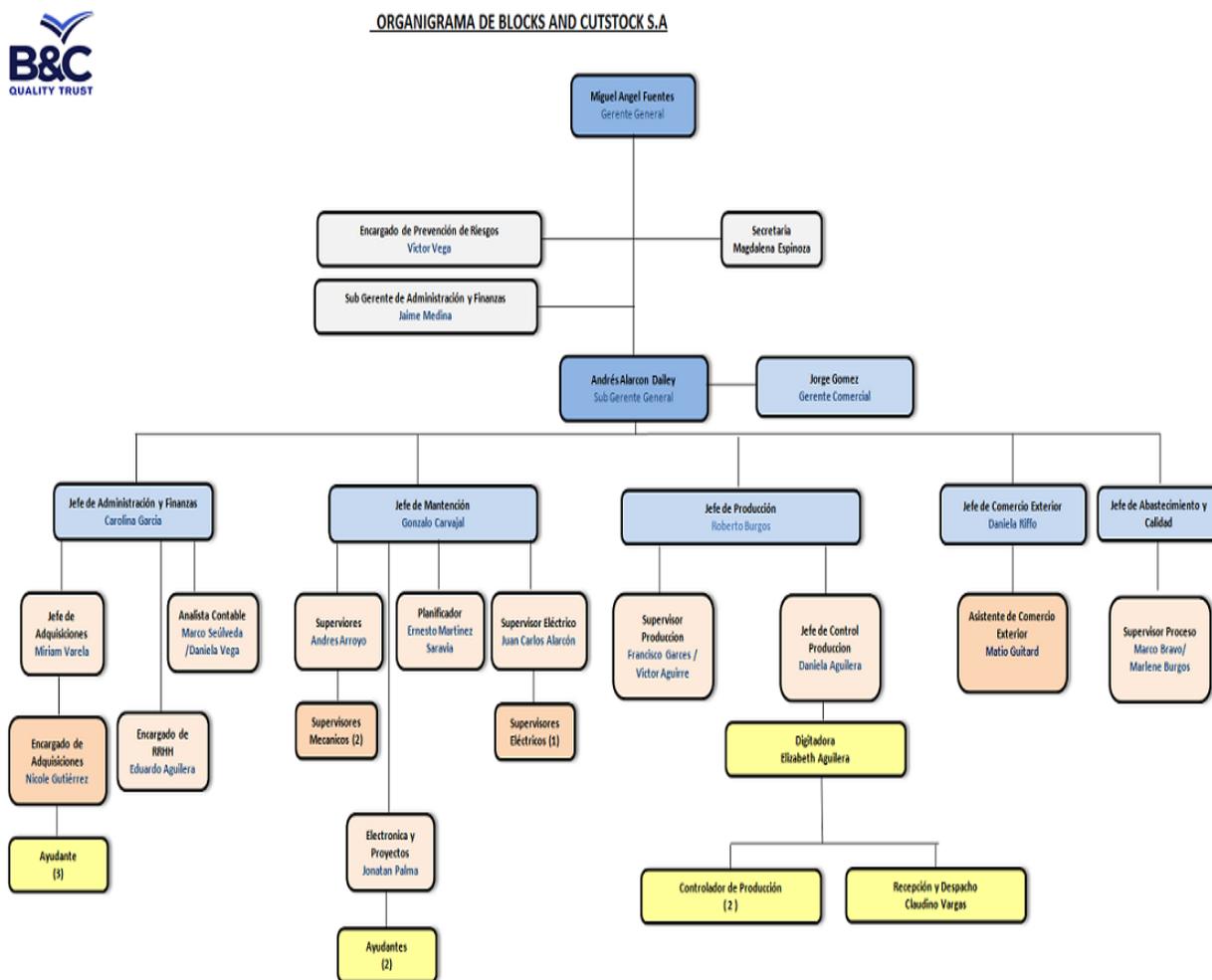


Figura N° 2.2: Blocks & Cutstock S.A.

2.2.1 Visión.

- Ser la empresa de Re manufactura más prestigiosa de la región siendo nuestro nombre, reconocido internacionalmente.

2.2.2 Misión.

- Crearemos valor para nuestros clientes, empleados, proveedores, accionistas y la comunidad regional.
- Lograr ser la primera opción de compra para los clientes por nuestra calidad, consistencia y fecha oportuna en la entrega.
- Alcanzar excelencia en cada una de nuestras áreas.
- Crearemos lealtad en nuestros clientes y proveedores, distinguiéndonos por la seriedad en nuestras relaciones comerciales.
- Lograremos un importante crecimiento con rentabilidad mediante procesos eficientes, seguros y motivando a nuestros colaboradores, para lograr excelencia en el servicio y máximo desarrollo personal.

2.3 Descripción del proceso productivo.

Para lograr el desarrollo de los productos y que estos se encuentren bajo los estándares definidos por la empresa, es necesario que la madera pase por distintos procesos de transformación, descritos en la siguiente figura.

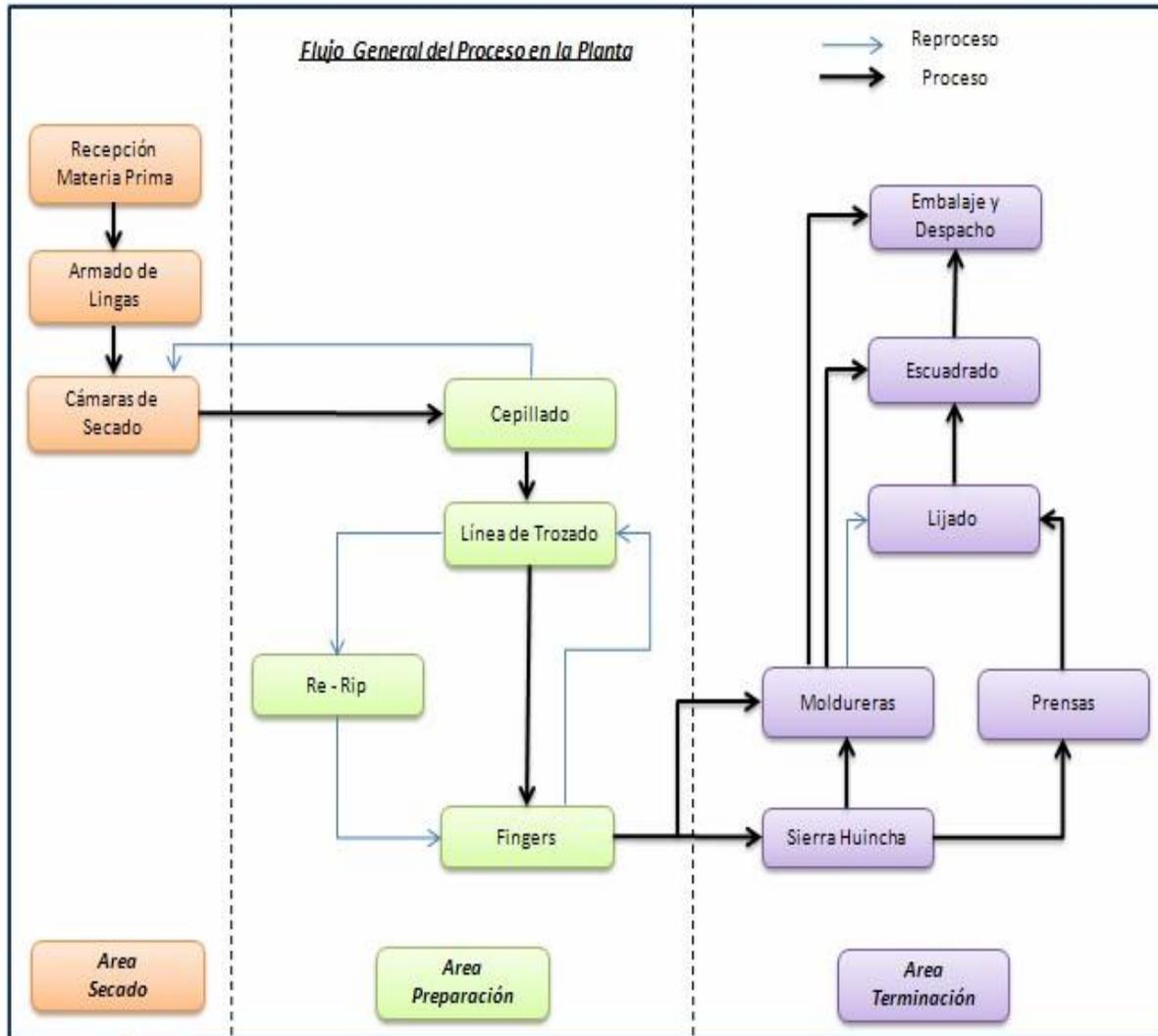


Figura N°2: Diagrama general del proceso. Fuente: Elaboración propia.

2.3.1 Área de Secado

Es la encargada de recibir la madera verde y verificar el estado, además de llevar a cabo el secado de ella, la cual debe quedar bajo las condiciones de humedad requeridas por el área de preparación.

➤ Recepción de materia prima

Esta es la primera etapa del proceso, es aquí donde se recibe cada camión con madera verde, luego se seleccionan al azar 3 paquetes por camión, los cuales son revisados por los inspectores de calidad, certificando la materia prima la cual debe estar bajo las normas establecidas por Aserraderos Arauco. Este procedimiento es de vital importancia para los siguientes procesos, ya que al no cumplir con los requisitos dimensionales y de atributos, la madera no cumplirá con las tolerancias requeridas en cada proceso y con los rendimientos esperados.

Luego de la certificación, los paquetes son llevados a la cancha de almacenamiento en patio verde, donde son apilados en forma ordenada para su posterior proceso.

➤ Empalillado

Los paquetes son transformados en camadas o lingas (paquetes de madera con separadores o palillos); la cantidad de piezas por paquete se encuentra establecida en norma, la que se clasifica de acuerdo a la escuadría, esto se realiza con el objetivo de separar la madera para que esta pueda secarse de manera homogénea dentro de la cámara de secado.

➤ Cámaras de Secado

Las lingas son ingresadas a la cámara de secado mediante carros de carga que se mueven a través de rieles desde la zona de carga a la cámara de secado hasta el patio seco. El proceso de secado se realiza para disminuir el contenido de humedad (8% a 9% de humedad), como también para la estabilidad dimensional, aumento de las propiedades mecánicas, resistencia a las uniones, entre otros. Luego, los paquetes de madera son almacenados en patios secos donde estarán clasificados por volumen y nota de venta por el departamento de producción para luego ser llevados directamente al proceso.

2.3.2 Área de Preparación

El propósito de esta unidad es transformar la madera dimensionada seca en madera apta para ser procesada en las máquinas de elaboración. Los requerimientos dimensionales y de calidad dependen del producto a fabricar.

➤ Cepillado

La madera seca es cepillada por sus cuatro caras, con el objetivo de revelar todos aquellos defectos de la madera, tanto por atributos (pecas, grietas, canto muerto, etc.) como operacionales (calamina, bajo ancho, bajo espesor, mordedura, etc.), de esta forma la madera es clasificada por una maquina llamada scanner la que retroalimentara a los trozadores automáticos.

➤ Trozado

Existe dos líneas de trozado, trozado automático y trozado manual. Los paquetes de madera que llega a cada uno de estos centros, es distribuida de acuerdo a la clasificación antes mencionada.

➤ Scanner -Trozado Automático

La madera proveniente del proceso de cepillado, es clasificada además por un operario de línea de trozado, el operador será quien discrimine, cual madera sin mayores defectos pase a scanner y aquella que presente mayores defectos será retirada de la línea. El scanner es una máquina de alta tecnología que detectara los defectos, cantidades de defectos, tipos de defectos y clasificación de tipos de “blocks”. Los defectos son detectados por medio de cámaras con sensores de distintos posicionamiento y de laser con lo cual se toma una radiografía de la madera, toda esta información es pasada a la línea de tres trozadores automáticos Opticut 450, los cuales toman la información del scanner mediante programadores de control lógico (PLC), aquí comienza el proceso de trozado, por medio de un encoder se genera la lectura de distancia y corte, convirtiendo la tabla en “blocks” libres de nudos, además de esto los trazadores seleccionan las distintas medidas del largo de “blocks” y tipo de “blocks”, una vez pasada la madera por el equipo de trozado ingresan al sistema de cintas de clasificación, es aquí donde clasificadores neumáticos que están siendo retroalimentados por el trozador van seleccionando los “blocks”, es decir, si es un

blocks canto muerto o menor a 5 pulgadas de largo es pateado hacia otra cinta la cual los lleva hacia la Re-Rip.

➤ Trozado Manual

A diferencia del trozado automático, en el trozado manual el operador decide donde y cuando realizar el corte a la pieza, activando la sierra circular con un pedal en la parte inferior de la máquina, además debe seleccionar y depositar los “blocks” en cadenas de clasificación de acuerdo a la norma establecida.

➤ Re – Rip

Proceso que se realiza para aprovechar la madera que tiene defectos en menor porcentaje y así obtener “blocks” con menor ancho, la maquina es operada por un persona que posiciona la madera donde se debe cortar, con todo esto se obtiene un rendimiento de alrededor del 80 % y el otro 20% pasa a un astillador (moedor de madera) que alimentara la caldera de biomasa.

➤ Astillador

Existen dos tipos de astilladores en la planta, astillador Ecaso y Soderhamn. Estos equipos son utilizados para la elaboración de sub-productos (chips), utilizando como materia prima los sub-productos de la línea de trozado, finger y moldureras. Siendo utilizados por una parte en la caldera y comercializados a otras industrias del holding.

➤ Finger Joint

El área de Finger está compuesto por dos máquinas: Finger Grecon HS-180 y Finger Grecon HS120, las que tienen por objetivo unir los block en sus extremos por medio de uniones dentadas generando una pieza de largo definido y sin defecto, denominado “Blanks”.

Los “blocks” provenientes de la línea de trozado se almacenan en una tolva, luego de ingresar en la mesa de entrada las piezas son cortadas en sus extremos por sierras escuadradoras y pasadas por una unidad de fresado dándole la forma de los dientes, posteriormente se aplica adhesivo a la pieza (PVA), para luego ingresar a la unidad de ensamble donde se le da el largo al “blanks”, siendo prensado y expulsado hacia la mesa de salida.

2.3.3 Área de Terminación

Tiene por finalidad transformar los productos intermedios (rip, blank, cut-stock), obtenidos del área de preparación, en productos de mayor valor agregado como las molduras, paneles encolados, etc.

➤ Sierra Huincha

La máquina utilizada es una sierra huincha Stenner, en el cual los blanks son rajados longitudinalmente, para luego ser utilizadas en la fabricación de molduras o enviadas a línea de cola (cepillado en los cantos) para la elaboración de paneles boards.

➤ Prensado

La planta cuenta con dos prensas, una de ellas trabaja con temperatura la que es denominada “Prensa de Radio Frecuencia” y la otra “Prensa Doucet”, la cual no utiliza temperatura. El proceso de prensado tiene como objetivo unir piezas con adhesivo en el canto para formar paneles de mayor tamaño y así comercializar productos con mayor valor agregado.

La prensa de radio frecuencia, utiliza piezas de blank para la fabricación de paneles Board, y en el caso de la prensa Doucet utiliza madera sólida para la elaboración de paneles cutsotck.

➤ Moldureras

La materia prima de estas máquinas son los blanks, proveniente del área fingers o de la sierra huincha. En el área de terminación existen 2 moldureras disponibles, M.

Leadermac y M. Weinig.

En este proceso los blanks son transformados en molduras, obtenidos mediante un proceso de perfilado, otorgado por los cuchillos montados en los cabezales de la máquina, se clasifican de acuerdo a su utilización y la calidad de estos productos debe ser óptima, especialmente en la cara y cantos, la trascara acepta algunos defectos.

➤ Lijadora

Antes de procesar los productos es necesario cubrir los defectos que se puedan encontrar con pasta de retape, para luego ser ingresado en la lijadora y así lograr un mayor acabado superficial, rebajando en el espesor 5 mm por cara, solamente los paneles board y cutstock son procesados en esta máquina.

➤ Escuadrado

Este es el último proceso mecanizado aplicado a la madera y está encargado de formatear los productos moldurados o paneles, con el fin de dimensionar en el largo los productos, de acuerdo a lo requerido por los clientes.

➤ Embalaje y Despacho

Luego de haber procesado la madera en el área de preparación y terminación los productos son embalados y llevados a bodega de distribución para ser despachada al mercado internacional.

Lay-out del proceso productivo de la planta de Re manufactura Blocks and Cutstocks.

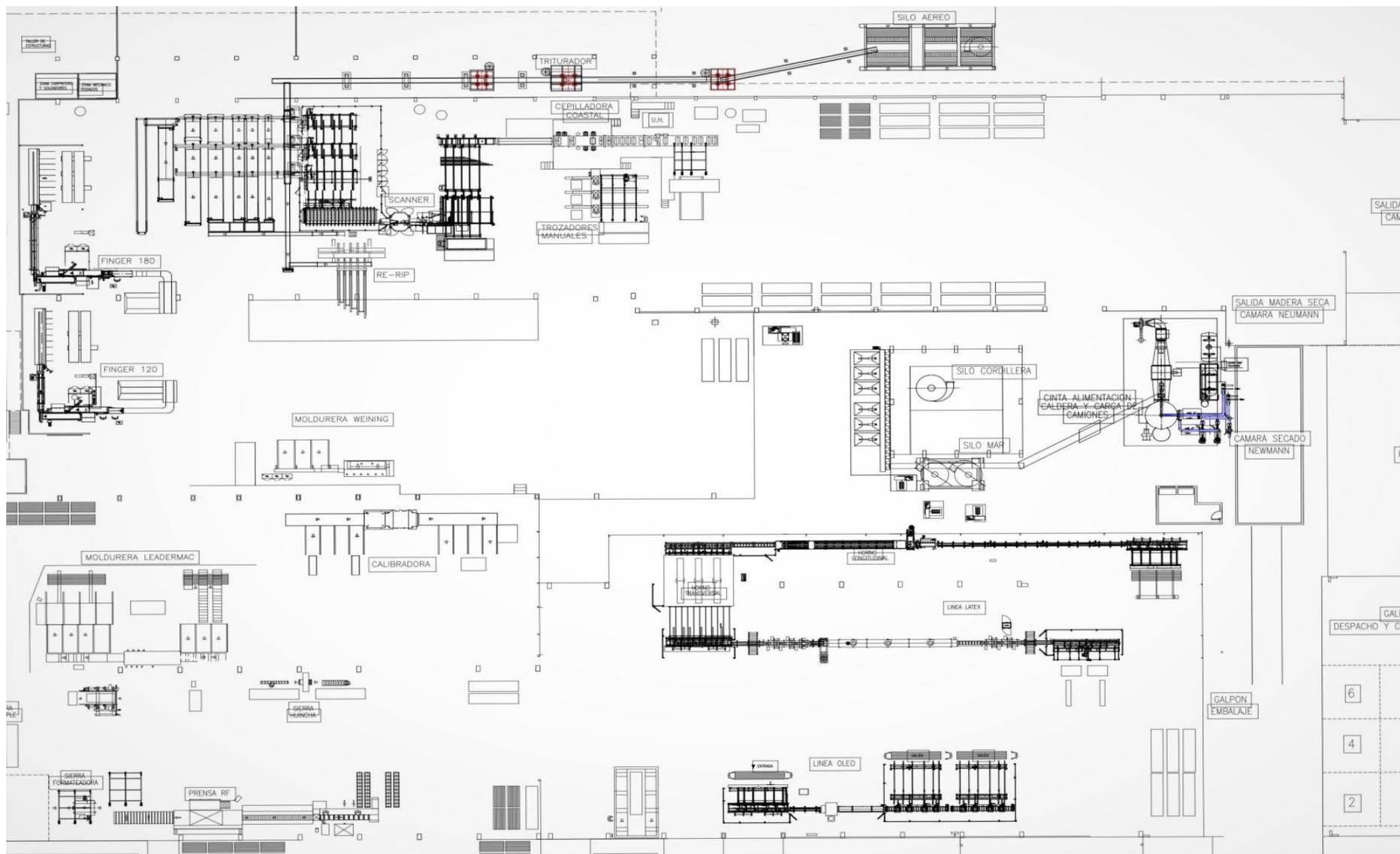


Figura N°2.4: Plano general de la planta. Fuente: Departamento de mantención.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO FINGER JOINT

3 Objetivo del proceso Finger Joint Grecon HS-180.

La máquina Finger Joint Grecon Dimter, modelo HS-180, pertenece al área de preparación de madera. Los productos obtenidos de esta máquina corresponden a la materia prima para la elaboración de molduras y paneles. Ésta máquina tiene una producción promedio de 1.500 (m³/mes). Trabaja a dos turnos de lunes a viernes con una dotación de 4 personas por turno.

El objetivo general de este proceso es ensamblar los blocks en sus extremos por medio de uniones dentadas equidistantes una de otra, de esta forma se obtiene un producto denominado “Blank”, dicho de otra manera una tabla de largo determinado, el máximo de largo que se elabora es de 6.020 mm de largo. En la planta se elabora una gran variedad de blanks, de diferentes calidades, los que son utilizados de acuerdo a los productos elaborados.

3.1 Componentes y etapas del proceso.

➤ Recepción y clasificación

La madera proveniente desde la tolva, ingresa a una cinta de alimentación donde es recepcionada por tres personas, quienes son encargados de ordenar la madera para que esta ingrese de manera perpendicular a la máquina y quitar toda aquella madera defectuosa o que no cumpla con la medida mínima de largo (110 mm).

➤ Alimentador automático

El sistema automático de la máquina llamado feeder, tiene como objetivo el traspaso de la madera hacia la máquina de manera alineada y ajustada, para ello consta con dos cepillos superiores paralelos entre sí y en su inferior cuenta con discos dentados y ruedas cerámicas. Todo este sistema debe funcionar con una determinada presión de trabajo para el pulmón del cepillo, la cual debe encontrarse +/- 1.5 Bar, además de la altura adecuada la cual debe ser del mismo espesor de madera o como máximo 2 mm de pre-carga.



Figura N°3.1: Alimentador automático cepillos y ruedas.



Figura N°3.2: Discos dentados y ruedas.

➤ Puente cargador

Este equipo de la máquina tiene como objetivo mantener la madera presionada y ajustada para el proceso de fresado de la madera, Para ello hay dos parámetros a tener en cuenta: la altura del puente cargador que debe ser de unos 50 mm más el espesor de la madera según el fabricante y el otro parámetro son las cargas ejercidas por el pulmón de carga, si estas son excesivas presentaremos deformaciones superiores a las admisibles generando cortes de flejes y daños en pulmones prematuramente.

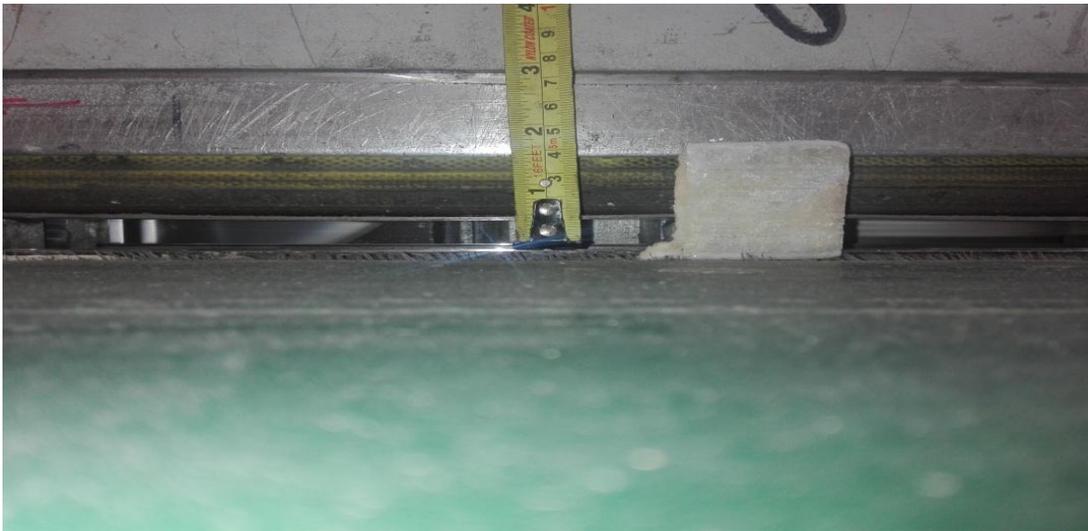


Figura N°3.4: Puente cargador.

➤ Unidades de fresado

La máquina Finger Joint cuenta con dos módulos de fresado dispuestos de manera contraria entre sí con la finalidad de realizar el dentado de los blocks por un lado la parte hembra y por el otro lado el macho, la estación de fresado consta de una sierra escuadradora, ubicada en la parte superior y una sierra incisoria ubicada en la parte inferior con relación a la cadena de perros de arrastre, junto a esto, un cabezal fresador posicionado al mismo nivel de la sierra escuadradora. Inicialmente la madera se escuadra (figura N°3.5) y luego el cabezal fresador da la forma dentada en el extremo de la pieza, para luego repetir la operación en el otro extremo de la pieza. En un extremo se aplica adhesivo (PVA) al término del frezado.



Figura N°3.5: Elementos de corte fresados.

➤ Sistema de avance

El sistema de avance de la maquina cuenta con cintas de avance sincronizados, cadena de perro, cinta traspaso, cadenilla y cinta perforadora. Todo ellos accionados por moto reductores. A continuación se explica cada uno de ellos

a) Cinta de avance sincronizados: son las encargadas del traspaso de madera desde el alimentador automático a módulo n°1 a través de cinta sincronizada 1 y el traspaso de módulo n°1 a modulo n°2 a través de cinta sincronizada 2 (ver figura n°8 y n°9).

b) Cinta de traspaso: la cual tiene un ángulo de inclinación de tal manera que la madera queda en forma precisa para la entrada al módulo n°2 y se pueda realizar el proceso de fresado(ver figura N°3.7).

c) Cadena de perro: Estos deben presentarse escuadrados a 90° con respecto a la guía fija por donde se desplaza la cadena plana, como muestra la figura n°3.6, tiene una velocidad de avance de 180 (block x minuto) en su máxima capacidad.

d) Cadenilla: la cadenilla tiene como función conducir la madera a la salida del módulo hasta la cinta perforada (ver figura 3.9).

e) Cinta perforada: esta la que transporta la madera a una velocidad más rápida para que esta entre en el proceso de ensamble con rapidez y fuerza (ver figura 10).

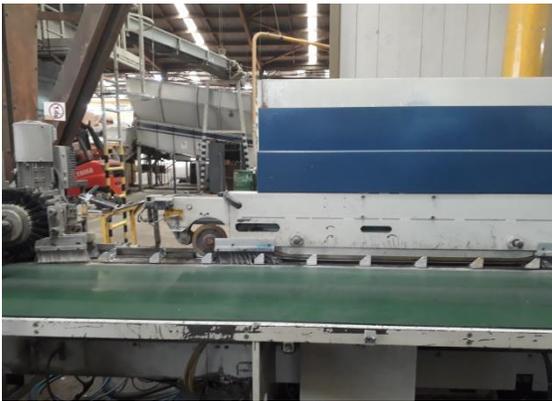


Figura N°3.6: Cinta de avance 1.



Figura N°3.7: Cinta avance 2 y traspaso.



Figura N°3.8: Cinta perforada y cadenilla



Figura N°3.9: Cadenilla

➤ Pre-ensamble

Una vez los blocks salen con una gran velocidad de la cinta perforada, estos son tomados por la cadena enhebradora la cual mantiene una linealidad gracias a unas guías y rostas dispuestas a su costado todo esto con el objetivo de mantener la linealidad de los block para que estos se ensamben de manera correcta. Para poder tener el ensamble se tiene un rodillo cargador. La sierra dimensionadora realiza el corte para establecer el largo final del blank, para luego ingresar a la unidad de prensado.



Figura N°3.10: Unidad pre-ensamble



Figura N°3.11: Cadena enhebrado

➤ Unidad de prensado

Luego de dimensionar el blank, éstos son prensados a través de un cilindro hidráulico y con una barra en la parte superior apoyando el blank contra la mesa, para luego ser expulsada por barra eyectora sobre los brazos de apoyo o mesa de salida.



Figura N°3.12: Unidad de prensado

CAPÍTULO IV: MARCO TEORICO

4 Diagrama de Pareto

Los diagramas de Pareto se relacionan con el llamado principio de Pareto o también llamada la regla del 80:20, la que se traduce en que: La menor parte de los aportes produce la mayoría de los resultados. Está basada en la teoría del economista y sociólogo italiano del siglo XIX Wilfredo Pareto, que estudio la distribución de la riqueza en varios países. Pareto descubrió que, en la mayoría de los países, el 80% de las riquezas estaba en manos del 20% de la población, conclusión que finalmente llamaría la regla del 80:20 o principio de Pareto.

El principio de Pareto se expandió más allá de su uso económico y actualmente tiene gran uso en gestión empresarial, industrial y social, entre otros. Si bien originalmente la regla es 80:20, también es válido el uso de otros criterios como 90:10 o 60:40, dependiendo del caso de estudio.

La aplicación del diagrama de Pareto para análisis de mantención, consiste en obtener una gráfica del listado de fallas o equipos que generan detenciones del proceso, entre otras variables que se requieran analizar. El registro debe tener detalles de número de fallas, detenciones u otros, así como los tiempos y fechas asociados a cada detención, estos deben ser ordenados de mayor a menor y determinar el porcentaje acumulativo que posee cada factor en el total de elementos.

El diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente y la línea de frecuencia acumulada representa la suma progresiva de las sucesivas barras verticales de izquierda a derecha.

Como una forma de priorizar y solventar la común escasez de recursos para la gestión del mantenimiento, se usa el análisis de Pareto, que es comúnmente utilizado para identificar aquellos códigos de falla más críticos para las operaciones, ya sea en términos de mantención o disponibilidad de los equipos.

El diagrama de Pareto también es una forma de visualizar y establecer las prioridades de mejoramiento. Este análisis identifica que tan mejorable es un sistema o equipo, basada en la pérdida de valor que está teniendo el ítem en cuestión de tiempos de parada. El diagrama

de Pareto supone que el 80% de la magnitud total del evento es contribuida solo por el 20% de los sistemas, dando un criterio de criticidad de estos.

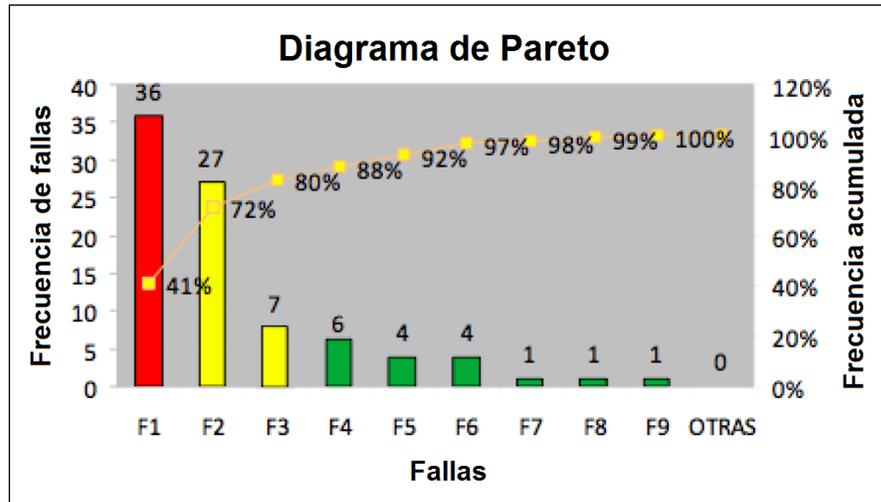


Figura N° 4.1 Ejemplo diagrama de Pareto. (Fuente: elaboración propia)

En el diagrama, las barras de color rojo y amarillo representan fallas con un alto índice de prioridad de mejoramiento, ya que, según la teoría de Pareto, el 80% de la magnitud total del evento, es contribuida aproximadamente solo por el 20% del total de fallas (F1, F2 y F3).

4.1 Distribución de Weibull

Es una función de distribución de probabilidades continua y de tres parámetros (localización, forma y escala) y se emplea ampliamente en el área del mantenimiento basado en la confiabilidad, su nombre se debe al físico sueco Waloddi Weibull (1887-1979) quien la publicó formalmente por primera vez en el año 1939, en el artículo A Statistical Theory of the Strength of Materials.

La distribución de Weibull puede presentar características de fallas de un gran número de equipos o componentes, modelando matemáticamente situaciones en las que el tiempo de detención o falla de estos componentes o equipos influye en la obstrucción a un proceso.

La función de densidad de probabilidad de la distribución de Weibull para la variable aleatoria t está dada por la siguiente expresión:

$$f(t) = \frac{\beta(t - \delta)^{\beta-1}}{\theta^\beta} e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)}, t \geq \delta A = \pi r^2 \quad (1)$$

En el caso que los valores sean tomados desde cero en adelante, se puede omitir el parámetro de localización (δ), quedando una función de densidad de probabilidades biparamétrica, definida solamente por los parámetros de forma y escala, tal como sigue:

$$f(t) \begin{cases} \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} & , t > 0 \\ 0 & , t \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

Donde se define:

- θ : Parámetro de escala ($0 < \theta < \infty$) theta, indica la escala de la distribución, es decir, muestra que tan aguda o plana es la función.
- β : Parámetro de forma ($0 < \beta < \infty$) beta, como su nombre indica, determina la forma de la distribución.
- δ : Parámetro de localización ($-\infty < \delta < \infty$) delta, indica en el tiempo, el momento a partir del cual se genera la distribución.
- t : Variable aleatoria, que, para el caso de la confiabilidad, representa el tiempo entre fallas (TBF).

4.1.1 La función distribución acumulada F (t) de Weibull

La función de distribución acumulada se obtiene por la integración de la función de densidad de probabilidades de Weibull y se entiende en el ámbito de la confiabilidad como la probabilidad de falla de un componente específico hasta un tiempo t definido.

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt = 1 - e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} \quad (3)$$

4.1.2 La función confiabilidad R (t) de Weibull

Esta es una función complementaria a la función de distribución acumulada de Weibull. Está determinada por la probabilidad de que el evento ocurra después de un especificado periodo de tiempo. Es decir, es la probabilidad de que el componente se encuentre en buenas condiciones de funcionamiento hasta el instante t y se define como:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} \quad (4)$$

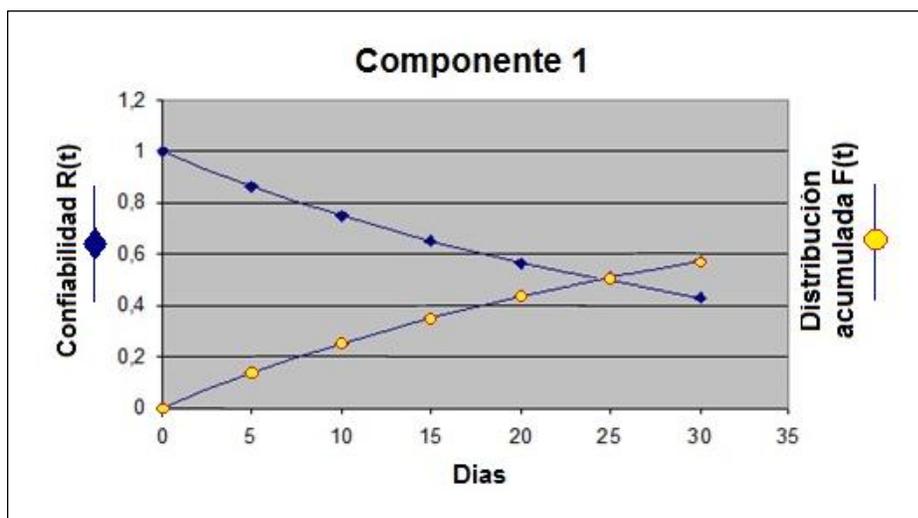


Figura N° 4.2 Ejemplo confiabilidad y distribución acumulada (Fuente: Elaboración propia)

4.1.3 Métodos para determinar parámetros de Weibull

Existen cinco métodos para calcular los parámetros de la distribución de Weibull:

- Método gráfico de mínimos cuadrados.
- Gráfico de la función tasa de falla.
- Máxima similitud.
- Estimación de momentos.
- Estimadores lineales.

4.1.4 Método gráfico de mínimos cuadrados.

El método gráfico de mínimos cuadrados permite calcular los parámetros de forma (β) y escala (θ) de la distribución de probabilidades de Weibull, mediante la transformación doble logarítmica de la función de distribución acumulada $F(t)$. Este método es ampliamente usado en ajuste de curvas y se puede aplicar en temas de confiabilidad.

Para la aplicación de este método y obtener los parámetros de Weibull se debe obtener de la base de datos del sistema, el tiempo entre fallas (TBF) de todas las fallas existentes para un componente específico, las cuales deberán ser asignadas cada una con un código y ordenadas de menor a mayor, luego de esto se deberá calcular el rango de mediana (RM) para poder trazar la recta de regresión. Este estimador no paramétrico se usa para calcular los parámetros de la distribución de Weibull y definirla completamente a través de su función de densidad de probabilidades.

Si se tiene función de distribución acumulada, entendida como probabilidad de falla:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} \quad (5)$$

Entonces aplicando doble logaritmo natural a $F(t)$ y desarrollando matemáticamente se tiene:

$$\ln[-\ln(1 - F(t - \delta))] = \beta * \ln(t - \delta) - \beta * \ln(\theta) \quad (6)$$

Haciendo ajuste de mínimos cuadrados a la recta $y = \beta x + b$, se tiene:

$$y = \ln[-\ln(1 - F(t - \delta))]; \quad x = \ln(t - \delta) \quad ; \quad b = -\beta * \ln(\theta) \quad (7)$$

Se obtienen entonces de acá, coordenada x_i e y_i de la recta ajustada según las fórmulas del método de los mínimos cuadrados, donde:

$$x_i = \ln(t - \delta) \quad (8)$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{t}{1 - F(t - \delta)} \right) \right] \quad (9)$$

Donde se obtiene gráficamente la pendiente de dicha recta que representa el parámetro de forma β

$$\theta = e^{-\left(\frac{b}{\beta}\right)} \quad (10)$$

Luego de esto se procederá a graficar los rangos X_i e Y_i para lograr un gráfico de dispersión, el cual tendrá que ser ajustado a una curva mediante comandos de Excel.

4.1.5 Curva de la bañera

El parámetro de forma (β) está directamente relacionado con la curva de la bañera, con el cual se puede caracterizar el tipo de falla que está ocurriendo; ya sea: mortalidad infantil, fallos aleatorios o envejecimiento.

Relación entre Parámetro de Forma (β) y tipo de falla

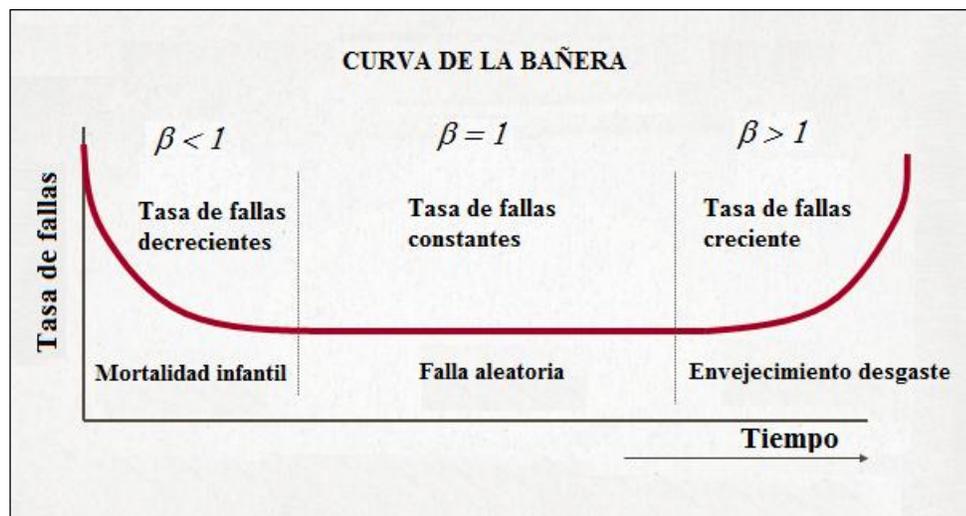


Figura N°4.3 Ejemplo Curva De La Bañera (Fuente: Elaboración propia)

$\beta < 1$ Implica Mortalidad Infantil

Corresponde a una alta tasa de fallas al comienzo de su montaje. La curva decrece monótonamente y es convexa. Los modos de fallas más típicos son:

- Carga, inspección o prueba inadecuada.
- Problemas de reparación.
- Inadecuado burn - in o fuerzas, presiones ocultas.
- Problemas de producción.
- Problemas de Desensamble.
- Problemas de overhaul.

Si un elemento sobrevive a la mortalidad infantil, este elemento mejorará su resistencia a fallas.

$\beta = 1$ Implica Falla Aleatoria

Falla independiente del tiempo o aleatorias y es igual a una distribución exponencial.

- Errores de mantenimiento / errores humanos.
- Fallas debido a naturaleza, daños u objetos desconocidos.
- Mezcla de datos desde 3 o más modos de falla.
- Intervalos entre fallas.
- Over hauls no apropiados.

$1 < \beta < 4$ Implica falla por deterioro temprano

Si esta falla ocurre dentro del diseño de la vida es una desagradable sorpresa. Estas son muchas fallas de modo mecánicos en esta clase.

- Bajo ciclo de Fatiga.
- Corrosión.
- Erosión.
- Overhaul o partes reemplazadas con un bajo β son de costo no efectivo.

$\beta > 4.0$ Implica deterioro rápido por edad de uso

- Típicos modos de falla con mucha edad.

4.2 Criterios e indicadores de eficiencia en mantenimiento.

Son indicadores que permiten tener una visión general de lo que está ocurriendo en la empresa en términos de criterios de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad para una máquina o sistema determinado. Al tener presentes estos indicadores se pueden tomar medidas de mitigación de fallas, en caso que los indicadores no sean aceptables, o bien mantenerlos constantes siempre y cuando estén dentro de lo requerido.

- Los criterios de eficiencia son:

4.2.1 Confiabilidad

Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

La confiabilidad se puede definir también como la probabilidad de que un producto realizará su función prevista sin incidentes, por un periodo de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

4.2.2 Disponibilidad

La disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. Se define como la probabilidad de que una máquina o sistema esté preparado para producción en un periodo de tiempo determinado.

$$D = \frac{Top}{Top + Td} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (11)$$

Dónde:

- Top: tiempo total de operación.
- Td: Tiempo total de detenciones.
- MTBF: Tiempo promedio de buen funcionamiento entre paradas o detenciones.
- MTTR: Tiempo promedio de reparación.

4.2.3 Mantenibilidad

Mantenibilidad es definida como la capacidad (o probabilidad si hablamos en términos estadísticos), bajo condiciones dadas, que tiene un activo o componente de ser mantenido o restaurado en un periodo de tiempo dado a un estado donde sea capaz de realizar su función original nuevamente, cuando el mantenimiento ha sido realizado bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados (Norma ISO 14224, 1999).

- Los indicadores de eficiencia son:

4.2.4 Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

El MTBF es la media del tiempo de buen funcionamiento entre paradas del equipo, corresponde al tiempo promedio que transcurre entre dos fallas consecutivas

$$MTBF = \frac{\text{tiempo de funcionamiento (T.fun)}}{\text{Nº de fallas del equipo (nf)}} \quad (12)$$

Donde:

- T.fun = Horas del período - horas por imprevistos internos - horas por mantención programada - horas Operacionales.
- NF= Número de fallas por imprevistos internos.

4.2.5 Tiempo promedio de reparación (MTTR)

El tiempo promedio de reparación se define como el tiempo que se demora en ser reparado algún componente específico que presenta una falla, este tiempo puede ser calculando tomando el número total de detenciones imprevistas y dividiendo por el número de eventos asociados.

$$MTTR = \frac{\text{tiempo de detenciones no programadas (T.Det)}}{\text{número de fallas del equipo (nf)}} \quad (13)$$

Dónde:

- T. Det = Tiempo total de detenciones provocadas por imprevistos internos.

4.2.6 Tiempo entre fallas (TBF)

El tiempo entre fallas corresponde al tiempo que transcurre entre dos fallas consecutivas, este tiempo entre fallas es aplicado para el análisis Weibull, el cual tiene como principal función dar una mayor confiabilidad y disponibilidad a la pieza o máquina analizada.

4.3 Método de Jack-knife.

El método de Jack-knife es una técnica de jerarquización de criticidad, basada en métodos de dispersión logarítmica de los datos disponibles, que utiliza los tiempos promedios de reparación (MTTR), y el número de detenciones de los equipos o sistemas como base. En general, este método de jerarquización e identificación de criticidad, busca evaluar cualitativa y cuantitativamente el comportamiento de las fallas y sus consecuencias.

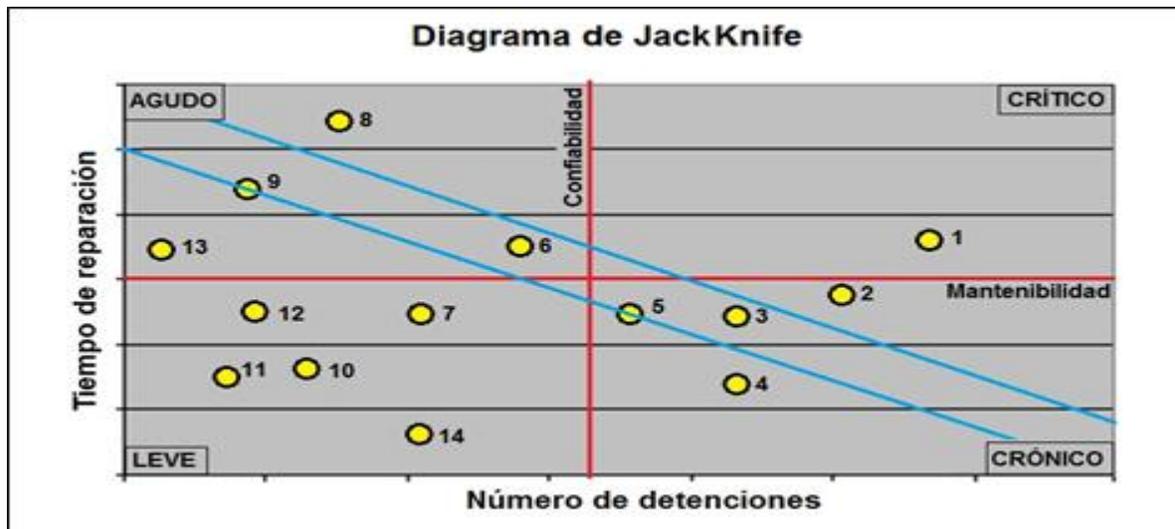


Figura N°4.3 Ejemplo diagrama de Jack-knife

El gráfico de Jack-knife de la Figura 5.4, puede ser dividido en 4 niveles de fallas asociados a 4 cuadrantes:

- 1) AGUDO: Detenciones con alto tiempo de reparación y baja frecuencia.
- 2) LEVE: Detenciones con bajo tiempo de reparación y baja frecuencia.
- 3) CRÍTICO: Detenciones con alto tiempo de reparación y alta frecuencia.
- 4) CRÓNICO: Detenciones con bajo tiempo de reparación y alta frecuencia.

También da a conocer indicadores de eficiencia en mantenimiento, tales como:

- Confiabilidad: Aumenta hacia la izquierda.
- Mantenibilidad: Aumenta hacia abajo.

Los sistemas o equipos con mayor confiabilidad se encuentran en el cuadrante izquierdo y los sistemas con mayor mantenibilidad se encuentran en los cuadrantes inferiores. Estos cuadrantes son formados mediante dos límites, Limite MTTR (línea roja horizontal) y Limite n (línea roja vertical). Estos límites pueden ser establecidos mediante criterios del área de mantenimiento o mediante cálculos dependientes de magnitudes relativas. Un acercamiento que permite determinar valores relativos es utilizar valores promedios como los siguientes:

$$D = \Sigma \text{Tiempo de detenciones}$$

$$N = \Sigma \text{Tiempo de cada falla}$$

Definiciones:

- Tiempo total fuera de servicio (D): Corresponde a la suma de los tiempos de detenciones provocadas por fallas imprevistas.
- Número total de fallas (N): Corresponde a la suma de cada detención provocada por fallas imprevistas.
- Número de códigos distintos (Q): Asignado tanto a un modo de falla o componente para categorizar los datos.

Luego de definir estos parámetros se puede obtener los límites ya mencionados:

$$\text{Límite } n = \frac{N}{Q} \quad (14)$$

$$\text{Límite } MTTR = \frac{D}{N} \quad (15)$$

Las líneas diagonales de color azul trazadas en la figura 4.3 son denominadas líneas de iso-indisponibilidad, ya que todas las fallas ubicadas sobre una de ellas aportan igual indisponibilidad al proceso estudiado.

4.4 Mantenimiento

Los principales diccionarios definen mantener, como causa de continuidad o conservar en el estado actual (Webster y Oxford, citado en Moubray, 1997). Esto sugiere que mantener significa preservar algo, por otro lado, los autores concuerdan en que modificar algo significa cambiar algún aspecto, pero ¿qué es lo que se pretende que continúe? (Moubray, 1997). El mantenimiento en definitiva consiste en asegurar que los bienes físicos continúen cumpliendo las funciones que sus usuarios esperan (Moubray, 1997).

La finalidad del mantenimiento es lograr la máxima vida económica de edificaciones, equipos, sistemas o productos, lo que implica que “Sistema de Trabajo” sea el mejor en (Velasco, 2009 p.8):

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo no falle en condiciones de operación previstas durante un tiempo determinado.

Mantenibilidad: Es la probabilidad de que a un objeto, sistema o equipo se le pueda dar el mantenimiento planeado en su diseño, incluyendo, materiales, tiempo, mano de obra y seguridad.

Disponibilidad: es la probabilidad de que un equipo sea operable (disponible para su uso) a lo largo de un periodo dado.

Las estrategias o tipos de mantenimiento se adoptan de acuerdo a las circunstancias encontradas o establecidas cuando se trata de realizar actividades de mantenimiento, y se adoptan estas con el objeto de realizar un sistema organizado para poder enfrentar de una manera eficiente y organizada estas actividades (Velasco, 2009). Por lo general, son utilizadas en prácticamente toda planta industrial y dosificada indistintamente de acuerdo a la organización, políticas y disponibilidad de recursos de cada empresa (Velasco, 2009).

4.5 Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM)

El RCM es uno de los procesos desarrollados entre inicios de los años sesenta y setenta con origen en la Industria Aeronáutica, con el objetivo de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas (Velasco, 2009). El procedimiento consta de dos etapas: la primera es un análisis inductivo de los fallos potenciales donde se utiliza una variante del modo de fallo, efectos y análisis de criticidad para determinar los componentes críticos del sistema; y la segunda la aplicación de los diagramas de decisión lógica llamada lógica de RCM (Vatn, 2008, citado en Martínez, 2014).

El RCM (Moubray, 1997) según se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen respondiendo a las siguientes siete preguntas: ¿cuáles son las funciones? ¿De qué forma puede fallar? ¿Qué causa que falle? ¿Qué sucede cuando falla? ¿Qué ocurre si falla? ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas? ¿Qué sucede si no puede prevenirse la falla?

4.5.1 Funciones y niveles de desempeño.

Antes de que sea posible aplicar un proceso para determinar qué debe hacerse y para asegurar que todo bien físico continúe cumpliendo con su desempeño, según Moubray (1997) es necesario hacer dos cosas: determinar cuál es la función que los usuarios quieren que cumpla y asegurar que el bien sea capaz de comenzar con lo que los usuarios esperan. Es por esto que el primer paso del RCM, según el autor, es definir las funciones de cada bien en su contexto operativo, como así también los estándares de desempeño deseados.

Las funciones que los usuarios pretenden que sus bienes desempeñen pueden dividirse en dos categorías (Moubray, 2004 p. 8):

Funciones primarias: que en primera instancia resumen el porqué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.

Funciones secundarias: la cual reconoce qué se espera de cada activo, que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural,

economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales, y hasta de apariencia del activo.

Según Moubray (1996) los usuarios de los activos generalmente se encuentran en la posición más óptima para saber exactamente cómo aporta el activo al bienestar físico y financiero de la organización como un todo, dado esto es fundamental que estén involucrados con el proceso de RCM desde un principio. Si se realiza apropiadamente este paso generalmente toma un tercio del tiempo necesario para un análisis completo de RCM.

4.5.2 Fallas funcionales.

El único suceso que puede hacer que un activo deje de funcionar según el nivel requerido es algún tipo de falla lo que sugiere que el departamento de mantenimiento ha alcanzado sus objetivos al adoptar un acercamiento acertado al manejo de las fallas, no obstante, antes de aplicar una combinación de herramientas adecuadas, se necesita identificar el tipo de fallas que pueden presentarse (Moubray 1996; 2004)

Según el autor, el proceso de RCM lo hace en dos niveles: en primer lugar, identifica las circunstancias que llevaron a la falla, y luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle. Los estados de falla son conocidos como fallas funcionales, porque “ocurren cuando un bien es incapaz de cumplir una función a un nivel de desempeño que sea aceptable por el usuario (Moubray 1996, p.13), es decir, no satisface el estándar de funcionamiento deseado” (Velasco, 2009, p. 22). Sumado a la incapacidad total para funcionar, esta definición abarca fallas parciales, donde el bien todavía funciona, pero a nivel inaceptable de desempeño, (incluyendo también los casos donde no el activo no alcanza el nivel de precisión o calidad) (Moubray 1996; 2004). Destaca el autor que sólo pueden ser identificadas una vez que las funciones y desempeño estándares hayan sido definidas con claridad.

4.5.3 Modos de Falla (Causas de Falla)

Cuando se ha identificado cada falla funcional, el siguiente paso es tratar de identificar todas las posibles causas de este estado de error, lo que se denomina como modos de fallas (Moubray 1996; 2004). Los modos de falla “razonablemente similares” incluyen: todas las fallas que ocurrieron en el mismo equipo o en similares operando en el mismo contexto, fallas que están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento ya existentes, y por

último las fallas que no ocurrieron pero que son potenciales a ocurrir dado el contexto (Moubray 1996; 2004)

El autor expone que tradicionalmente las listas de modos de fallas incorporan fallas causadas por el deterioro, el uso y desgaste normal, no obstante, para que todas las causas probables de fallas puedan ser identificadas y resueltas de la manera más apropiada, el autor señala que la lista debería incluir aquellas fallas ocasionadas por errores humanos (provenientes de los operadores y el personal de mantenimiento) y errores de diseño (Moubray, 2004). Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla para asegurarse que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas, a su vez, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de falla en sí mismo (Moubray, 2004 y Velasco, 2009)

4.5.4. Efecto de fallas.

Cuando se identifica cada modo de falla los efectos que producen estas deben registrarse, es decir definir qué pasaría, esto permitirá establecer la importancia de cada falla, y en consecuencia qué nivel de mantenimiento sería necesario (Velasco, 2009). Esta descripción debe incluir toda la información necesaria para respaldar la evaluación de las consecuencias de las fallas, tales como: la evidencia (si las hubiera) de que la falla ocurrió; en qué manera (si las hubiera) representa una amenaza para la seguridad del medioambiente; de qué modo (si los hubiera) afecta la producción u operaciones y qué debe hacerse para reparar la falla (Moubray, 2004, p.10).

4.5.5 Consecuencias de las fallas

Luego de haber determinado las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el siguiente paso en el proceso del RCM es preguntar cómo y (cuánto) importa cada falla (Velasco, 2009). El motivo de esto es porque las consecuencias de cada falla dicen si se necesita tratar de prevenirlas, de ser así, también sugieren con qué esfuerzo se debe tratar de encontrar las fallas (Velasco, 2009).

Uno de los puntos fuertes de RCM es su reconocimiento respecto a que las consecuencias de las fallas son mucho más importantes que sus características técnicas; la única razón de hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es para evitar las fallas en sí, sino para evitar o al menos reducir las consecuencias que estas traen (Moubray, 2004). El proceso de RCM, según Moubray (2004, p.10) clasifica estas consecuencias en los siguientes cuatro grupos:

.- Consecuencias de fallas ocultas: las fallas ocultas no causan un impacto directo, pero exponen a la empresa a fallas múltiples, con consecuencias serias y frecuentemente catastróficas (La mayoría de estas fallas están asociadas con sistemas de protección no libres de fallas)

.- Consecuencias medioambientales y de seguridad: una falla trae consecuencias de seguridad si potencialmente puede dañar o causar la muerte. Tiene consecuencias medioambientales si provoca la violación de cualquier norma medioambiental corporativa, regional, nacional o internacional.

.- Consecuencias operativas: una falla trae consecuencias operativas cuando afecta la producción (rendimiento, calidad del producto, servicio al cliente o costos operativos, además del costo directo de reparación.)

.- Consecuencias no operativas: las fallas evidentes que conforman esta categoría, no tienen consecuencias ni de seguridad, ni de protección, de modo que sólo implican el costo de reparación.

4.5.6 Técnicas de manejo de fallas

Según (Moubray, 1996; 2004) el proceso de evaluación enfoca la atención en las actividades de mantenimiento que tienen mayor efecto en el desempeño de la organización, y le resta importancia en aquellas que tienen un menor o ningún efecto, además, impulsa a visibilizar sobre los diferentes modos de manejar las fallas, en lugar de solo concentrarse en la prevención.

Las técnicas del manejo de fallas se dividen en dos categorías (Moubray, 2004 p.11):

Tareas proactivas: se realizan antes de que ocurre una falla, para prevenir que el ítem llegue al estado de falla. Abarcan lo que se conoce tradicionalmente como mantenimiento “predictivo” o “preventivo”, no obstante, el RCM utiliza los conceptos reacondicionamiento cíclico, situación cíclica, y mantenimiento a condición.

Acciones a falta de: estas tratan directamente con el estado de falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones *a falta de* incluyen la búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento o rotura.

El mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) divide las tareas proactivas en (Moubray, 2004 pp.12,13):

Tareas de reacondicionamiento cíclicas: implica re-fabricar un componente o reparar un conjunto antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento.

Tareas de sustitución cíclicas: implican sustituir un componente antes de un límite de edad específico, más allá de su condición en ese momento.

Tareas a condición: la mayoría de las fallas dan algún tipo de advertencia de que están por ocurrir. Estas advertencias se denominan fallas potenciales definidas como condiciones físicas identificables que indican que una falla funcional está por ocurrir o están en el proceso de ocurrir. Se llaman tareas a condición porque los componentes se dejan en servicio a condición de que continúen alcanzando parámetro de funcionamiento deseados.

4.5.7 Proceso de selección de tareas de RCM.

Una característica destacable del RCM es la manera en que ofrece criterios simples, precisos y fáciles de entender para decidir cuál de las tareas proactivas es técnicamente factible en el contexto operacional dado y para definir quién y con qué frecuencia debería hacerlas (Moubray, 2004)

Si una tarea proactiva es técnicamente factible o no, según Moubray (2004) está determinado por las características técnicas de la tarea y de la falla que pretende prevenir, por lo que, si vale la pena hacerlo o no, depende de la manera en que maneje las

consecuencias de la falla. La esencia del proceso de selección de tareas es el siguiente (Moubray, 2004, p. 15):

- **Fallas ocultas:** para este tipo de fallas la tarea proactiva vale la pena si reduce significativamente el riesgo de falla múltiple asociado con esa función a un nivel tolerablemente bajo. De no ser posible, debe realizarse una tarea de búsqueda de falla. De no encontrarse una tarea de búsqueda de falla que sea adecuada la decisión a falta de secundaria indicará que el componente puede ser rediseñado.
- **Fallas con consecuencias ambientales o para la seguridad:** para este tipo de fallas una tarea proactiva sólo vale la pena si por sí sola reduce el riesgo de la falla a un nivel muy bajo o directamente lo elimina, de no ser así, entonces el componente debe ser rediseñado o debe cambiarse el proceso.
- **Fallas con consecuencias operacionales:** en esta falla una tarea proactiva sólo vale la pena si el costo total de realizarla a lo largo de un período determinado de tiempo es menor al costo de las consecuencias operacionales más el costo de reparación en el mismo período de tiempo, es decir, la tarea debe tener justificación en el terreno económico.
- **Falla con consecuencias no operacionales:** sólo vale la pena una tarea productiva, en este tipo de fallas, si el costo de la tarea a lo largo de un período de tiempo es menor al costo de reparación en el mismo tiempo, por esto, estas tareas también deben tener una justificación en el ámbito económico. Si no se justifica, la decisión es ningún mantenimiento programado (al igual que el anterior tipo de falla)

4.5.8 Aplicación del RCM

La aplicación cuenta de los siguientes pasos según (Moubray, 2004, p.16-18):

- **Planificación**
 - Decidir que bienes son lo que obtendrán un mayor beneficio del proceso de RCM, y como exactamente se verán beneficiados.
 - Evaluar los recursos necesarios para aplicar el proceso a los bienes seleccionados.
 - En los casos donde los posibles beneficios justifican la inversión, decidir detalladamente quién llevara a cabo el proceso y quién auditara cada análisis, dónde y cómo, y hacer todos los arreglos para que reciban el entrenamiento necesario.

- Asegurar que el contexto operativo del bien, se entiende con claridad.

- **Grupos de revisión**

Se debe realizar una revisión de los requisitos de mantenimiento, esto debe ser realizado por grupos pequeños, que incluyan al menos una persona responsable de mantenimiento y una persona de la función operativa. La categoría de los miembros del grupo es menos importante que el real conocimiento que posean de cómo funciona el equipo.

- **Facilitadores:**

Los facilitadores son las personas más importantes en el proceso de RCM, su rol es garantizar que: el análisis de RCM se lleva a cabo al nivel correcto, que los límites del sistema están claramente definidos, que los ítems de importancia no son pasados por alto, y que los resultados del análisis son registrados apropiadamente. Por otro lado, debe garantizar que todos los miembros del grupo comprenden y aplican correctamente el proceso de RCM. El grupo concuerda en general de un modo convincente, mientras se retiene el entusiasmo y compromiso individual de los miembros. Por último, el análisis progresa con una rapidez razonable, y termina a tiempo.

- **Resultados del análisis de RCM**

Si es aplicado correctamente el análisis de RCM aporta tres resultados concretos: el primero son rutinas de mantenimiento a seguir por el sector competente; el segundo son los procedimientos operativos seguros para los operadores del bien y tercer una lista de áreas donde deban realizarse cambios, ya sean de diseño o del modo operativo, para revertir las situaciones en las que no se están logrando los niveles productivos deseados con la configuración actual

- **Auditorías e implementación.**

Posterior a la aprobación de cada revisión, las recomendaciones se implementan incorporando rutinas de mantenimiento en las planificaciones y sistemas de control, cambios en los procedimientos operativos del bien, y proveyendo recomendaciones de modificaciones de diseño a las autoridades del sector correspondiente.

4.5.9 Lo que logra el RCM

A continuación, se expondrá lo que logra este tipo de mantenimiento según (Moubray, 2004, pp. 19,20):

- **Mayor seguridad e integridad ambiental:** RCM considera las implicancias ambientales y para la seguridad de cada patrón de falla antes de considerar su efecto en las operaciones. Esto significa que se actúa para minimizar o eliminar todos los riesgos identificables relacionados con la seguridad de los equipos y el ambiente.
- **Mejor funcionamiento operacional (cantidad, calidad de producto y servicio al cliente):** RCM reconoce que todos los tipos de mantenimiento tienen algún valor y provee reglas para decidir cuál es el más adecuada en cada situación, asegurándose que sólo se elegirán las formas de mantenimiento más efectivas para cada activo físico, y que se tomarán las medidas necesarias en los casos que el mantenimiento no pueda ayudar.
- **Mayor costo-eficacia del mantenimiento:** RCM continuamente focaliza su atención en las actividades de mantenimiento que tienen mayor efecto en el desempeño de la planta. Esto ayuda a asegurar que todo lo que se gasta para mantenimiento se invierta en las áreas en las que pueda tener los mejores resultados.
- **Mayor vida útil de componentes costosos:** debido al cuidadoso énfasis en el uso de técnicas de mantenimiento a condición
- **Base de datos global:** una revisión de RCM finaliza con un registro global y extensivamente documentado de los requerimientos de mantenimiento de todos los activos físicos utilizado por la organización, lo que posibilita la adaptación a circunstancias cambiantes sin tener que reconsiderar todas las políticas de mantenimiento desde un comienzo.
- **Mayor motivación del personal:** especialmente las personas involucradas en el proceso de revisión, lo que lleva a un mayor rendimiento global del activo en su contexto operacional, junto con un “sentido de pertenencia” más amplio de los problemas de mantenimiento y sus soluciones.
- **Mejora del trabajo en equipo:** RCM provee un lenguaje técnico que es fácil de entender para cualquier persona que tenga alguna relación con el mantenimiento.

CAPÍTULO V: PROYECTO DE INVESTIGACION

5. Aplicación método de Pareto.

Para realizar el método se procedió a buscar toda la información de fallas imprevistas de la máquina Finger Joint HS-180 del periodo en estudio (2017-2018) respecto a la base de datos se tiene la siguiente clasificación por sistemas:

- Tolva
- Unidad de fresado
- Puente cargador
- Sistema de avance
- Traspaso Pre-ensamble
- Feeder
- Estación Ensamble
- Prensa
- General
- Electrico
- Externo (caída de tensión, accidente externos, etc.)
- Otros (fallas en cepilladora, scanner, trozadores y cintas)

Una vez identificados los sistemas se clasifica el número de detenciones donde se obtiene un total de 209 fallas imprevistas en un periodo de 2 años, obteniéndose el siguiente análisis.

Tabla 5.1 resumen de detenciones maquina Finger Joint HS-180.

SISTEMA	Valores				
	N° defectos	Suma de N° defectos	% defectos	suma % defectos	
Prensa	47	47	22,49%	22,49%	
Tolva	29	76	13,88%	36,36%	
Traspaso pre-ensamble	24	100	11,48%	47,85%	
Puente cargador	23	123	11,00%	58,85%	
Sistema de avance	18	141	8,61%	67,46%	
Estacion pre-ensamble	16	157	7,66%	75,12%	
Freeder	12	169	5,74%	80,86%	
Otros	12	181	5,74%	86,60%	
Externo	11	192	5,26%	91,87%	
Electrico	9	201	4,31%	96,17%	
General	5	206	2,39%	98,56%	
Unidad de fresado	3	209	1,44%	100,00%	
Total general	209		100,00%		

5.1 Pareto sistemas críticos

Con los datos agrupados se realiza el diagrama de Pareto, con lo cual se obtienen los siguientes sistemas que están produciendo las fallas más frecuentes en la máquina y de esta manera enfocarse en esos sistemas.

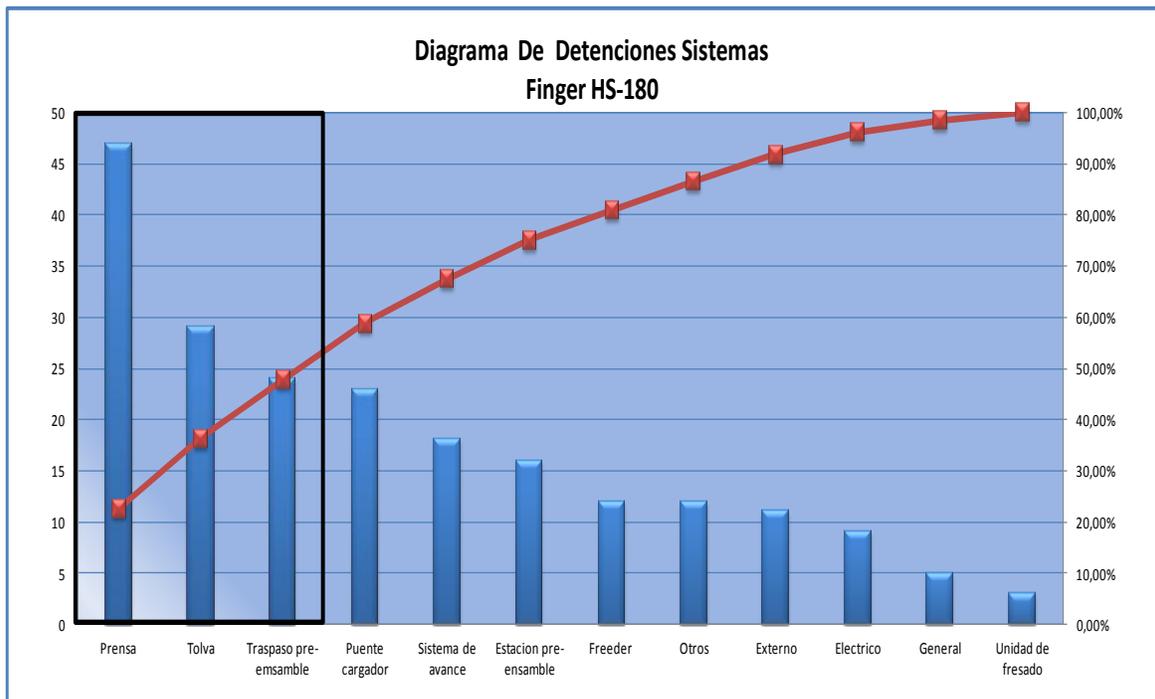


Figura N° 5.1 Diagrama de Pareto de Sistemas Maquina.

Del diagrama se logra identificar los principales sistemas que fallan de la máquina los cuales se encuentran:

- Prensa
- Tolva
- Traspaso pre-ensamblable

Estos tres sistemas según la teoría de Pareto son el 20% del total de sistemas que provocan el 80% de las detenciones totales del periodo de dos años, donde predomina la prensa con 47 imprevistos en el período de estudio, lo cual da una primera información del sistema que debe ser analizar posteriormente. Además de este sistema hay otros dos sistemas, tolva con 29 imprevistos y traspaso pre-ensamblable con 24 imprevistos que deben ser analizados de ser necesario.

5.1.2 Pareto subsistemas críticos

Una vez identificados los sistemas críticos, se procede a analizar los subsistemas que componen a los tres sistemas críticos seleccionados según el criterio de Pareto.

5.1.3 Subsistema Prensa

Según el gráfico basado en teoría de Pareto, el 80% de las detenciones totales de la maquina son causadas solo por el 20% de las fallas, estas fallas son las siguientes:

- Barra eyectora.

Como se puede observar, la mayoría de las detenciones son causadas por la barra eyectora del sistema prensa.

Barra eyectora

Los componentes críticos de la barra eyectora son:

- Los soportes.

5.1.4 Subsistema tolva

Del análisis de pareto se determina que el subsistema crítico al sistema tolva son cintas de alimentación y produce más del 55% de las fallas evaluadas en un periodo de 2 años de funcionamiento, por lo cual lo hace motivo de análisis.

Cintas de alimentación

Los elementos más críticos que fallan de cintas de alimentación son:

- Cinta transportadora

5.1.5 Subsistema Traspaso Pre-ensamble

Del análisis de pareto se determina que el subsistema crítico al traspaso Pre-ensamble es el subsistema de encolado y produce más del 63 % de las fallas evaluadas en un periodo de 2 años de funcionamiento, por lo cual lo hace motivo de análisis.

Encolado

Los elementos más críticos que fallan del subsistema de encolado son:

- Encolador

5.1.6 Resumen del análisis de Pareto.

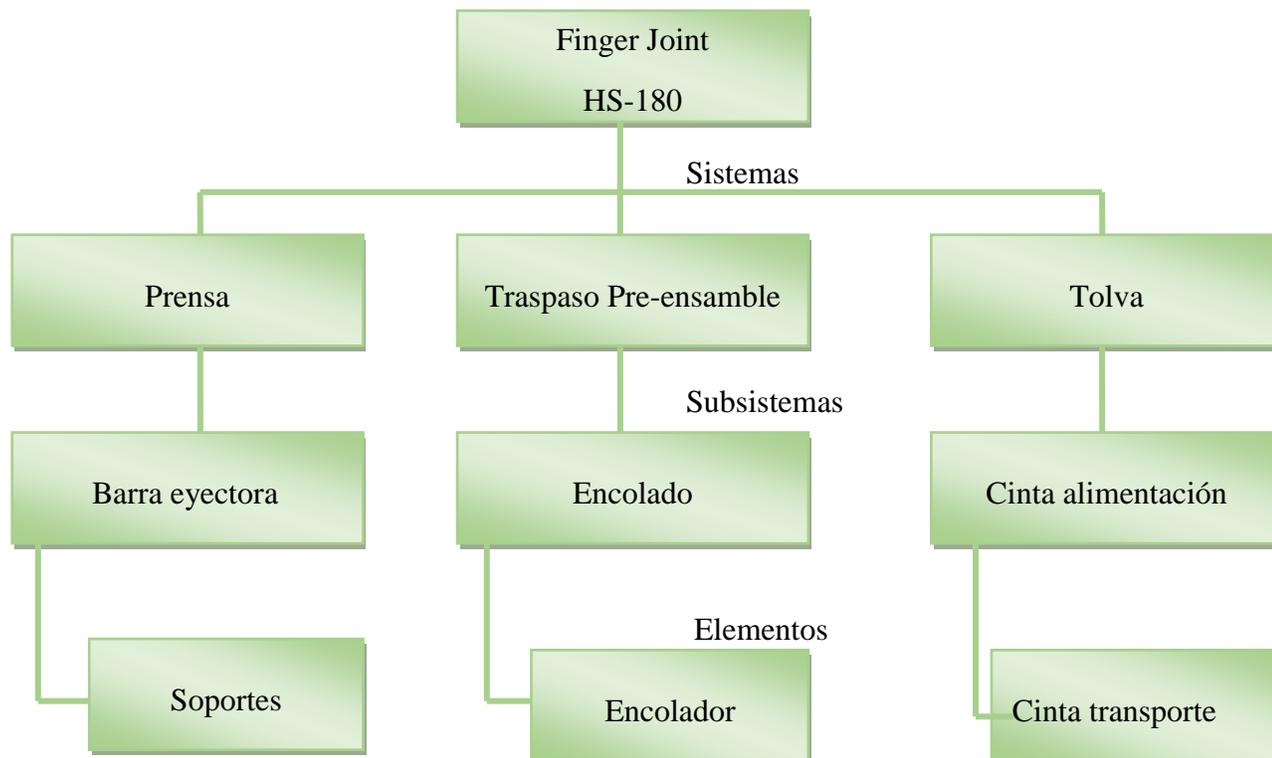


Figura N°5.1.6 equipo, sistemas y componentes criterio Pareto.

Subsistemas críticos.

- Soportes
- Encolador
- Cinta transportadora

Luego de realizado el análisis se deben enfocar las estrategias de mantenimiento en estos componentes, y de esta manera producir un menor tiempo de detención lo que se verá reflejado en un ahorro económico importante debido a la relevancia que éstos tienen (según cantidad de fallas) para los sistemas y finalmente para el equipo.

5.2 Aplicación método de Jack Knife.

Este segundo análisis consta de obtener el tiempo medio de reparación (MTTR) y el N° de detenciones de la base de datos de la máquina, de esta forma mediante el método de Jack Knife obtener la criticidad de los elementos que provocan mayor cantidad de paradas y tiempos muertos, que están directamente relacionados con los costos por pérdida de producción.

Al igual que el análisis de Pareto, con Jack Knife se busca identificar los elementos críticos que tienen mayor relevancia e importancia para ser sometidos a un análisis de confiabilidad.

5.2 Jack Knife sistemas críticos

Tabla 5.2.1 resumen de detenciones y tiempos medios de reparación (MTTR) máquina Finger Joint HS-180, organizados por sistemas.

Sistemas	Valores		
	Cuenta de Equipo	Suma de TOTAL HORAS	MTTR
Externo	11	16,00	1,45
General	5	2,25	0,45
Otros	12	17,70	1,48
Prensa	47	44,00	0,94
Puente cargador	23	10,98	0,48
Sistema de avance	18	10,58	0,59
Tolva	29	38,43	1,33
Traspaso pre-ensamble	24	23,08	0,96
Unidad de fresado	3	1,42	0,47
Estación pre-ensamble	16	6,82	0,43
Feeder	12	8,68	0,72
Eléctrico	9	10,37	1,15
C	209	190,32	

La Tabla 5.2 muestra los sistemas que complementan al equipo, Finger Joint HS-180, además del número de detenciones, el tiempo de las detenciones en un periodo de 2 años y sus tiempos medios de reparación (MTTR); estos datos son requisito para fabricar el diagrama de Jack Knife.

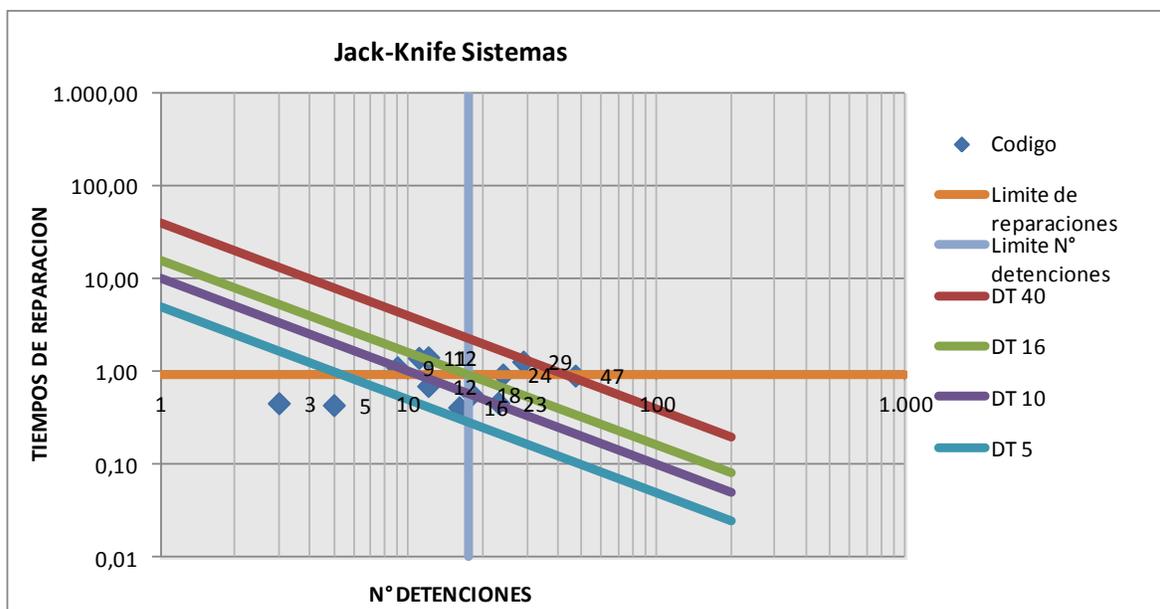


Figura N° 5.2 Diagrama de Jack Knife de sistemas, Finger Joint HS-180.

Los sistemas críticos identificados según Jack Knife son:

- Prensa N° 47.
- Tolva N°29.
- Traspaso Pre-ensamble N°24.

Estos sistemas se encuentran en el cuadrante de “fallas críticas” las que tienen como característica principal una alta frecuencia de falla y largo tiempo de reparación. Es entonces en esta zona donde se encuentran las razones de paradas que involucran una ineficiencia de mantenibilidad y reducción de confiabilidad, lo cual se refleja en una indisponibilidad.

Este resultado es idéntico al obtenido por el análisis de Pareto, lo que confirma que son sistemas críticos y poco confiables.

Los puntos 47,29 y 24 sobre las líneas diagonales del diagrama generan una indisponibilidad del equipo (o tiempo muerto) de las horas indicadas. Según la tabla 5.2 con alrededor de 44, 38 y 23 horas respectivamente en un periodo de 2 años.

Por lo anterior se hace necesario efectuar un análisis de Jack Knife de segundo orden para identificar y caracterizar los componentes (o subsistemas) de los distintos sistemas.

5.2.2 Jack Knife: Subsistemas Críticos.

Al igual que del análisis de Pareto, se precede a analizar los subsistemas que componen los tres sistemas críticos seleccionados, debido a su baja confiabilidad según el criterio de Jack Knife.

5.2.3 Subsistema Prensa.

El subsistema crítico, según el análisis de Jack Knife es la barra eyectora, éste se encuentra al límite de los cuadrante de fallas críticas y crónicas, por ende posee una alta frecuencia y una duración alta de tiempo de reparación, por lo que es motivo de análisis, debido a su baja confiabilidad y baja mantenibilidad.

- Barra eyectora.

Los elementos más críticos por su poca confiabilidad del subsistema barra eyectora son:

- Soporte.

5.2.4 Subsistema Tolva.

Según el análisis de Jack Knife el subsistema crítico es la alimentación 1, el cual se encuentra en el cuadrante de fallas críticas tiene baja confiabilidad y baja mantenibilidad, debido a su alta frecuencia de falla y altos tiempos de reparación.

- Alimentación 1

Los elementos que mas fallan y tiene poca confiabilidad son:

- Cinta transportadora.

5.2.5 Subsistema Traspaso Pre-Ensamble.

Finalmente el análisis de Jack Knife identificó que el subsistema crítico y menos confiable del subsistema, es el encolado el que se ubica en el cuadrante de “fallas críticas” con alta frecuencia de falla y altos tiempo de reparación.

- Encolado

Los elementos más críticos, con menor confiabilidad, del encolado:

- Encolador.

5.2.6 Resumen Análisis de Jack Knife.

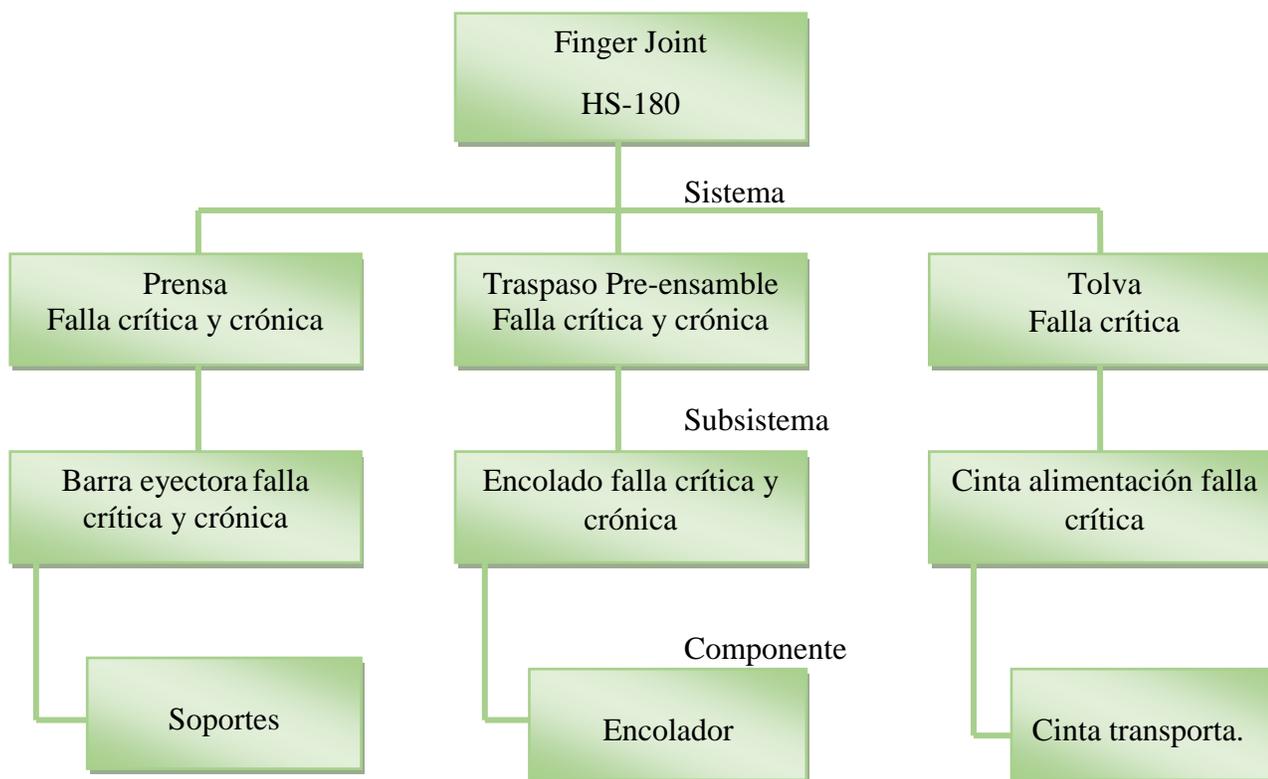


Figura N° 5.3: Equipo, sistemas y subsistemas críticos, criterio de Jack Knife. Subsistemas críticos.

- Prensa – barra eyectora
- Traspaso Pre-ensamble – encolado
- Tolva – Cinta transportadora

Al igual que en el análisis de Pareto se identificó los mismos subsistemas y componentes como los más críticos y menos confiables del equipo, Finger Joint hs-180, por lo que se puede decir con propiedad que estos son motivos indiscutible para ser focos de estudios para futuras modificaciones y distintas estrategias de mantenimiento.

Al mejorar la confiabilidad de los subsistemas críticos, automáticamente se disminuye la cantidad de tiempo muerto y se produce un ahorro por pérdida de producción.

También aumentar la confiabilidad, genera una mayor disponibilidad y vida útil del equipo y calidad de su producto.

6 Análisis de detenciones

6.1 Análisis de tiempos programados v/s no programados

Para la implementación del estudio se consideró un periodo de 2 años, los cuales comprenden desde el 1 de enero del 2017 al 1 de enero del 2019, primero que todo se debe estudiar los tiempos de detención presentes en la maquina Finger Joint HS-180, se utiliza la base de datos de tiempos muertos de la máquina, las cuales están en una planilla de Excel entregada por el departamento de producción, se obtienen además las horas preventivas registradas en las ordenes de trabajo por parte del planificador de mantención en un periodo de 2 años.

De la planilla se obtiene información relacionada con los motivos de detención (falla) de los equipos, la fecha y la duración de la reparación y descripción de la falla.



Figura N° 6.1 Tiempos programados v/s tiempos imprevistas Finger Joint HS-180.

Según el gráfico existe un 69.31% de detenciones programadas (preventivas) versus un 30.69% de detenciones imprevistas (correctivas) en la máquina, lo cual es un indicador mediamente bueno, ya que, hay un menor número de horas de paradas por ende la maquina esta mayor tiempo disponible y además se tiene un menor costo por reparación al haber un menor número de reparaciones.

Con los datos se obtendrá además la disponibilidad del equipo en el periodo de estudio del 1 de enero 2017 hasta el 31 de diciembre del 2018

6.2 Análisis de tiempo disponible

Tabla 6.2 resumen horas programas versus horas no programadas de mantención al equipo Finger HS-180.

Horas/mantención	Horas imprevistas (correctivas)	Horas programadas (preventivas)
Horas de mantención	379.4	857

Se tiene que el total de horas programas por producción según planillas de la máquina para el periodo es de 8.586 (Hrs).La máquina trabaja a dos turnos de 9 horas cada uno de Lunes a Viernes, entre cada turno se realizan mantenciones preventivas de 4 horas, sumados además a las 8 horas que se realizan los días sábados, además de esto se deben considerar los tiempos de cortes de energía y de emergencias industrial como sismos, incendios, fugas de gas, entre otros.

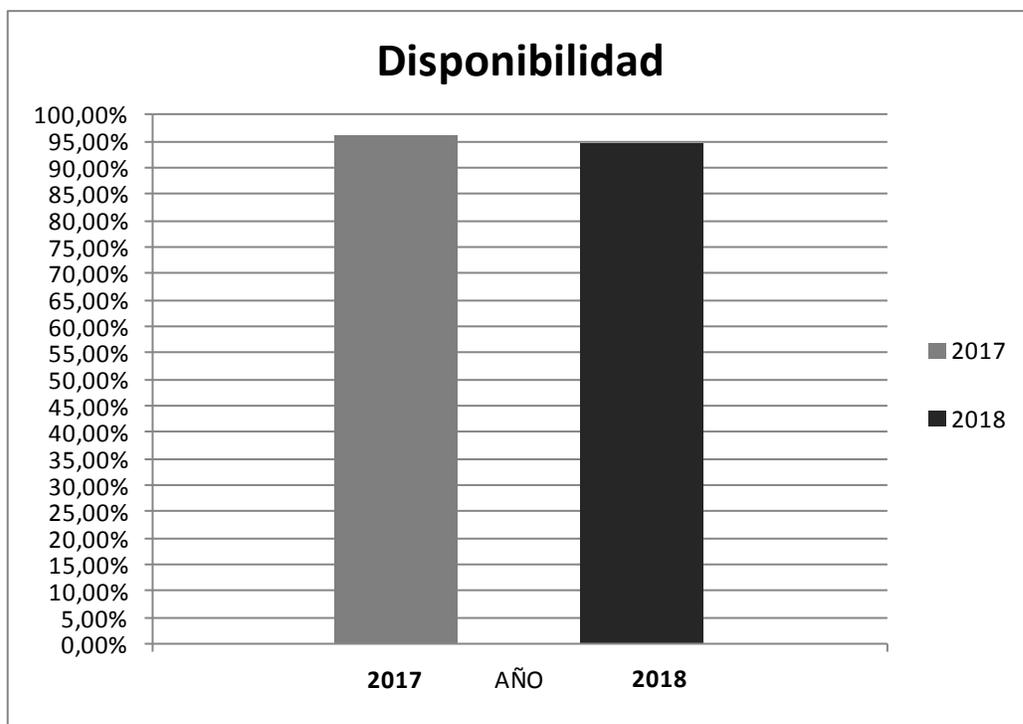


Figura N° 6.2 Disponibilidad máquina Finger Joint (2017-2018)

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total HP}}{\text{Tiempo total HP} + \text{TIEMPO no programados}} * 100 = 95.7 \%$$

Disponibilidad= 95.7% global del periodo.

Según se puede apreciar la máquina posee una excelente disponibilidad, pero cada porcentaje menos son grandes pérdidas de producción para la empresa, debido a que una detención de esta genera un cuello de botella en la línea de preparación por ello se debe realizar las acciones necesarias para tener una mayor confiabilidad de la máquina.

7 Análisis funcional.

En este ítem se describe tanto las funciones primaria del objeto en estudio como secundarias, las cuales están caracterizadas por sistemas, de la máquina Finger Joint HS-180, para llevar a cabo el análisis se debe comprender el proceso de preparación de la madera que se realiza en la máquina, de esta manera se interpretara de mejor forma la información, para un posterior análisis de fallas.

Función primaria:

- La máquina Finger Joint HS-180 es considerada como el componente principal de la empresa Block and Cutstock S.A. en el área de preparación de la madera y tiene como función ensamblar los blocks en sus extremos por medio de uniones dentadas equidistantes una de otra, y de esta forma obtener un producto denominado “Blank”, dicho de otra forma una tabla de largo determinado, y de acuerdo a las especificaciones técnicas determinadas para cada producto, las que son dispuestas para procesos de elaboración de madera que finalmente son enviadas a los clientes.

Funciones secundaria:

Las funciones secundarias de la Finger Joint HS-180 fueron clasificadas por los sistemas de la máquina:

- Tolva: La función es almacenar la materia prima que ingresará a la máquina provenientes del proceso de trozado.
- Freeder: La función del sistema entregar la madera de manera ordenada, dosificada y ajustada para el siguiente proceso.

- Puente cargador: La función del sistema es mantener la manera presionada y ajustada para el proceso de fresado.
- Unidad de fresado: se cuenta con dos módulos opuestos, los cuales tienen como función el realizar el dentado tanto hembra como macho del block.
- Sistema de avance: La función es transportar la madera a través de los distintos procesos consta de cadenas, cadenillas, cintas las cuales son accionadas por moto reductores.
- Estación Pre-ensamble: La función es la de realizar el ensamble y correcta alineación de las piezas previo al prensado.
- Traspaso Pre-ensamble: La función del sistema es la correcta aplicación del adhesivo (pegamento) en la dentadura de la madera.
- Prensado: La función de este sistema es prensar la madera de manera que esta quede perfectamente ensamblada.

8. Análisis de modos y efectos de fallas (FMEA).

En este ítem se presenta el análisis FMEA cuya finalidad es analizar todas aquellas fallas que se puedan originar en el sistema en estudio, con este tipo de análisis se pretende identificar las fallas funcionales, los modos en que falla, efectos que tiene la falla.

Según los análisis previos mediante diagrama de Pareto y Jack Knife, se identificaron como los sistemas más críticos que son: tolva, prensa y traspaso pre-ensamble

Algunas definiciones para este módulo:

- **Falla funcional:** Un estado en el cual un equipo o sistema es incapaz de realizar una función específica a un nivel deseado de desempeño (SAE JA1011).
- **Módulo de falla:** Es cualquier evento que genera una falla funcional (SAE JA1011).
- **Efecto de falla:** Es aquello que sucede cuando ocurre un Modo de Falla (SAE JA1011).

8.1 Análisis de fallas para sistemas prensa (FMEA).

FALLA		
MODO	EFEECTO	CAUSA
Desalineamiento de barra eyectora	La barra colocara la tabla de manera defectuosa, por lo que habrá un mal ensamble	Soportes sueltos. Madera trabada. Golpe lateral.
Fractura de soporte	La fractura de un soporte puede ocasionar que el producto salga defectuoso u ocasionar un daño en otros componentes.	Fatiga. Sobre presión. Desgaste de la zona. Sobrecarga.
Se dobla barra eyectora	Se detiene el proceso de prensado, debido a que puede ocasionar daño a la integridad física de una persona o de un componente de la máquina	Trabamiento de madera. Falta de limpieza. Soporte sueltos.
Corte de pernos soportes	Se sueltan soportes ocasionando un desalineamineto de la barra generando que se produzca un mal ensamble de la máquina	Sobrepresión. Fatiga.
Falla en cilindros neumáticos	La madera no tendrá la presión necesaria para ser ensamblada o la sobrepresión genera que la tabla salga curvada	Compresores. Sellos de cilindros. Mal ingreso de presión de trabajo.
Pernos sueltos en soportes	El componente que este sujetando tendrá ciertos deslizamiento por ende no cumplirá con su función.	Falta de apriete. Fatiga.
Trabamiento de sierra dimensionadora	No se cortara a la medida la tabla y tampoco se podrá seguir con el proceso de prensado.	Sensor dañado. Trabamiento de madera.
Actúa guarda motor sistema prensa	Se activa guarda motor, lo cual genera que el motor se apaga evitando que se quemé	Sobrecarga. Mala operación maquina.
Falla secuencia en barra eyectora	Se genera un corte de energía en el sistema por ende deja de funcionar	Cable cortado. Sensor dañado. Golpe en tablero.

Tabla 8.1 Resumen análisis de modo, efecto y causas de fallas en barra eyectora para sistema prensa. (Fuente: elaboración propia)

Los componentes críticos al sistema prensa del subsistema barra eyectora, identificados por el análisis de Pareto y Jack Knife, son:

- Soportes.

8.2 Análisis de fallas para sistemas tolva (FMEA).

FALLA		
MODO	EFEECTO	CAUSA
Desalineamiento cinta alimentación	Daño en otros componentes y Finalmente se detiene el paso de madera al proceso.	Falta de tensión de cinta.
Corte de cinta alimentación	Ocasionar un daño en otros componentes y no estaría entregando madera al proceso.	Fatiga. Elemento extraño. Desgaste de la zona. Falta de tensión.
Se quema moto reductor en alimentación	Deja de alimentar con materia prima a la máquina debido a que la cinta no está corriendo.	Sobrecarga. Baja de voltaje.
Se traba cinta alimentación	No llega madera a la máquina para continuar con el proceso.	Madera trabada. Falta tensión.
Corte de energía en la alimentación	Se genera un corte de energía en el sistema por ende deja de funcionar.	Cable cortado. Sensor dañado. Golpe en tablero.
Actúa guarda motor	Se activa guarda motor, lo cual genera que el motor se apaga evitando que se queme.	Sobrecarga. Mala operación.
Desajuste de rodillo motriz	Impide el normal avance de la cinta generando una descoordinación del proceso.	Falta de apriete.
Tolva llena	Atoche en transporte.	Sobrecarga. Desalineamiento cinta. Actúa relé térmico o guarda motor.

Tabla 8.2 Resumen análisis de modo, efecto y causas de fallas en alimentación para sistema tolva. (Fuente: elaboración propia)

Los componentes críticos al sistema prensa del subsistema barra eyectora, identificados por el análisis de Pareto y Jack Knife, son:

- Cinta de transporte.

8.3 Análisis de fallas para sistemas traspaso pre-ensamble (FMEA).

FALLA		
MODO	EFEECTO	CAUSA
Desajuste salida de adhesivo del encolador	Si es mucho adhesivo genera problemas en los proceso de ensamble además de un mayor gasto, perjudica al ensamble de la madera.	Mala regulación. Elemento extraño. Falta de limpieza.
Falla encolador	Aplicación desajustada de adhesivo a la madera	Parámetros mal ingresados por operador.
Corte en cadenilla	Se paraliza el proceso debido a que no se puede seguir transportando la madera	Falta limpieza. Desgaste. Desalineamiento.
Desajuste sensor foto celda	Impide una correcta lectura de la información produciendo que los proceso siguiente sean erróneos	Golpe en el sensor. Soporte suelto del sensor.
Falta de adhesivo	Problemas en ensamblar la madera	Falta limpieza. Se suelta encolador. Falta de adhesivo en marmita.
Falla sensor encolado	Mala aplicación de adhesivo.	Golpe en el sensor. Mala regulación. Parámetros mal ingresados.
Sobrepresión en el encolador	Perdida de adhesivo y acorta la vida útil del encolador	Parámetros mal ingresados por el operador.
Corte cinta perforadora	Impide que la madera pase al siguiente proceso	Desalineamiento. Desgaste. Elementos extraño.

Tabla 8.3 Resumen análisis de modo, efecto y causas de fallas en encolado para sistema traspaso pre-ensamble. (Fuente: elaboración propia)

Los componentes críticos al sistema traspaso pre-ensamble del subsistema encolado, identificados por el análisis de Pareto y Jack Knife, son:

- Encolador.

9. Análisis de los planes preventivos actuales.

Para implementar mejoras, realizar modificaciones y tomar decisiones certeras al contexto del equipo, es necesario tener conocimiento de las medidas preventivas al que está siendo sometido el equipo; es por ello que se mencionan los planes preventivos en los subsistemas críticos identificados a través del análisis de Pareto y Jack Knife.

9.1 Sistema Prensa subsistema barra eyectora.

Tabla 9.1: Acciones preventivas para la unidad de Barra eyectora.

EQUIPO	MAQUINA	UNIDAD	COMPONENTES	INTERVENCIÓN	CODIGO	CANTIDAD	REPUESTO/	FRECUENCIA
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Cilindro neumático 1	Cambio cilindro neumático				SEMESTRAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Cilindro neumático 1	Cambio horquillas				ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Cilindro neumático 1	Cambio valvulas escape rapido				SEMESTRAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 1	Cambio de soporte				ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 1	Cambio de pernos		2c/u	Pernos parker	Semana
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Eje cremallera 2	Cambio eje cremallera				ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Eje cremallera 2	Cambio sufrideras plasticas				ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Cilindro neumático	Cambio cilindro neumático				SEMESTRAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Cilindro neumático	Cambio horquillas				ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Cilindro neumático	Cambio valvulas escape rapido				TRIMESTRAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte	Cambio de soporte				ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 2	Cambio pernos		2c/u	Pernos parker	MENSUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Cilindro neumático	Cambio cilindro neumático				SEMESTRAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Cilindro neumático	Cambio horquillas				ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Cilindro neumático	Cambio valvulas escape rapido				TRIMESTRAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 3	Cambio de soporte				ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 3	Cambio de pernos		2c/u	Pernos parker	MENSUAL

En la tabla se logra ver la frecuencia que esta de color de fuente roja, lo cual representan las acciones preventivas enfocadas a los componentes críticos del subsistema.

9.2 Sistema Tolva Subsistema Alimentación 1.

Tabla 9.2: Acciones preventivas para la unidad de Alimentación 1.

EQUIPO	MAQUINA	UNIDAD	COMPONENTES	INTERVENCIÓN	CODIGO	CANTIDAD	REPUESTO/AC	FRECUENCIA
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1	Reductor	Cambio de aceite			ISO 220	2AÑOS
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1	Reductor	Cambio motoreductor			1	
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1	Cinta transportadora	Cambio cinta transporte		8,7 mts	Cinta corruga	ANUAL
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1	Rodillo Motriz	Cambio de rodillo				ANUAL
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1		Cambio de soportes				ANUAL
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1		Cambio de sprocket				ANUAL
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1	Rodillo conducido	Cambio de rodillo conducido				ANUAL
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1		Cambio de soportes				ANUAL
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1	Polines de Retorno	Cambio de polines				ANUAL
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1		Cambio soportes				ANUAL
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1	Cadena de transmisión	Cambio cadena de transmisión				ANUAL

9.3 Sistema Traspaso Pre-Ensamble Subsistema Encolado.

Tabla 9.3: Acciones preventivas para la unidad de Encolado

EQUIPO	MAQUINA	UNIDAD	COMPONENTES	INTERVENCIÓN	CODIGO	CANTIDAD	REPUESTO/ACI FRECUENCIA
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Conjunto de Cadenillas	Cadenillas	Inspeccion, Limpieza y lubricacion			MENSUAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Conjunto de Cadenillas	Cadenillas	Cambio de cadenas			Cadena 05B Si TRIMESTRAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Conjunto de Cadenillas	Sprocket Motriz	Cambio de sprocket		2c/u	Sprocket Tipo ANUAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Conjunto de Cadenillas	Sprocket Conducido	Cambio de sprocket		2c/u	Sprocket Tipo ANUAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Conjunto de Cadenillas	Eje conducido	Cambio de eje			Sprocket Tipo ANUAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Conjunto de Cadenillas	Eje conducido	Cambio de bujes			Casquillo con ANUAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Conjunto de Cadenillas	Guia Plastica	Cambio de guias			ANUAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Conjunto de Cadenillas	Resortes tensores	Cambio de resortes			TRIMESTRAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Conjunto de Cadenillas	Pernos tensores	Cambio perno tensores			
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Motor	Rodamientos	Cambio de rodamientos			1c/u 6204 ZZ C3 - 1c/u 6205
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Cinta Perforada	Cinta transportadora	Cambio de cinta perforada	EMCI007	1c/u	Cinta perforac 2 Meses
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Cinta Perforada	Rodillo motriz	Cambio rodillo motriz			ANUAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Cinta Perforada	Rodillo motriz	Cambio de rodamientos		2c/u	Rodamiento 6i SEMESTRAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Cinta Perforada	Rodillo conducido	Cambio rodillo conducido			ANUAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Cinta Perforada	Rodillo conducido	Cambio de rodamientos		2c/u	Rodamiento 6i SEMESTRAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Cinta Perforada	Rodillo tensor	Cambio rodillo tensor			
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Cinta Perforada	Rodillo tensor	Cambio de rodamientos		2c/u	Rodamiento 6i ANUAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Cinta Perforada	Correa transmisión	Cambio correa transmisión		2c/u	Correa 3VX-16 ANUAL
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_180	Encolado	Encolador	Cambio de Encolador		1 c/u	
Traspaso Pre-ensamble	FINGER_181	Encolado	Encolador	Cambio de rodamientos lineales		2 c/u	

9.4 Conclusiones análisis funcional, fallas (F.M.E.A) y planes preventivos actuales.

Una vez se estudio las funciones primarias como secundarias del equipo y sistemas, y habiendo determinado los distintos modos, efectos y causas de fallas de los componentes críticos, para finalizar con el análisis de los planes preventivos que se tiene actualmente se concluirá en la siguiente tabla lo siguiente.

Tabla 9.4 Conclusiones de los análisis.

Subsistema	Componente	Conclusión
Barra eyectora	Soportes	Acciones preventivas y de inspección y cambio de componentes del soporte
Alimentación 1	Cinta transportadora	Acciones preventivas de inspección y cambio de componente cinta transportadora.
Encolado	Encolador	Acciones preventivas de inspección y cambio de componente del encolador.

Finalmente para llevar a cabo estas acciones preventivas y que permitan asegurar un buen nivel de confiabilidad, es necesario realizar un análisis de confiabilidad utilizando la distribución Weibull.

10. Análisis Weibull.

Para determinar la distribución de función confiabilidad se realizarán los siguientes pasos.

Primero: Determinar los tiempos entre fallas de los componentes críticos de cada subsistema, luego obtener el cálculo del Rango de mediana (RM), y con ello los valores de la abscisa y ordenada según el método de los mínimos cuadrados, a la pendiente de dicha recta se le denominan parámetro de forma (β), el cual posteriormente será analizado. Se calcula entonces los parámetros de forma, localización y escala.

El factor de localización representa la ubicación de la recta con respecto al eje X, dado el supuesto de que el componente presenta un 100% de confiabilidad al tiempo 0, el factor de localización será entonces cero.

Segundo: Luego de obtener los 3 parámetros de la distribución de Weibull se procederá a trazar el diagrama de Weibull tanto de confiabilidad y distribución acumulada, ambos arrojan datos relevantes a la hora planificar una mantención preventiva.

El periodo de evaluación para este caso fue de 2 años (del 1 de enero del año 2017 al 1 de enero del año 2019), con el fin de obtener una mejor representación de la confiabilidad con respecto a la situación real.

Tercero: El diagrama de confiabilidad nos permite determinar cuánto porcentaje existe de confiabilidad si el componente se cambia a unas determinadas horas, esto permite desarrollar un plan de mantenimiento preventivo según la confiabilidad que se desee por parte de la empresa. Por otra parte la función de distribución acumulada permite predecir cuándo se puede provocar una falla con un grado de certeza asociado.

10.1 Sistema de Prensa del subsistema Barra eyectora.

Los elementos críticos ya determinados son los soportes del subsistema barra eyectora.

10.1. Soportes.

Tabla 10.1.1: Parámetros de Weibull de los soportes de la Barra eyectora, en los anexos se encuentra la base de datos para encontrar los parámetros.

Parámetros	
Parámetro de localización (δ)	0
Parámetro de forma (β)	1,0769253
Parámetro de escala (θ)	6516,3575

En el marco teórico se encuentra el análisis detallado de la curva de la bañera la cual puede ayudar a entender la relación entre el parámetro de forma (β) y los mecanismos de falla a través de la vida de un componente. El factor de forma para los soporte es de 1,076, lo que corresponde a falla por deterioro temprano, esto indica que los soportes están fallando debido a que otros componentes están teniendo desgaste.

Posibles causas: Desgaste temprano, fatiga por los ciclos del proceso, sobre esfuerzo por mala regulación genera que se esfuerza el soporte y en ocasiones que se corten pernos, falta de limpieza igualmente genera que se esfuerzen los soportes.

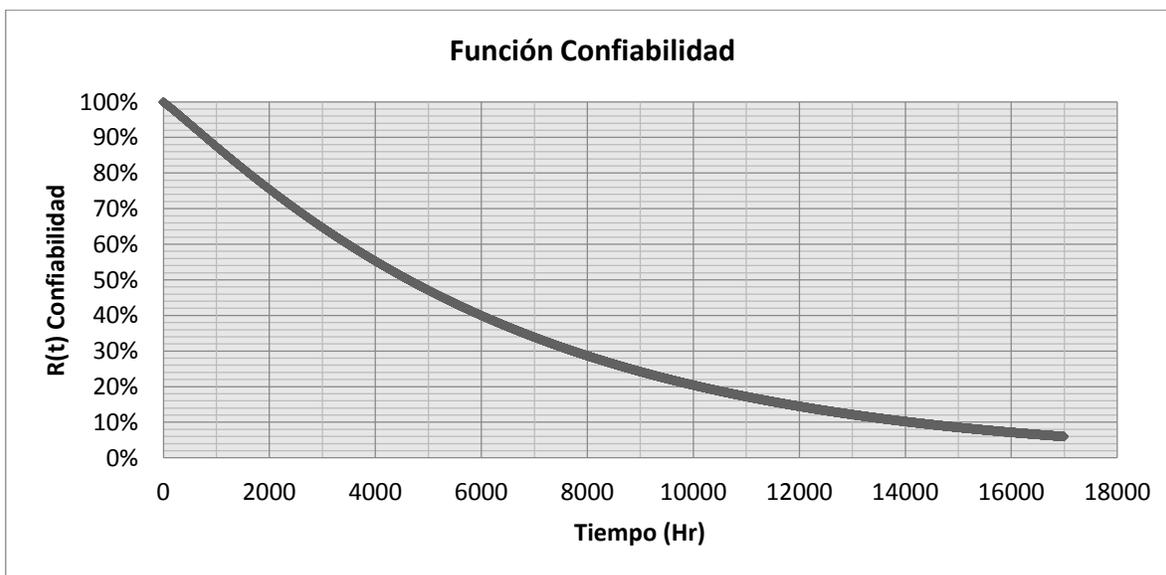


Figura 10.1 Función de confiabilidad de los soportes en función del tiempo.

10.2 Sistema de Tolva del subsistema alimentación 1.

Los elementos críticos ya determinados son la cinta transportadora del subsistema alimentación 1.

10.2. Cinta transportadora.

Tabla 10.2.1: Parámetros de Weibull de la cinta transportadora de la alimentación 1, en los anexos se encuentra la base de datos para encontrar los parámetros.

Parámetros	
Parámetro de localización (δ)	0
Parámetro de forma (β)	0,7934045
Parámetro de escala (θ)	7249,8816

El factor de forma para la cinta transportadora es de 0,793, lo que corresponde a falla por mortalidad infantil, esto indica que existe una alta tasa de falla al comienzo del montaje del elemento.

Posibles causas: Problemas operacionales, problemas de diseño, el golpe de la madera que cae a gran altura a la tolva también genera problemas.

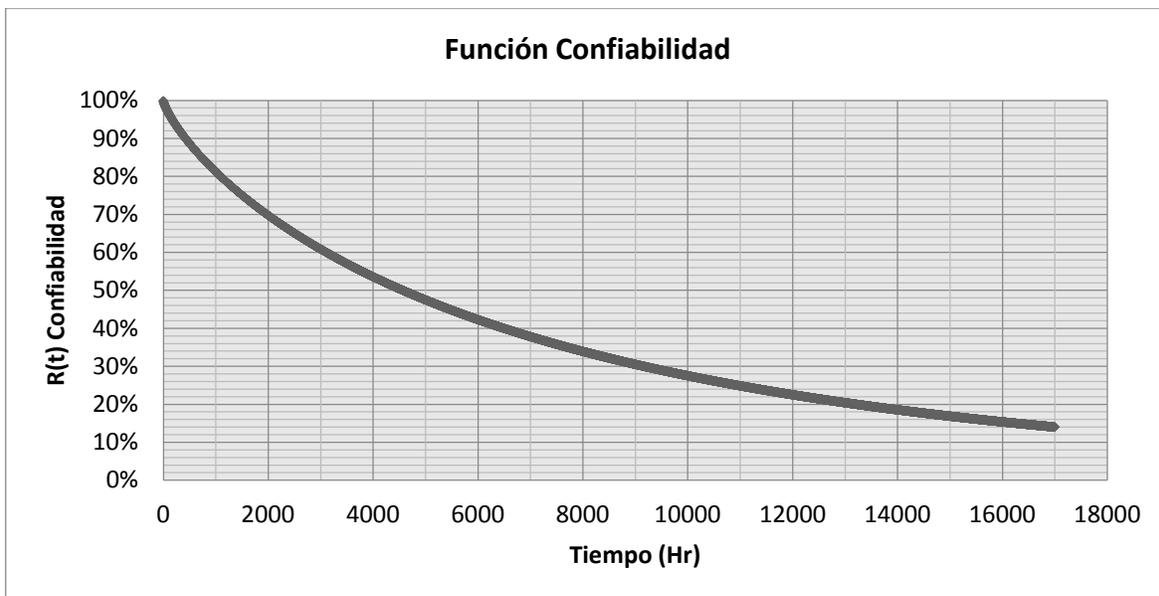


Figura 10.2.2: Función de confiabilidad de la cinta de transporte en función del tiempo.

10.3 Sistema de Traspaso Pre-Ensamble del subsistema Encolado.

Los elementos críticos ya determinados son el encolador del subsistema de encolado.

10.3 Encolador.

Tabla 10.3.1: Parámetros de Weibull de Encolado del Encolador, en los anexos se encuentra la base de datos para encontrar los parámetros.

parámetros	
Parámetro de localización (δ)	0
Parámetro de forma (β)	1,0696282
Parámetro de escala (θ)	11357,876

El parámetro de forma es igual a 1,069, esto dice según la curva de la bañera es una falla de tipo deterioro temprano, es decir está fallando por componentes que están sufriendo desgaste.

Posibles causas: Falta de limpieza, fatiga por varios ciclos, desgaste de los componentes y por mal manejo de operación.

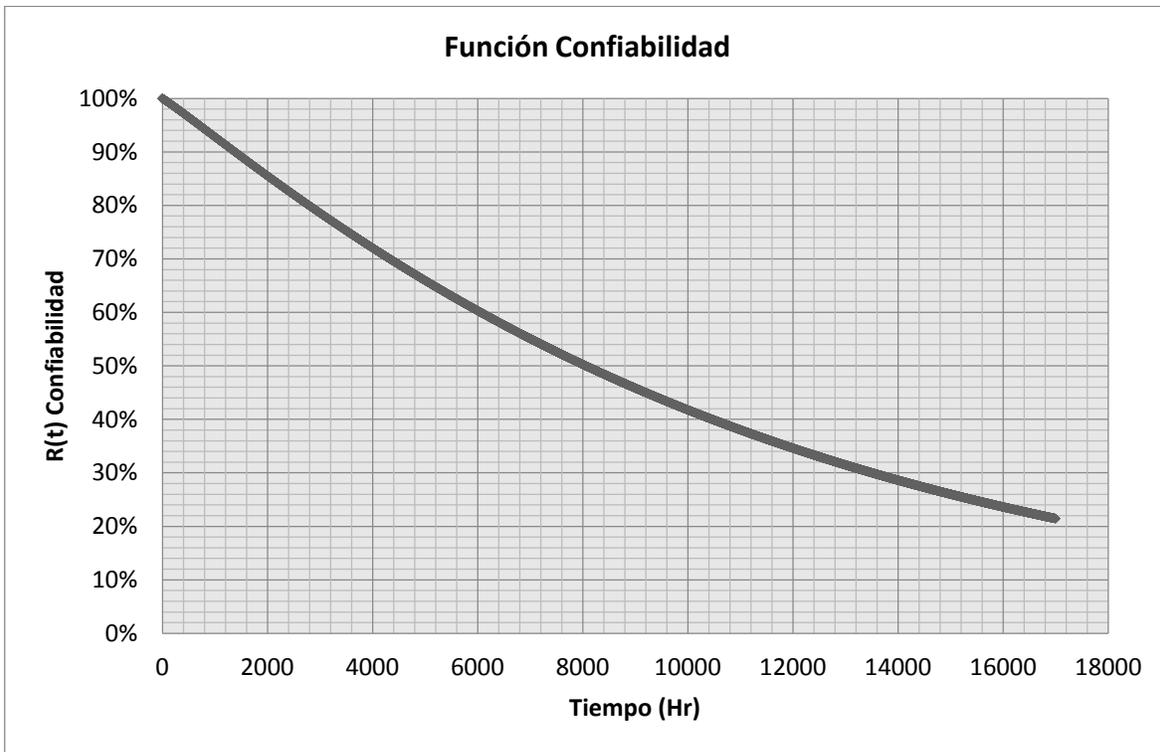


Figura 10.3.1: Parámetros de Weibull del encolador del encolado.

11. Mantenimiento preventiva vs Mantenimiento correctiva.

Luego de realizado el análisis de weibull se procede a realizar las acciones preventivas según el gráfico de confiabilidad un mantenimiento preventivo en un tiempo determinado según la confiabilidad requerida por la compañía.

Previo a esto se analizará las fallas por componente programadas versus las imprevistas obtenidas de la base de datos.

11.1 Sistema Prensa de Barra eyectora.

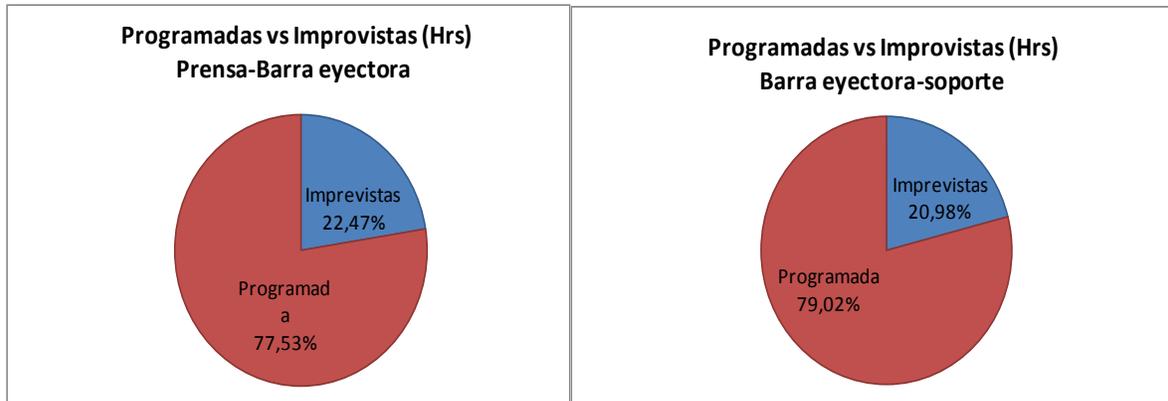


Figura 11.1 Preventivos vs correctivos sistemas, subsistemas y componentes.

Barra eyectora: posee un 77.53% de mantenimiento preventivo vs un 22.47% de mantenimiento correctivo.

Soporte: posee un 79.02% de mantenimiento preventivo vs un 20.98% de mantenimiento correctivo.

Se aprecia entonces que tanto el componente como el subsistema poseen casi la misma proporción, en relación a su distribución de mantenimiento preventivo y correctivo; esto quiere decir que existe una baja confiabilidad y poca mantenibilidad, posee un alto porcentaje de mantenimiento preventivo, por lo que se estima que las tareas de mantenimiento no han logrado aumentar la confiabilidad, y a su vez, disminuir la frecuencia de falla.

11.2 Sistema Tolva de alimentación 1.

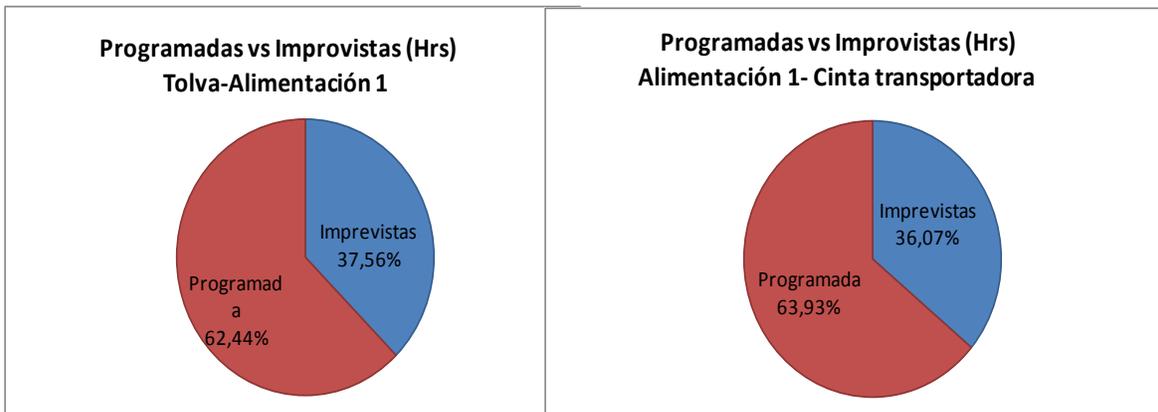


Figura 11.2 Preventivos vs correctivos sistemas, subsistemas y componentes.

Alimentación1: posee un 62.44% de mantenimiento preventivo vs un 37.56% de mantenimiento correctivo.

Cinta de transporte: posee un 63.93% de mantenimiento preventivo vs un 36.07% de mantenimiento correctivo.

Se concluye que existe una baja confiabilidad y poca mantenibilidad, posee un alto porcentaje de mantenimiento preventivo, por lo que se estima que las tareas de mantenimiento no han logrado aumentar la confiabilidad, y a su vez, disminuir la frecuencia de falla.

11.3 Sistema Traspaso Pre-ensamble de Encolado.

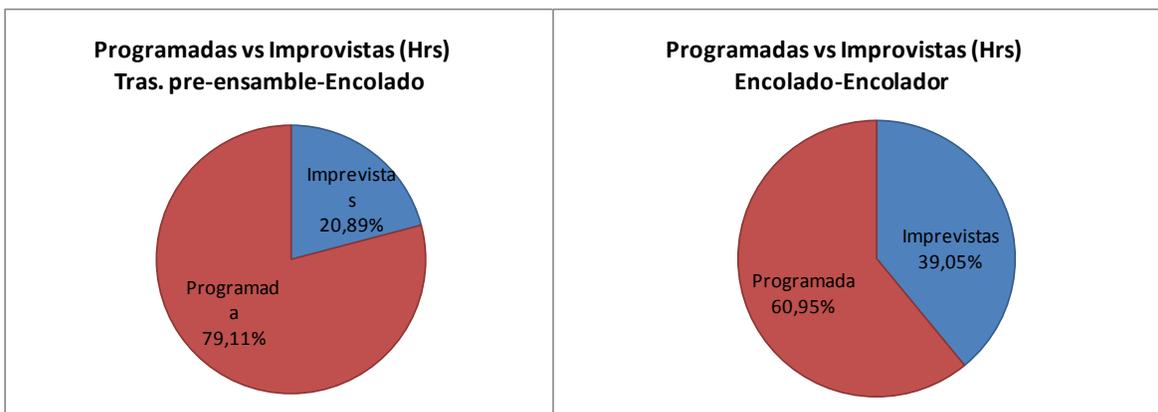


Figura 11.3 preventivos vs correctivos sistemas, subsistemas y componentes.

Encolado: posee un 79.11% de mantenimiento preventivo vs un 20.89% de mantenimiento correctivo.

Encolador: posee un 60.95% de mantenimiento preventivo vs un 39.05% de mantenimiento correctivo. Se observa lo mismo que en prensa y traspaso pre-ensamble.

12 Acciones preventivas

12.1 Soportes

Tabla 12.2 planes preventivos soportes.

plan preventivo	subsistema	componente	intervencion	codigo	cantidad	REPUESTO	frecuencia
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 1	Cambio de soporte			ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 1	Cambio de pernos	2c/u	Pernos parker M12 x	Semanal
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 2	Cambio de soporte			ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 2	Cambio pernos	2c/u	Pernos parker M10	MENSUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 3	Cambio de soporte			ANUAL
Prensado	FINGER_180	Barra eyectora	Soporte 3	Cambio de pernos	2c/u	Pernos parker M10	MENSUAL

Se determinó en base al estudio realizado: modificar los periodos en los cuales se realizarán las acciones preventivas de:

Soportes: Se cambian anualmente lo que da alrededor de 4293 horas de producción (52.7% de confiabilidad), luego del análisis se decide cambiar a 1400 horas de producción (82.6% de confiabilidad).

Ruta de inspección mecánicas y apriete de pernos: 300 horas mensuales (96.4% de confiabilidad).

También analizar y regular la presión de operación de los cilindros neumáticos a la óptima, así disminuir el sobre esfuerzo y inspeccionar las cremallera para evitar desalineamiento de la barra eyectoras.

Total de detenciones: 4 en un periodo de 2 años (1-enero-2017 a 1-enero-2018).

12.2 Cinta transportadora

Tabla 12.2 planes preventivos cinta transportadora

plan preventivo	subsistema	Componente	INTERVENCIÓN	codigo	cantidad	repuesto	frecuencia
Tolva	FINGER_180	Alimentación 1	Cinta transportadora	Cambio cinta transporte	8,7 mts	Cinta corrugada anch	ANUAL

Cinta transportadora: la cinta transportadora se cambia anualmente alrededor de 4293 horas (51.6% de confiabilidad), se cambia a 1430 horas (76.24% de confiabilidad).

Ruta de inspección mecánicas: 200 horas es decir una vez por mes (96.4% de confiabilidad).

También se recomienda implementar rutas inspección a rodillos motriz y conducido, polines y cadena de transmisión de la moto reductora, para evitar falta de tensión y desgaste de la cinta transportadora.

Total de detenciones: 6 en un periodo de 2 años (1-enero-2017 a 1-enero-2018).

12.3 Encolador

Tabla 12.3 planes preventivos encolador.

plan preventivo	subsistema	Componente	INTERVENCIÓN	codigo	cantidad repuesto	frecuencia
Traspaso Pre-FINGER_180	Encolado	Encolador	Cambio de Encolador		1 c/u	
Traspaso Pre-FINGER_181	Encolado	Encolador	Cambio de rodamientos lineales		2 c/u	

Encolador: el encolador no se registran planes preventivos por el análisis realizado se deberá cambiar cada 600 horas con una confiabilidad de 95.5%.

Ruta de inspección: 400 horas con una 97.2% de confiabilidad, a encolador y rodamientos lineales.

También se recomienda implementar rutas limpieza y regulación de presión de operación a válvulas, para evitar que se pierda adhesivo y con ello desgaste del componente encolador.

Total de detenciones: 2 en un periodo de 2 años (1-enero-2017 a 1-enero-2018).

13. Conclusión.

En el presente trabajo de habilitación profesional se realizó un estudio de mantenimiento basado en la confiabilidad, aplicado a la máquina Finger Joint HS-180 de la empresa Blocks & Cutstock S.A., ubicada en la ciudad de San Pedro de la Paz, Región del Bio-Bío, Chile. Se analizó la base de datos proporcionada por el departamento de mantención sobre las mantención preventivas y correctivas, además de las proporcionadas por el departamento de operaciones para verificar los tiempos muertos, después de prepararla, clasificarla, organizarla y filtrarla por medio de software Excel.

Se encontró que la máquina trabaja a un 95% de disponibilidad, lo cual es bastante buena pero para la empresa es vital tener planes preventivos de modo que la máquina no sufra detenciones debido a que estos generan cuellos de botella y con esto mucha pérdida económica.

Se procedió entonces a estudiar los diferentes sistemas de la maquina que son: Tolva, Freeder, Sistema de avance, Puente cargador, Unidad de fresado, Traspaso Pre-ensamble, Estación de ensamble y Prensado adicionalmente hay dos sistemas que son Otros y Externos que son los tiempos imputados por fallas de equipos anteriores al procesos de finger y tiempos debido a emergencias industriales como por cortes de energía todo ello, mediante métodos de análisis de base datos como diagramas de Pareto y Jack-knife, con los cuales se identificó la criticidad en términos de número de detenciones (Sistemas crónicos) de los sistemas de la máquina Finger Joint hs-180, llegando a la conclusión como sistema más críticos: tolva, traspaso pre-ensamble y prensado siendo los que afectan directamente la confiabilidad de la máquina. Posteriormente se realizó un análisis de Pareto y Jack-knife de segundo orden en los Sistema de Prensado, Tolva y Traspaso Pre-ensamble, dando como resultado el Sub-Sistema de Barra eyectora, Alimentación 1 y Encolado respectivamente como crítico, mismo procedimiento (análisis de Pareto y Jack-Knife) pero de tercer orden, fue aplicado a los Sub-Sistema antes mencionados, obteniendo como componentes críticos de la máquina, los soportes en barra eyectora, cinta transportadora de alimentación 1 y encolador del encolado.

Siguiendo con el análisis de confiabilidad, se realizó un análisis funcional de los sistemas críticos tanto funciones primarias como secundarias, luego se analizo los modos y efectos de falla (FMEA) de los componentes críticos, para implementar una solución a las fallas analizadas, lo cual dio como resultado realizar un estudio de los planes de mantenimiento

preventivo actuales de cada uno de los componentes y determinar las mejoras para aumentar la confiabilidad de la máquina.

Finalmente como método de apoyo para generar el mantenimiento preventivo de los componentes se desarrolló el análisis estadístico de Weibull mediante el método de los mínimos cuadrados, que entregó información valiosa con respecto a la confiabilidad. Esta información que se traduce en el diagrama de confiabilidad de Weibull, permitió identificar el tiempo óptimo de inspecciones o cambio de los componentes críticos. Lo anterior llevó a realizar un mantenimiento preventivo del componente y así mejorar la confiabilidad y con ello la disponibilidad de la máquina, disminuir tiempos de detención reducir los costos por mantención correctivas, como también reducirá la probabilidad de fallas catastróficas al dañarse componentes asociados o producirse accidentes laborales.

Del análisis de criticidad y de los posteriores estudios para elaborar acciones preventivas centradas en la confiabilidad, se concluye lo siguiente:

Sistema Prensado

- Soportes: los ciclos de cambio y de inspecciones preventivas fueron modificados para así asegurar un nivel de confiabilidad aceptable y poder evitar la falla de éste; sin embargo, es importante regular la presión de operación de los cilindros neumáticos a la óptima, esto disminuirá el sobre esfuerzo ejercido en ellos.

Sistema Tolva:

- Cinta transportadora: los ciclos de cambio se modifican dentro de un nivel de confiabilidad aceptable, además se generan inspecciones preventiva, para la cinta como medición de espesor y tensión baja una confiabilidad aceptable, además de los componentes que le acompañan como soportes, rodillos motrices conducidos y cadena de transmisión que deben estar dentro de la inspección.

Sistema Traspaso Pre-ensamble:

- Encolador: se propusieron los ciclos de cambio y de inspecciones preventivas para así asegurar un nivel de confiabilidad aceptable y poder evitar la falla de éste; sin embargo, es importante regular la presión de operación de las válvulas a la óptima, esto disminuirá costo por productos malos y que se desgaste el componente.

Referencias Bibliográficas

- San Juan, L. (2017). Pruebas predictivas mantenimiento proactivo. Apuntes de clases
- Martínez, L. (2014). Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional (Tesis pregrado). Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/45948/12/98512103.2014.pdf>
- Moubray, J. (1997). Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Recuperado de https://kupdf.net/download/02rcmiijohnmoubraylibrocompleto_58d2eee7dc0d606a7cc3469e_pdf
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*. Recuperado de <http://librosysoftwareparaingenieria.blogspot.com/2016/02/rcm-iijohnmoubray.html>
- Romero, J. (2013). Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón (Tesis de Grado). Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311>
- Trujillo, G. (2002). El mantenimiento proactivo como una herramienta para extender la vida de sus equipos. Recuperado de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/lubproact.pdf>
- Vega, J. (2009). Diseño de la estrategia de mantenimiento basada en la confiabilidad, RCM. Recuperado de: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/661/digital_18399.pdf?sequence=1

Anexos

ANEXO N°1

Tablas y Gráficos obtenidos de los diferentes análisis realizados en el proceso Finger Joint HS-180, para la empresa Blocks & Cutstock planta San Pedro De La Paz.

A continuación se muestran las Tablas y Gráficos obtenidos de los diferentes análisis realizados en el proceso Finger Joint.

Anexo 1.1: Base de dato para elaboración de pareto y Jack knife.

Día	Tipo de Falla	Descripción	H.INICIO	H.TERMINO
04-01-2017	Mecánica	se normaliza , falla barra prensa soporte lado mar	15:30	17:30
26-01-2017	Mecánica	se alinia barra prensa	11:00	11:30
30-01-2017	Mecánica	se reemplaza fleje cortado modulo N°2	10:00	10:22
06-01-2017	Transmision	Cambio de correa sincronica angulo de transferencia	11:00	11:10
24-01-2017	Transmision	falla cintas transportadora	15:40	16:00
27-01-2017	Mecánica	cambio de rodamiento rodillos cinta	15:00	15:25
28-01-2017	Transmision	se alinia cinta modulo n°1	14:50	15:00
25-01-2017	Estructural	se recortaa barra cinta perforada	9:00	10:30
02-01-2017	Mecánica	se reemplza guia sierra alimentadora	9:30	10:00
27-01-2017	Mecánica	se normaliza guia de aluminio sierra alimentadora	14:00	14:20
21-02-2017	Mecánica	se corta pernos de fijacion vastagos cilindricos de barra prensa	15:00	16:30
02-02-2017	Mecánica	Se alinea tecla con rodamientos de piano cargador	12:40	13:10
02-02-2017	Mecánica	Se alinea tecla con rodamientos de piano cargador	13:30	14:50
04-02-2017	Mecánica	cambio de fleje en modulo 1	15:00	15:20
15-02-2017	Mecánica	se corta fleje en modulo N°1, se normaliza	19:03	19:13
03-02-2017	Transmision	falta de lubricacion en componente cadena	14:00	14:10
23-02-2017	eléctrica	se presta apoyo a mecánicos en cinta salida de tolva amperaje se dispara sobre los 50 se rectifica alineación consumo en vacio de 4,5 después de la alineación con media carga un pic de 15 a 22 se debe seguir monitoreando	10:30	11:50
25-02-2017	Mecánica	se reemplazan reten,moto reductor cadena de perro	14:50	18:30
23-02-2017	Transmision	Cinta tolva trabada por desalineamiento	17:35	17:45
23-02-2017	Transmision	Se trava cinta 1 con palo entre el brazo neumático	19:45	19:55
23-02-2017	Mecánica	Se realiza cambio de motoreductor cinta alimentación tolva	10:00	11:00
24-02-2017	eléctrica	Se repone guardamotor cinta tolva por trabamiento	18:15	18:20
28-02-2017	eléctrica	Se repone rele termico y se despeja cinta tolva	9:30	9:33
08-02-2017	Control	se regula encoder desde OP7, esto por estar con desfase de medida queda trabajado relativamente bien.	17:45	18:00
08-02-2017	Control	uno que se encuentra en el taller, se prueba este el cual no daba corte, se cambian cables del encoder en el PLC, este da corte pero con diferencia de medida , operador realiza lo mas que se puede en la OP7, se decide armar de los dos encoder tomar las mejores piezas de cada uno y, armar uno definitivo, se monta se ajusta medida por parte	19:50	20:20
24-02-2017	Mecánica	Se trava sierra partidora con tabla a la salida de la prensa	18:27	19:00
24-02-2017	Mecánica	Se trava sierra partidora con tabla a la salida de la prensa	18:20	18:50
06-03-2017	Mecánica	Se cortan pernos barra eyectora inferior sistema de prensado	8:30	15:00
07-03-2017	Mecánica	se repone tope tope de dimensionadora de blank	11:10	11:40
15-03-2017	Mecánica	Se genera regulación de carrera cilindros barra eyectora	7:20	7:43
16-03-2017	Mecánica	Desplazamiento horizontal 1x3: colocan laines guía durocoton, elimina fuga cilindro, alineación guias	8:00	10:25
18-03-2017	Neumática	Falla neumática, se cambia conector	14:00	14:12
30-03-2017	Mecánica	Problema con la bandeja inyectora	15:20	15:48
02-03-2017	eléctrica	Cae automático por peak de corriente en motorreductor cintas	8:00	8:05
07-03-2017	Mecánica	Se destraba cadena de perros	9:45	11:30
07-03-2017	eléctrica	Se ajusta sensor de herradura en la cadena de perros	15:35	15:40
01-03-2017	eléctrica	Cae automático de las cintas por estar tolva llena	13:50	14:05
02-03-2017	eléctrica	Cambio motoreductor cinta tolva por quemarse	10:50	15:00
29-03-2017	eléctrica	Cae automatico tolva	11:00	11:48
14-03-2017	Mecánica	se normaliza sistema de encolado	7:20	8:30
15-03-2017	eléctrica	Falla eléctrica encoder	11:00	11:20
31-03-2017	Mecánica	cambio de sproket unidad de pre- emsamble	17:00	17:30
01-03-2017	eléctrica	Cae guardamotor sierra partidora por trabamiento	13:00	13:30
17-04-2017		Inicio	8:30	8:50
12-04-2017	Neumática	normaliza cilindros cargadores sistema neumatico	17:00	17:35
07-04-2017	Mecánica	Se atiende llamado turno por trabamiento de cadena de perros	11:00	11:20
12-04-2017	Transmision	Cinta de alimentacion salida de tolva se encuentra en mal estado.	9:00	9:25
21-04-2017	Transmision	cinta tolva trabada	14:00	14:20
03-04-2017	Mecánica	cadencia cortada	15:00	15:20
08-05-2017	Mecánica	Falla por baja de presión en lineas, por problema en secador	2:30	2:40
03-05-2017	eléctrica	Falla en sierra dimensionadora, se realiza limpieza de contactos	23:20	23:37
23-05-2017	Mecánica	Pernos cortados barra eyectora	14:00	15:30
25-05-2017	Mecánica	cadencia cortada	17:00	17:20
29-05-2017	Transmision	Cinta de alimentacion salida de tolva se encuentra en mal estado.	9:00	9:25
04-05-2017	Mecánica	Se reemplaza regulador de presión sistema de encolado	23:20	23:45
17-05-2017	Mecánica	se rease hilo husillo cabezal modulo n°2	11:00	11:15
18-05-2017	Mecánica	se alinia tope cilindro husillo prensa	12:00	12:30
24-05-2017	Mecánica	Intervencion de maquina para eliminar marca en uno de los extremos de blanks.	15:00	15:20
06-06-2017	externo	caide de tension por baston de media tension	2:00	2:10

13-06-2017	Eléctrica	Falla VDF	13:30	14:10
13-06-2017	Mecánica	se instala nuevamente.	8:40	9:20
15-06-2017	Mecánica	apriete de pernos barra eyectora inferior	17:30	17:48
16-06-2017	Mecánica	Se extrae perno cortado fijación guía lateral entrada modulo #2	5:25	5:40
01-06-2017	eléctrica	Sobrecarga motor por tolva llena	5:05	5:20
09-06-2017	Estructural	Se desplaza motor de tolva, motor sin tensor y proteccion soldada aestructura. Tolva en mantencion.	9:30	14:55
02-06-2017	Mecánica	falla en salida de adhesivo se cambia	9:00	10:00
05-06-2017	Mecánica	Se reemplaza aplicador de adhesivo	9:00	9:40
12-06-2017	Mecánica	se realiza normalizacion de sistema de marmita niple	15:20	15:50
20-07-2017	externo	Falla alimentacion sub-estacion 300 y 500 KVA.	7:00	8:20
08-08-2017	externo	Se produce caida de media tension general planta	14:00	14:25
23-08-2017	Mecánica	Se produce baja de voltaje en la linea, se revisa en forma general y se da partida a equipos.	9:00	9:20
21-07-2017	Mecánica	Se encuentra cilindro cargador mototambor sin presion de aire provocando detencion	8:00	8:32
23-08-2017	Mecánica	Falla en primer cilindro barra inyectora	9:00	10:00
17-07-2017	Mecánica	se normaliza cortocircuito en pedal tolva	11:00	11:15
18-07-2017	Mecánica	falla en cinta perforada	15:00	16:00
28-07-2017	Mecánica	falla por trabamiento en estacion de pre-ensamble	15:10	16:20
03-08-2017	Eléctrica	se normaliza falla en fotoceldas por en unidad de traspaso emsamble	15:00	15:20
04-07-2017	Eléctrica	Falla en sierra partidora- Se encuentra sensor activado- Se ajusta sensor quedando equipo operativo	10:30	10:40
11-09-2017	Neumática	se normaliz falla en cilindro rodillo cargador	10:00	10:30
01-09-2017	Mecánica	se normaliza falla en sistema de avance cinta 1 desaliniada	14:00	14:10
01-09-2017	Mecánica	Cinta de avance tolva.	10:00	10:25
13-09-2017	Eléctrica	Se normaliza guardamotor por sobrecarga en cadena enhebradora.	12:00	12:10
14-10-2017	Mecánica	cambio rodamiendo cadena enhebradora	5:00	6:00
16-10-2017	Mecánica	se corta fleje en modulo N°2, senormaliza	2:15	2:30
16-11-2017	externo	Se produce corte general de energia tras falla en baston de media tension	14:00	16:00
11-11-2017	Mecánica	falla rodamiento cinta transportadora alimentacion freeder	13:25	14:00
20-11-2017	Mecánica	FALLA RODAMIENTO DE REDUCTOR CEPILLO ALIMENTADOR.	15:00	17:30
20-11-2017	Mecánica	trabamiendo por block en sistema de freeder	1:00	2:30
10-11-2017	Eléctrica	Pernos cortados barra eyectora	7:25	9:30
16-11-2017	Mecánica	CILINDRO DE BARRA EYECTORA (1° CILINDRO) FUERA DE POSICIÓN, SOPORTES DE CREMALLERA SE ALINEAN.	14:00	16:05
23-11-2017	Mecánica	falla encolado	17:30	18:20
17-11-2017	Mecánica	desalinamiento cinta de alimentacion sincronica 1	3:15	3:30
22-11-2017	Mecánica	baja de tension	10:35	11:05
29-12-2017	externo	falla en trozadores opticut	8:00	9:40
26-12-2017	Mecánica	reaprite pernos conjunto encoder	14:10	14:15
05-12-2017	Mecánica	falla en cadena enhebradora	23:00	23:15
12-12-2017	Mecánica	se reponen insertos	7:00	7:15
12-12-2017	Mecánica	cambio rodillo y cinta perforadora	11:00	12:30
23-12-2017	Mecánica	se realiza cambio de husillo y correa de transmision sierra	6:50	7:40
17-01-2018	Mecánica	Se encuentra cilindro cargador mototambor sin presion de aire provocando detencion	15:20	15:52
22-01-2018	Mecánica	se corta perno de barra	17:00	17:45
23-01-2018	Mecánica	Extraccion de perno cortado de anclaje 3er cilindro barra sist. Prensado.	6:50	7:20
27-01-2018	Mecánica	Se realiza analisis hidraulico y posterior cambio de cilindro neumatico zona de prensado	13:15	16:35
29-01-2018	Mecánica	Se realiza cambio de flejes modulo N°1	19:15	19:30
22-01-2018	Mecánica	sensor encolado	5:00	5:45
02-02-2018	Mecánica	se normaliza falla en sistema neumatico cilindros prensado superior	2:00	4:50
05-02-2018	Eléctrica	Falla alimentacion sub-estacion 300 y 500 KVA.	6:50	9:10
23-02-2018	Mecánica	Se realiza cambio de escobilla feeder.	7:30	8:00
14-02-2018	Mecánica	Corte de cinta inclinada sistema de alimentacion.	16:20	22:50

08-03-2018	Control	Se normaliza Falla en guardamotor de control	23:10	23:20
07-03-2018	Eléctrica	Se normaliza falla de sensor Feeder	11:35	12:05
08-03-2018	Control	Se normaliza sensor de control unitizador suelto	23:30	23:50
20-03-2018	Transmision	Se realiza cambio de escobillas en entrada a modulo N°2.	23:30	23:50
05-03-2018	Transmision	Se genera trabamiento de palillo en cadena de terio central, ocasionando el corte de soporte central, se realiza cambio de soporte.	13:50	14:50
08-03-2018	Transmision	Se realiza normalizacion de sistema motriz tolva debido a trabamiento.	9:00	9:40
08-03-2018	Transmision	Se genera trabamiento de cinta tolva principal por blocks mal posicionado.	9:45	10:50
08-03-2018	Transmision	Se normaliza rodillo de tolva	9:10	10:05
21-03-2018	Neumática	Se realiza mejoramiento de marmita de adhesivo.	8:40	10:30
02-04-2018	Control	Se normaliza sensor fotoeléctrico que se encuentra quebrado en Feeder.	23:25	0:00
13-04-2018	Control	Falla de control sistema parada de emergencia	23:10	0:00
04-04-2018	Control	Por Falla de Triturador	10:10	10:50
03-04-2018	Transmision	Se realiza reaprete de pernos en barra eyectora inferior	0:15	0:40
06-04-2018	Estructural	Se realiza trabajo de soldadura en vástago de cilindro accionamiento carga de madera en mototambor superior.	0:15	1:35
13-04-2018	Control	Falla de VDF rodillos de avance laterales.	13:44	13:53
19-04-2018	Contacto	Falla en los contactores de comunicación VDF rodillos laterales.	5:20	5:30
11-04-2018	Estructural	Se realiza cambio de piano cargador	1:30	1:30
14-04-2018	Estructural	Se normaliza trabamiento de cadena de perros y se retiran pernos cortados por caída de tecla piano cargador	1:50	2:45
19-04-2018	Contacto	Se encuentra encoder de medición sector prensa desarmado.	1:00	1:15
28-05-2018	Conexión	Se normaliza falla de bornera de conexión	23:45	0:40
14-05-2018	Mecánica	Se normaliza filtración de aceite en reten de motor ángulo transferencia	12:00	13:20
24-05-2018	Transmision	Se normaliza sobretemperatura de motor cadena de perros	11:00	11:35
25-05-2018	Transmision	Se normaliza ventilador de sistema de enfriamiento motor cadena principal	6:45	7:00
27-06-2018	Control	Se realiza normalizacion de falla de control en sistema de accionamiento maquina.	13:30	15:30
11-06-2018	Estructural	Se normaliza cable sensor chapaleta Feeder	0:11	0:22
05-06-2018	Neumática	Falla Mecanica	12:00	13:00
12-06-2018	Contacto	Se normaliza falla de contacto en parada de emergencia.	0:00	0:10
21-06-2018	Sobrecarga	Se normaliza guardamotor por sobrecarga en cadena enhebradora.	17:00	17:35
25-06-2018	Transmision	Se realiza cambio de piano cargador	9:30	9:45
11-06-2018	Estructural	se normaliza falla en la estructura tolva	8:30	10:00
21-06-2018	madera	Se realiza normalizacion de guardamotor en sierra partidora por trabamiento de madera	14:00	14:15
04-07-2018	Caida de línea	Se produce corte general de energia tras falla en baston de media tension	2:30	10:30
12-07-2018	Atochamiento	Se normaliza atochamiento por alimentacion de palillos muy largos	14:30	15:30
17-07-2018	Lectura	Falla sensor dont laser de deteccion de nudos en scanner	8:30	13:20
18-07-2018	Lectura	Falla sensor dont laser de deteccion de nudos en scanner	8:30	13:20
27-07-2018	Control	Se normaliza falla en sistema de accionamiento puente cargador y cadena de perros	14:20	15:30
12-07-2018	Transmision	Se realiza mejoramiento de piano cargador	10:30	13:00
21-07-2018	Control	Se normaliza falla en sistema encolador	1:45	6:00
07-08-2018	media tension	Se produce caída de media tension general planta	12:05	12:30
08-08-2018	Control	Se normaliza falla alimentacion de Feeder	9:00	9:50
31-08-2018	Transmision	Se normaliza corte de eje/sprocket en tren de rodillo entrada a mesa de scanner, por trobamiento de madera y mala limpieza	6:45	8:10
08-08-2018	Sobrecarga	Se normaliza guardamotor por sobrecarga en cadena enhebradora.	0:35	0:45
07-08-2018	Transmision	Se realiza cambio de fleje por corte	2:38	2:48
08-08-2018	cortocircuito	Se normaliza cortocircuito de cable cortado del pedestal tolva	2:30	2:45
01-08-2018	Control	Se normaliza falla de control cinta perforada por sobrecarga.	23:15	01-01-1900 0:18
05-09-2018	Control	Se normaliza contacto con problemas de contaminacion en tablero	4:30	4:37
05-09-2018	Caida de tension	Se realizar normalizacion de VDF motor de compresor principal, este se fue a falla por baja tencion en linea de alimentacion subestacion	0:10	0:20
05-09-2018	media tension	Se produce baja de voltaje en la linea, se revisa en forma general y se da partida a equipos.	7:00	7:20
25-09-2018	Control	Se normaliza falla en disificacion automatica de Feeder	16:20	16:45
24-09-2018	Control	Se normaliza falla en block N/C de cierrcuto paradas de emergencia	10:25	10:40
24-09-2018	Control	Se normaliza termico por sobrecarga bomba de vacio	10:10	10:20
05-09-2018	Trabamiento de	Se realizar normalizacion de barra eyectora torcida	1:15	1:25
12-09-2018	Trabamiento de	Se realiza alienamiento de barra eyectora producto de trabamiento de madera.	0:15	0:40
13-09-2018	Transmision	Se realizar normalizacion de tramo de cadena torcido en enhebradora finger.	11:10	11:30
13-09-2018	Estructural	Se realizar reparacion de barra eyectora tras presentar fractura en costado soporte lado mar	16:20	17:00

26-09-2018	Control	Se normaliza termico en cadena enhebradora tras trabamiento	11:35	12:10
05-09-2018	Control	se normaliza transmision cinta de transporte	7:20	7:30
27-09-2018	Transmision	Detencion por corte de cinta alimetacion maquina	10:00	13:00
09-10-2018	Control	se realiza normalizacion por falla electrica	10:00	10:28
09-10-2018	Control	se realiza normalizacion falla en control electrico	6:50	8:30
10-10-2018	Control	se realiza normalizacion falla en control electrico	23:00	3:20
19-10-2018	Control	se normaliza falla electrica	0:20	0:45
12-10-2018	Control	falla por lectura de scanner	10:00	10:35
19-10-2018	Control	se normaliza falla scanner	11:23	11:55
22-10-2018	Control	se normaliza falla por control scanner	15:00	15:50
12-10-2018	Control	falla electrica normalizacion guardamotor cadena enhebradora	1:00	1:15
16-10-2018	Control	falla electrica normalizacion guardamotor cadena enhebradora	14:00	14:05
23-10-2018	Transmision	se normaliza falla en barra eyectora inferior(quebrada) por trabamiento madera	13:45	14:45
25-10-2018	Transmision	se normaliza falla n barra eyectora inferior	16:00	16:40
28-10-2018	Transmision	se normaliza falla en barra eyectora	3:15	3:30
05-10-2018	Transmision	Se realizar normalizacion de chaveta sprocket motriz cinta modulo N°2.	8:50	9:10
01-10-2018	Transmision	Se realiza normaliza estructural de traspaso a tolva.	10:00	11:30
01-10-2018	Transmision	Se realiza normaliza estructural de traspaso a tolva.	2:00	4:00
02-10-2018	Transmision	Se realiza normaliza estructural de traspaso a tolva.	10:00	11:30
02-10-2018	Transmision	Se realiza normalizacion de rodamientos en mal estado en cinta perforada.	2:10	3:40
05-11-2018	Control	se normaliza falla secuencia en barra eyectora	23:22	23:55
05-11-2018	Control	se normaliza falla secuencia en barra eyectora	2:25	2:40
07-11-2018	Transmision	se normaliza barra eyectora estaba desalinada	15:20	15:35
07-11-2018	Transmision	se normaliza trabamiento de cadena enhebradora movil, se lubrica tornilloquedando operativa	12:45	13:00
22-11-2018	Transmision	se reemplazan rodamiento de sproket conducido cadena enhebradora lado fijo	15:50	16:50
07-11-2018	Transmision	se normaliza falla por trabamiento por madera cinta tolva	7:10	7:40
12-11-2018	Neumática	se reemplazan aplicadores de adhesivos	0:00	0:30
12-11-2018	Transmision	se reemplazan cadenilla cortada	2:30	01-01-1900 2:45
13-11-2018	Control	falla del encolador por parametros mal ingresados por operador	23:55	01-01-1900 0:30
13-11-2018	Transmision	se reemplazan niple 1/2 quebrado de tacho adhesivo	2:10	2:40
23-11-2018	Transmision	se normaliza falla encolado	15:00	15:35
26-11-2018	Control	falla de sensor de encolado	6:15	7:10
28-11-2018	Neumática	se realiza cambio niple 1/2 recto quebrado de marmita	23:03	23:50
17-12-2018	Transmision	cambio de piano cargador	8:30	9:00
09-12-2018	Mecánica	trabamiento cinta 1	4:30	6:00
11-12-2018	Estructural	se normaliza falla en cinta 1 a tolva	8:30	10:30
11-12-2018	Eléctrica	se reapretan prisioneros del conjunto encoder por diferencia de medida en el corte	0:51	0:57
11-12-2018	Eléctrica	sobrecarga sierra partidora	4:50	5:10
12-12-2018	Control	se reaprietan prisioneros del conjunto encoder por diferencia de medida en el corte	0:51	0:57
17-12-2018	Transmision	cambio de piano cargador	8:30	9:00
20-12-2018	Control	falla electrica normalizacion	15:00	15:17
21-12-2018	Control	se quiebra sensor en la prensa por blanks	11:48	12:30
26-12-2018	Control	falla sensor freeder base sensor suelto	10:10	10:35
26-12-2018	Control	se normaliza encoder suelto	15:00	15:10
26-12-2018	Control	se normaliza sensor con falla recurrente	9:15	10:00

Anexo 1.2: tabla de Pareto.

Anexo 1.2.1: Tabla de datos de parada sistema prensa, ordenado por subsistema.

SISTEMA	SUBSISTEMA	Valores			
		N° defecto	Suma N° defecto	% defecto	Suma % defectos
Prensa	barra eyectora	22	22	46,81%	46,81%
Prensa	sierra dimensionadora	10	32	21,28%	68,09%
Prensa	presado superior	4	36	8,51%	76,60%
Prensa	presado	3	39	6,38%	82,98%
Prensa	mototambor	3	42	6,38%	89,36%
Prensa	sistema neumatico	2	44	4,26%	93,62%
Prensa	sensor	2	46	4,26%	97,87%
Prensa	guias	1	47	2,13%	100,00%
Total general		47		100,00%	

Anexo 1.2.2: Tabla de datos de paradas de barra eyectora del sistema prensa, ordenado por componente de falla.

Subsistema	Componente	Valores			
		N° defecto	Suma N° defecto	% defecto	suma % defectos
barra eyectora	soporte	10	10	45,45%	45,45%
barra eyectora	barra	5	15	22,73%	68,18%
barra eyectora	cilindros neumaticos	3	18	13,64%	81,82%
barra eyectora	electrica	2	20	9,09%	90,91%
barra eyectora	eje cremallera	1	21	4,55%	95,45%
barra eyectora	barra	1	22	4,55%	100,00%
Total general		22		100,00%	

Anexo 1.2.3: Tabla de datos de parada sistema Tolva, ordenado por subsistema.

Sistema	subsistema	Valores			
		N° defecto	Suma N° defecto	% defecto	suma % defectos
Tolva	alimentación 1	23	23	79,31%	79,31%
Tolva	estructural	4	27	13,79%	93,10%
Tolva	eléctrica	2	29	6,90%	100,00%
Total general		29		100,00%	

Anexo 1.2.4: Tabla de datos de paradas de alimentación 1 del sistema tolva, ordenado por componente de falla.

Subsistema	Componente	Valores			
		N° defecto	Suma N° defecto	% defecto	suma % defectos
Alimentación 1	cinta transportadora	10	10	50,00%	50,00%
Alimentación 1	reductor	4	14	20,00%	70,00%
Alimentación 1	rodillo motriz	2	16	10,00%	80,00%
Alimentación 1	automatico	2	18	10,00%	90,00%
Alimentación 1	guardamotor	1	19	5,00%	95,00%
Alimentación 1	rele termico	1	20	5,00%	100,00%
Total general		20		100,00%	

Anexo 1.2.5: Tabla de datos de parada sistema Traspaso Pre-Ensamble, ordenado por subsistema.

Sistema	Subsistema	Valores			
		N° defectos	Suma de N° defectos	% defectos	suma % defectos
Tras Pre-Ensamble	encolado	15	15	62,50%	62,50%
Tras Pre-Ensamble	cinta perforadora	5	20	20,83%	83,33%
Tras Pre-Ensamble	conjunto cadenas	3	23	12,50%	95,83%
Tras Pre-Ensamble	electrica	1	24	4,17%	100,00%
Total general		24		100,00%	

Anexo 1.2.6: Tabla de datos de parada de encolado del sistema Traspaso Pre-Ensamble, ordenado por subsistema.

Subsistema	Componente	Valores			
		N° defecto	Suma N° defecto	% defecto	suma % defectos
Encolado	encolador	8	8	53,33%	53,33%
Encolado	marmita	4	12	26,67%	80,00%
Encolado	sensor	2	14	13,33%	93,33%
Encolado	regulador de presion	1	15	6,67%	100,00%
Total general		15		100,00%	

Anexo 1.3: Gráficos de Pareto.

Pareto prensa.

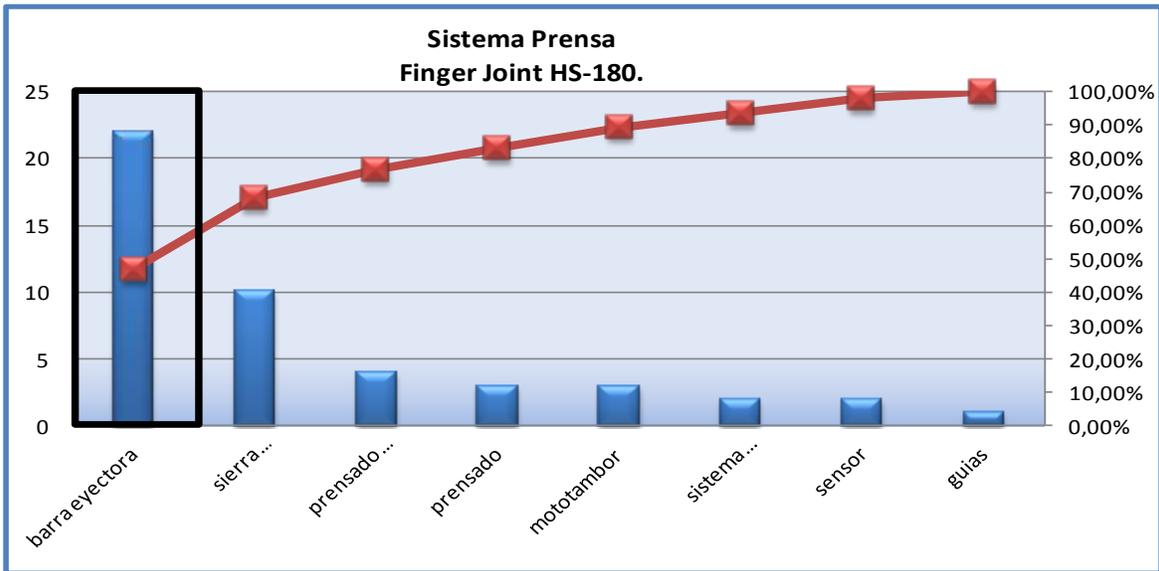


Figura 1.3.1: Diagrama de Pareto de sistema prensa.

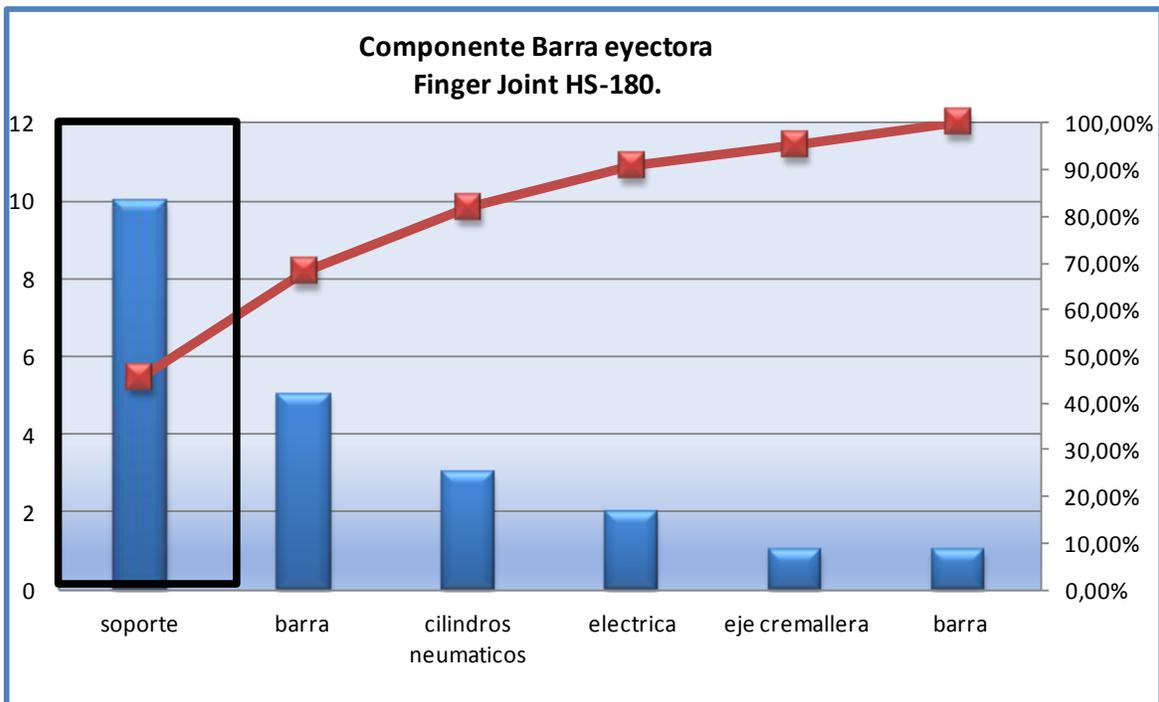


Figura 1.3.2: Diagrama de Pareto de subsistema Barra eyectora.

Pareto Tolva.

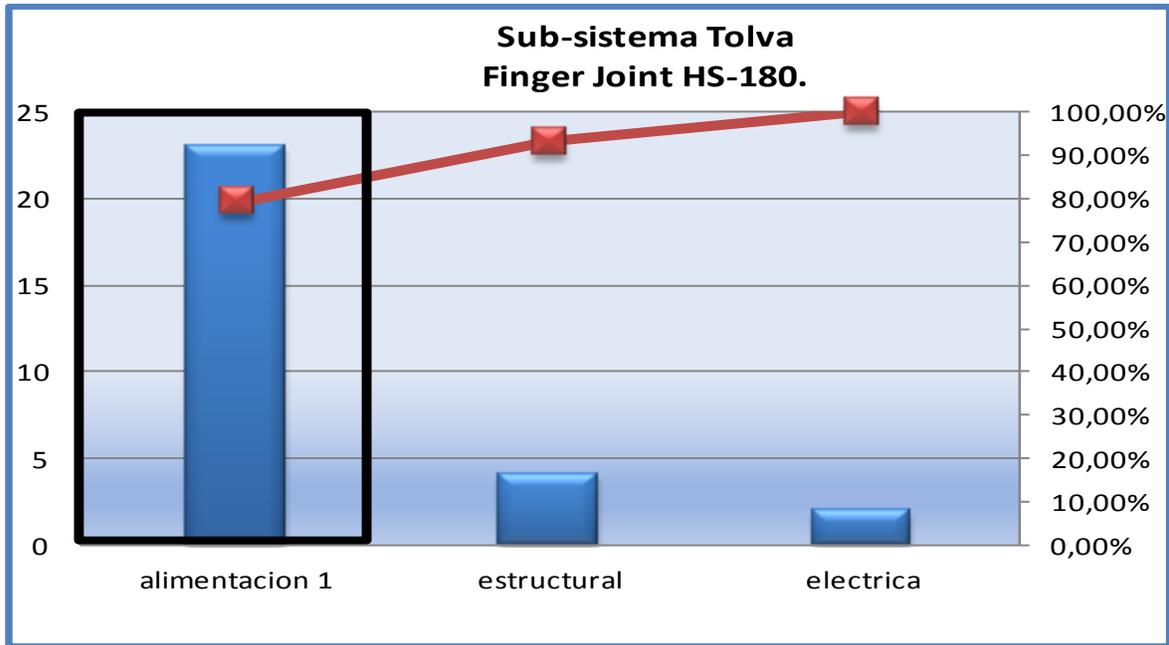


Figura 1.3.3: Diagrama de Pareto de sistema tolva.

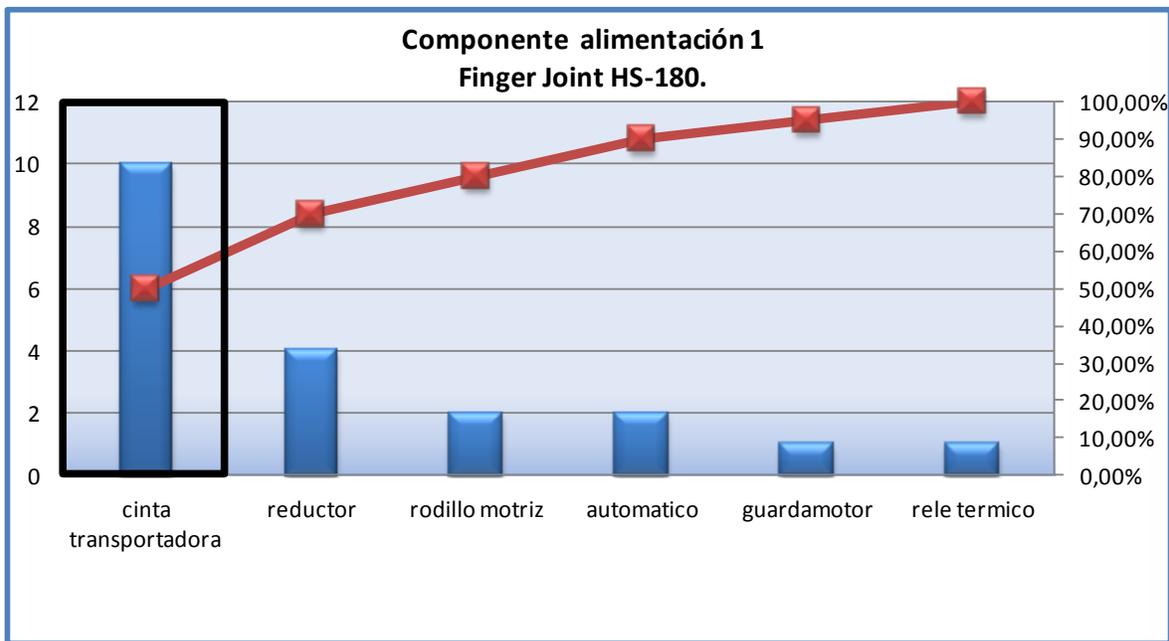


Figura 1.3.4: Diagrama de Pareto de subsistema alimentación 1.

Pareto Traspaso Pre-Ensamble.

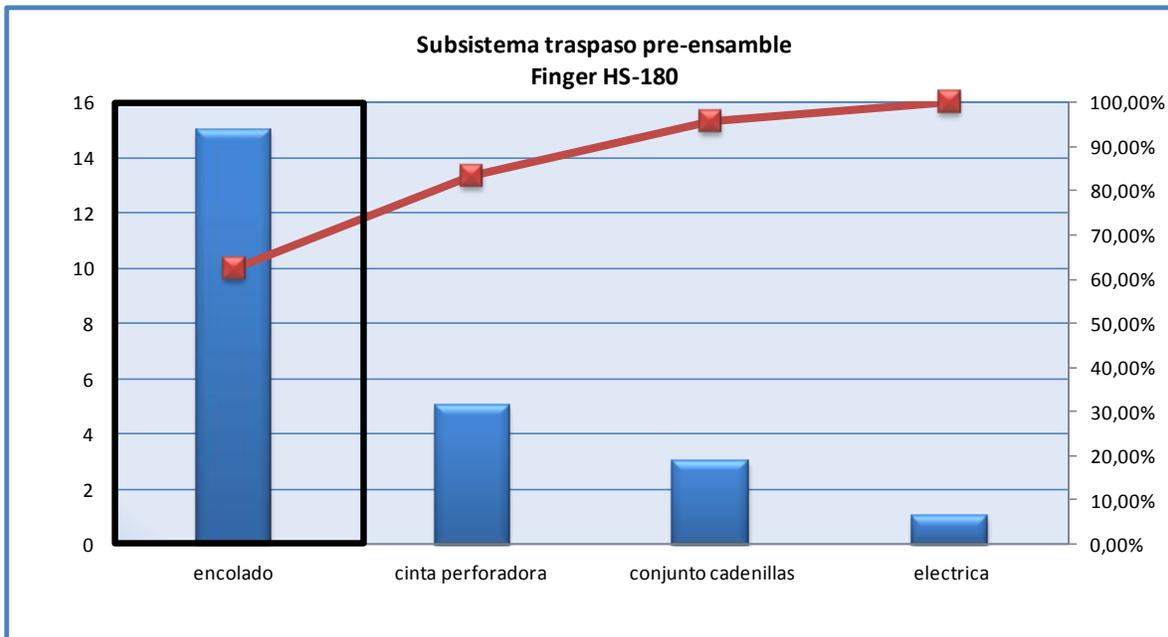


Figura 1.3.5: Diagrama de Pareto de sistema Traspaso Pre-Ensamble.

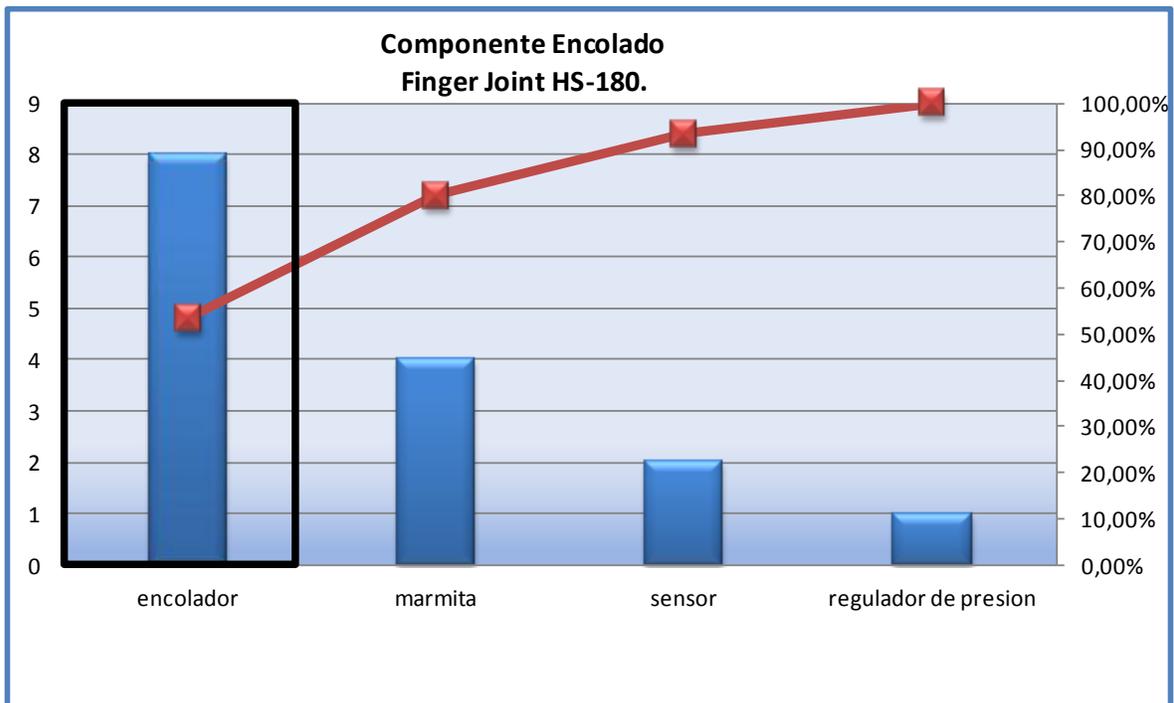


Figura 1.3.6: Diagrama de Pareto de subsistema encolado.

Anexo 1.4: Tabla y gráficos Jack knife.

Anexo 3.1: Tabla de datos de paradas y tiempos medios de reparación (MTTR) prensado, ordenado por subsistema.

codigo	Sistema	Subsistema	Cuenta de Equipo	Suma de TOTAL HORAS	MTTR
1	prensa	barra eyectora	22	24,20	1,10
2	prensa	guias	1	2,42	2,42
3	prensa	sensor	2	1,45	0,73
4	prensa	sierra dimensionado	10	3,92	0,39
5	prensa	sistema neumatico	2	1,20	0,60
6	prensa	mototambor	3	2,40	0,80
7	prensa	prensado	3	4,00	1,33
8	prensa	prensado superior	4	4,42	1,10
		total	47	44,00	

Anexo 3.2: gráficos subsistemas, sistema prensa.

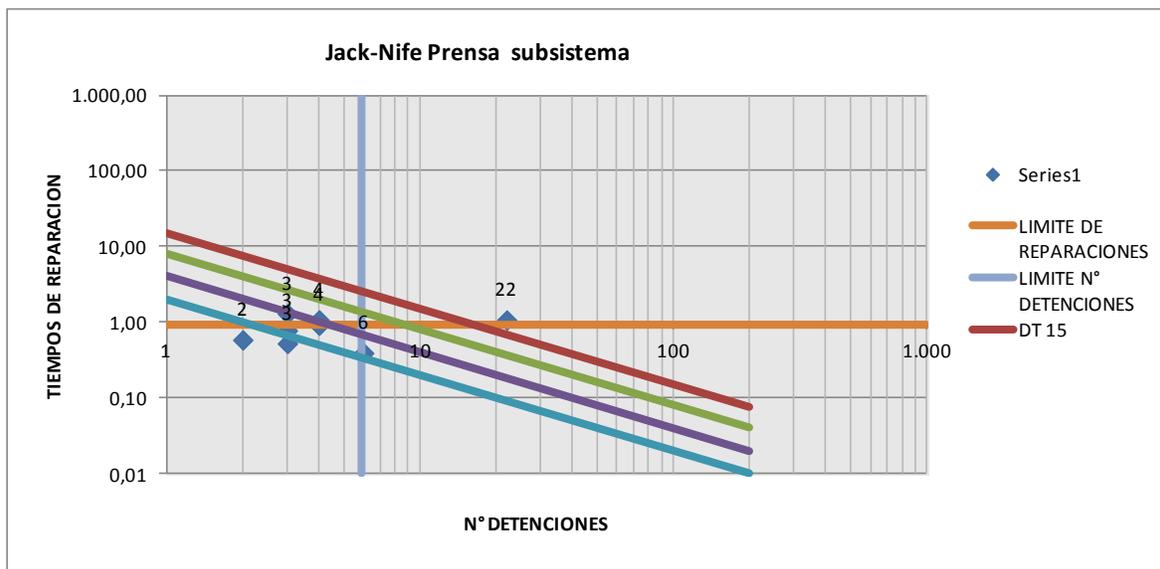


Figura 3.2: Diagrama de Jack Knife de subsistema prensa.

Anexo 3.3: Tabla de datos de paradas y tiempos medios de reparación (MTTR) del subsistema, ordenado por componentes.

Codigo	Subsistema	Componente	Cuenta de Equipo	Suma de TOTAL HORAS	MTTR
1	barra eyectora	barra	4	2,75	0,69
2	barra eyectora	cilindros neumaticos	4	4,72	1,18
3	barra eyectora	eje cremallera	1	2,08	2,08
4	barra eyectora	electrica	2	0,80	0,40
5	barra eyectora	soporte	11	13,85	1,26
total			22	24,20	

Anexo 3.4: gráficos componentes, subsistema barra eyectora.

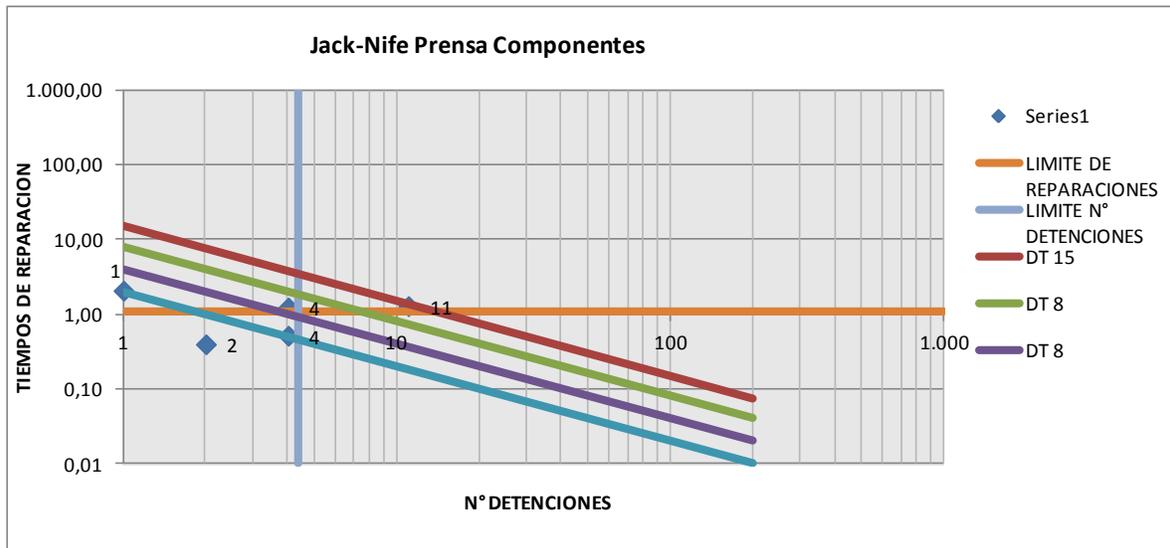


Figura 3.4: Diagrama de Jack Knife de subsistema prensa.

Anexo 3.5: Tabla de datos de paradas y tiempos medios de reparación (MTTR) Tolva, ordenado por subsistema.

Codigo	Sistema	Subsistema	Cuenta de Equipo	Suma de TOTAL HORAS	MTTR
1	tolva	electrica	2	0,50	0,25
2	tolva	estructural	4	6,50	1,63
3	tolva	alimentacion 1	23	31,43	1,37
		total	29	38,43	

Anexo 3.6: gráficos subsistemas, sistema tolva.

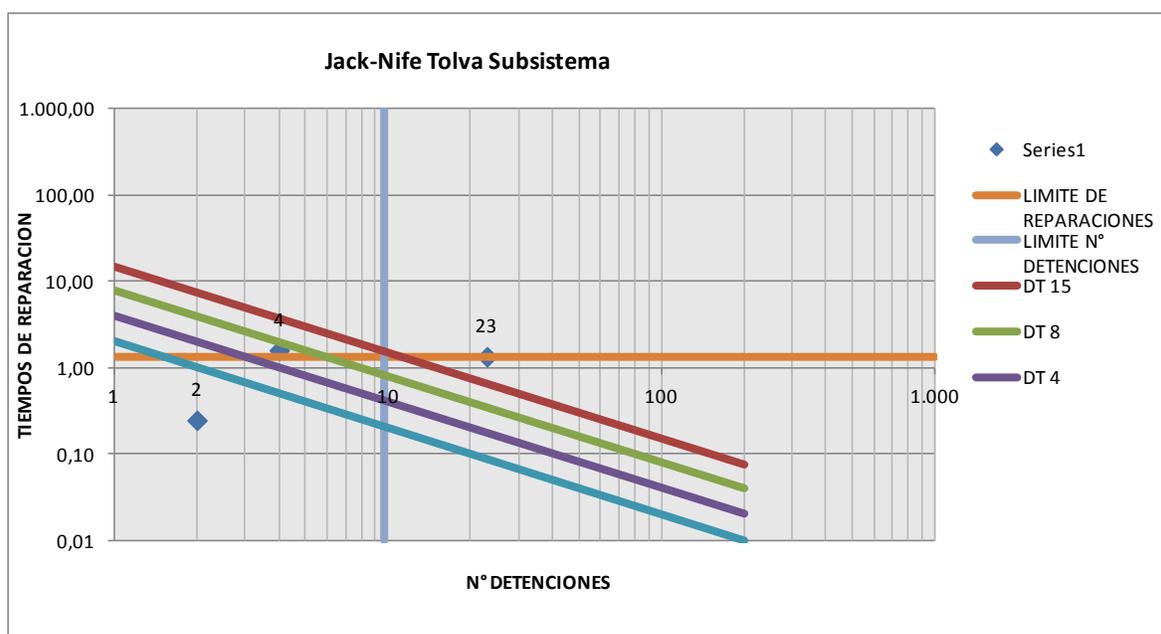


Figura 3.6: Diagrama de Jack Knife de subsistema tolva.

Anexo 3.7: Tabla de datos de paradas y tiempos medios de reparación (MTTR) del subsistema, ordenado por componentes.

Codigo	Subsistema	Componente	Cuenta de Equipo	Suma de TOTAL HORAS	MTTR
1	alimentacion 1	automatico	2	1,05	0,53
2	alimentacion 1	cinta transportadora	13	17,83	1,37
3	alimentacion 1	guardamotor	1	0,08	0,08
4	alimentacion 1	reductor	4	10,83	2,71
5	alimentacion 1	rele termico	1	0,05	0,05
6	alimentacion 1	rodillo motriz	2	1,58	0,79
		total	23	31,43	

Anexo 3.8: gráficos componentes, subsistema alimentación 1.

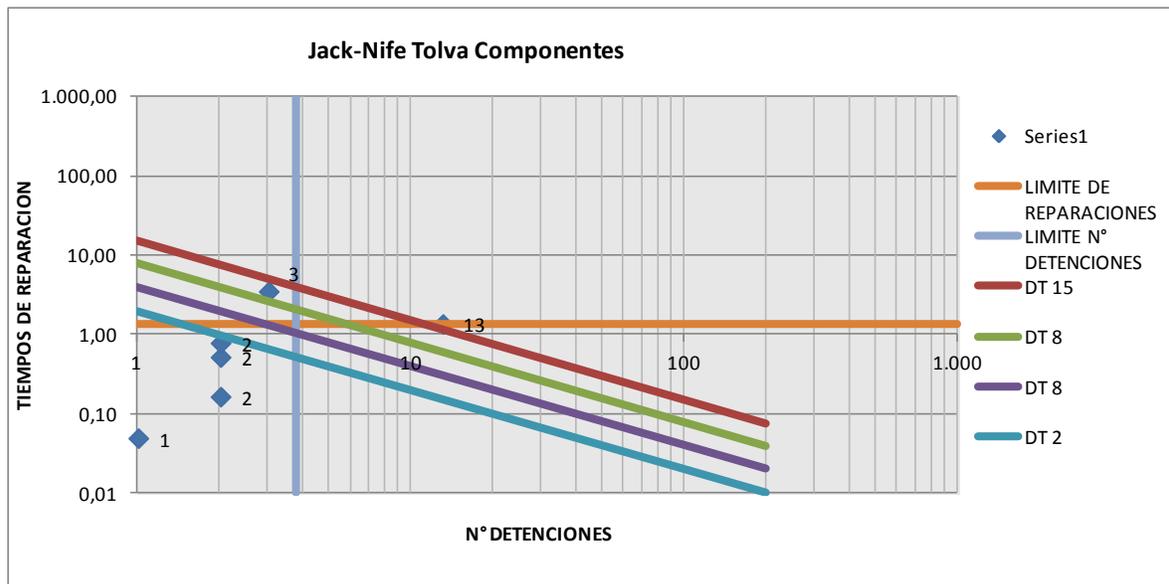


Figura 3.8: Diagrama de Jack Knife de subsistema alimentación 1.

Anexo 3.9: Tabla de datos de paradas y tiempos medios de reparación (MTTR) Traspaso Pre-ensamble ordenado por subsistema.

Codigo	Sistema	Subsistema	Cuenta de Equipo	Suma de TOTAL HORAS	MTTR
1	Traspaso Pre-ensamble	cinta perforadora	5	6,55	1,31
2	Traspaso Pre-ensamble	electrica	1	0,33	0,33
3	Traspaso Pre-ensamble	Encolado	15	15,28	1,02
4	Traspaso Pre-ensamble	conjunto cadenillas	3	0,92	0,31
		total	24	23,08	

Anexo 3.10: gráficos subsistemas, sistema traspaso pre-ensamble.

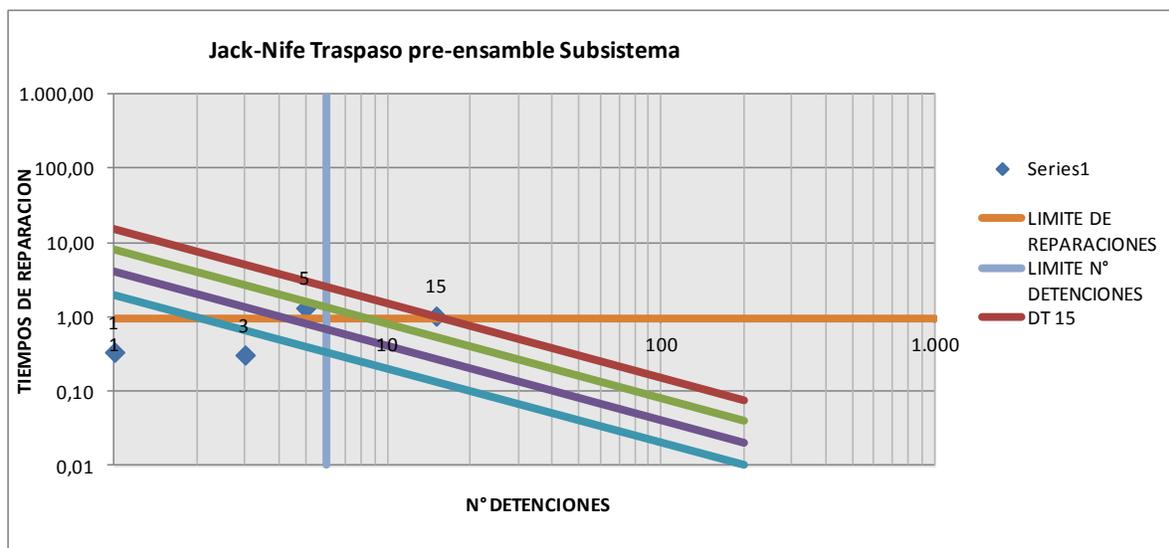


Figura 3.10: Diagrama de Jack Knife de subsistema traspaso pre-ensamble.

Anexo 3.11: Tabla de datos de paradas y tiempos medios de reparación (MTTR) del subsistema, ordenado por componentes.

Codigo	Subsistema	Componente	Cuenta de Equipo	Suma de TOTAL HORAS	MTTR
1	Encolado	encolador	8	9,58	1,20
2	Encolado	marmita	4	3,62	0,90
3	Encolado	regulador de presion	1	0,42	0,42
4	Encolado	sensor	2	1,67	0,83
			15	15,28	

Anexo 3.12: gráficos componentes, subsistema alimentación 1.

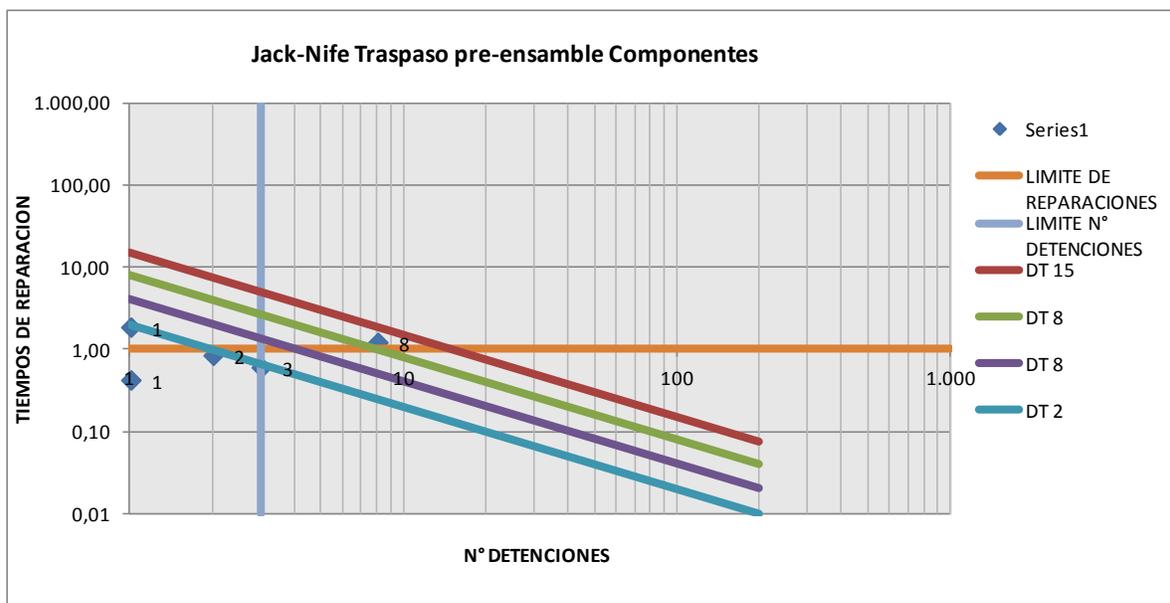


Figura 3.12: Diagrama de Jack Knife de subsistema encolado.

Anexo 1.5 Tabla para obtener parámetros de weibull

Anexo 1.5.1 Tabla de datos para prensa- soporte.

i	TBF	RM	$X_i[\ln(t-\sigma)]$	$Y_i[\ln\{\ln(t/(1-F(t-\sigma)))\}]$	PENDIENTE	INTERCEPTO (b)	r	r ²	Localizacion
1	576,333333	0,07446809	6,3566862	-2,558940818	1,076925269	-9,457633987	0,9790012	0,958443	0
2	1870,53333	0,18085106	7,5339789	-1,611994375		Parametros			
3	2367,7	0,28723404	7,7696743	-1,082929422		Parametro de localizacion (δ)	0		
4	2423,86667	0,39361702	7,7931193	-0,69266027		Parametro de forma (β)	1,0769253		
5	5965,48333	0,5	8,6937454	-0,366512921		Parametro de escala (θ)	6516,3575		
6	7724,98333	0,60638298	8,9522149	-0,070018179					
7	7738,06667	0,71276596	8,9539072	0,221107814					
8	9410,98333	0,81914894	9,1496327	0,536540994					
9	13338,65	0,92553191	9,4984211	0,954505028					

Se puede apreciar el rango de media y el tiempo de buen funcionamiento del componente crítico, y los rangos X_i e Y_i para lograr un gráfico de dispersión (ver figura 1.5.1)

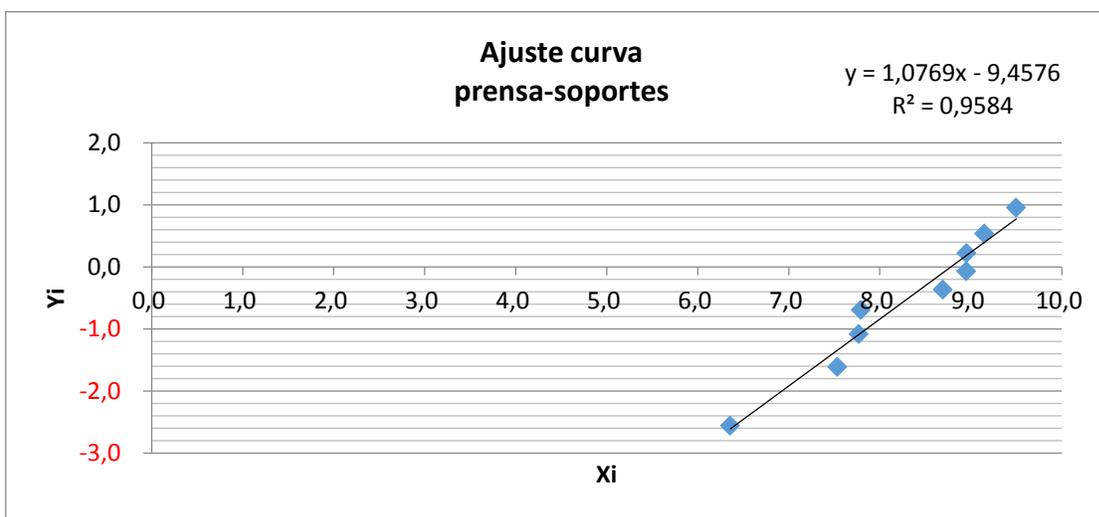


Figura N° 1.5.1 Gráfico de dispersión y recta ajustada prensa-soporte.

Luego de determinar la recta ajustada a los datos disponibles por medio del método de mínimos cuadrados, utilizando para ello, algún software dedicado (en este caso Excel), se obtiene los valores de pendiente e intercepto con Eje y (ordenadas) de dicha recta, la pendiente representa el parámetro de forma (β) de la distribución de Weibull y el valor de intercepción con Eje y en conjunto con la pendiente, es utilizado para el cálculo del parámetro de escala (θ), el cual es definido según Weibull, como la edad.

Anexo 1.5.2 Tabla de datos para tolva- cinta transportadora.

i	TBF	RM	$X_i[\ln(t-\sigma)]$	$Y_i[\ln\{\ln(t/(1-F(t-\sigma)))\}]$	PENDIENTE	INTERCEPTO (b)	r	r ²	Localizacion
1	677,75	0,07446809	6,5187785	-2,558940818	0,793404502	-7,052366665	0,9477099	0,885387	0
2	679,75	0,18085106	6,5217251	-1,611994375		Parametros			
3	1148,83333	0,28723404	7,0465022	-1,082929422		Parametro de localizacion (δ)	0		
4	2089,41667	0,39361702	7,6446402	-0,69266027		Parametro de forma (β)	0,7934045		
5	5228,08333	0,5	8,5618	-0,366512921		Parametro de escala (θ)	7249,8816		
6	8547	0,60638298	9,0533356	-0,070018179					
7	13190,1667	0,71276596	9,4872269	0,221107814					
8	14967,6667	0,81914894	9,6136476	0,536540994					
9	15738,1667	0,92553191	9,663844	0,954505028					

Mismo procedimiento que el anterior, y grafico con ajuste de curva para tolva-cinta transportadora

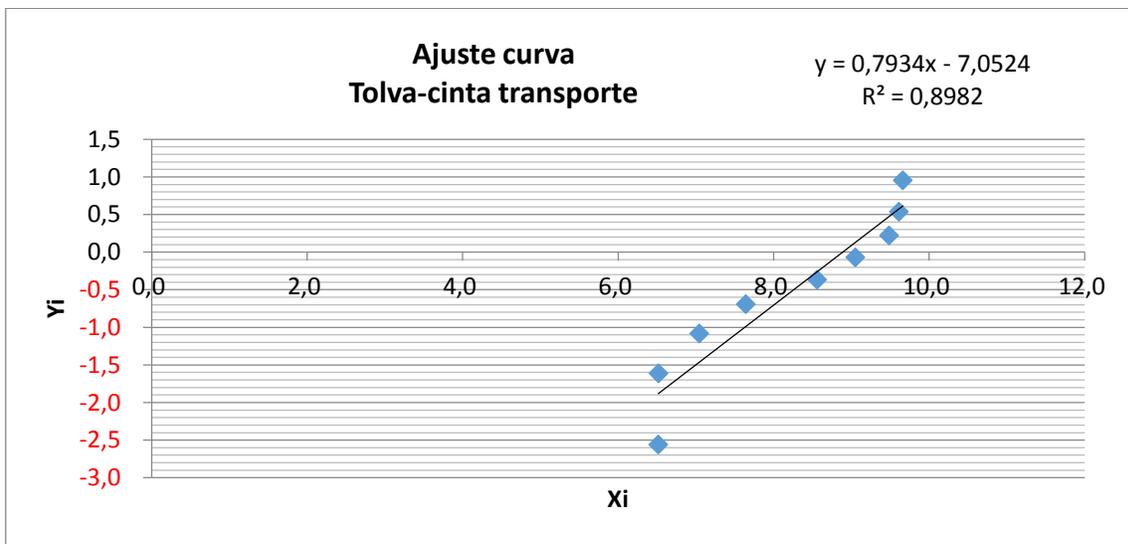


Figura N°1.5.2 Gráfico de dispersión y recta ajustada prensa-soporte.

Anexo 1.5.3 Tabla de datos para traspaso pre-ensamble - encoder.

i	TBF	RM	X[Ln(t-σ)]	Y[Ln[Ln(t/(1-F(t-σ)))]]	PENDIENTE	INTERCEPTO (b)	r	r ²	Localizacion
1	1920,5	0,09459459	7,5603408	-2,308880127	1,069628185	-9,987831533	0,9235631	0,85296874	0
2	1991,5	0,22972973	7,5966434	-1,343181902		parametros			
3	6103,33333	0,36486486	8,7165903	-0,789839834		Parametro de localizacion (δ)	0		
4	11846,75	0,5	9,3798088	-0,366512921		Parametro de forma (β)	1,0696282		
5	14576,75	0,63513514	9,5871831	0,00819456		Parametro de escala (θ)	11357,876		
6	14624,1667	0,77027027	9,5904307	0,385841654					
7	14878,6667	0,90540541	9,6076837	0,85787951					

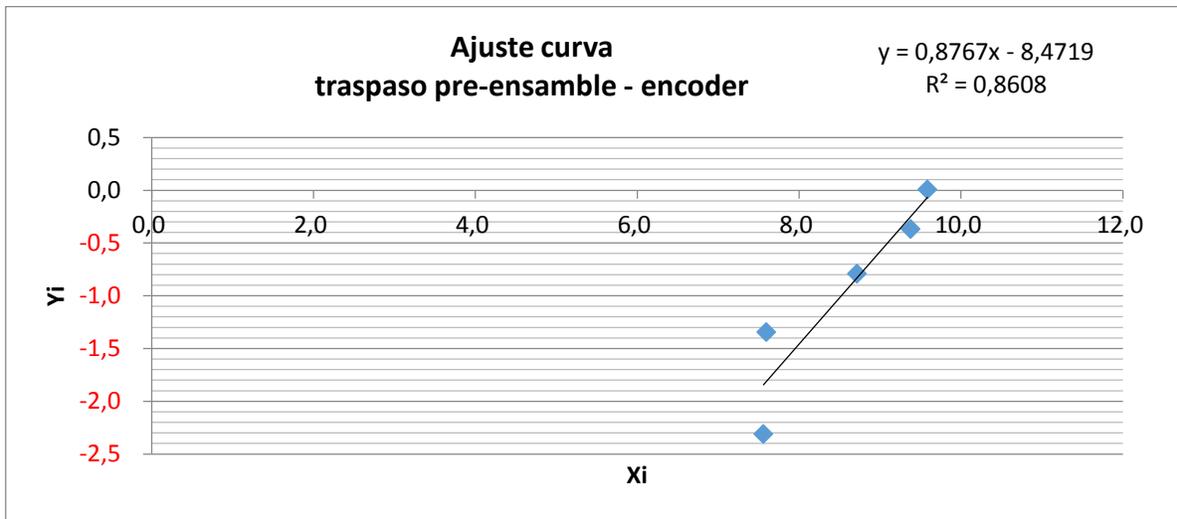


Figura 1.5.3 Gráfico de dispersión y recta ajustada traspaso pre-ensamble – encoder.

ANEXO N°2

A continuación se presentan las rutas de inspecciones preventivas, rutas de lubricación a los sistemas del análisis del proceso Finger Joint HS-180.

Anexo 2: En la siguiente tabla se observan las Inspecciones preventivas de la maquina.

NUMERO DE INSPECCION 001			
EQUIPO: FINGER HS-180			
Fecha	Ejecutor		
Instrucciones			
1.- Verificar el estado de los distintos elementos que componen la Finger hs-180.			
2.- Marcar B (bueno), o M (malo) dependiendo el estado del punto a revisar.			
3.- Anotar la observación y levantamiento de dicho componente para complementar información.			
4.- Anotar en el recuadro de observaciones, al final de la planilla, cualquier anomalía que no aparezca en esta inspección.			
5.- No olvidar de bloquear equipo antes de realizar esta intervención.			
Revisar y/o verificar los siguientes subconjuntos	Estado		Observaciones
	B	M	
Tolva N°1			
Estado de soportes			
Estado de rodillos			
Estado de sistema de transmisión			
Estado de cinta, medir espesor para evaluar desgaste (ver tensión, alineamiento)			
Estado estructural			
Tolva N°2			
Estado de soportes			
Estado de rodillos			
Estado de sistema de transmisión			
Estado de cinta, medir espesor para evaluar desgaste (ver tensión, alineamiento)			
Estado estructural			
Cinta Alimentación			
Estado de rodillos			
Estado de sistema de transmisión			
Estado de cinta, medir espesor para evaluar desgaste (ver tensión, alineamiento)			
Estado de rodillo tensor			
Estado estructural			
General Máquina			
Estado de cinta ángulo de transferencia (evaluar desgaste, alineamiento, tensión, etc.)			
Estado del piano cargador			
Estado de cadenillas, Sprocket, ejes, sistema de tensión			
Estado de rueda de carga			
Estado de la cinta perforada, rodamientos y rodillos			
Estado de cadena principal y guías de retorno			
Estado de cinta perforada, rodamientos, rodillos, sistema de tensión			
Estado de la correas de transmisión de la cinta perforada			
Estado de la lubricación cadena de perros			
Prensado			
Estado de guías laterales (evaluar posible desgaste, soldadura, etc.)			
Estado de freno avance blanks (Revisar cilindro neumático, conectores, válvula de accionamiento, etc.)			
Estado de guía boca sierra (evaluar desgaste guía y sistema neumático)			
Estado de las guías de aluminio (Revisar cuadratura, desgaste por corte de sierra, desgaste por roce)			
Estado de banderillas, (evaluar desgaste, soldadura, estructura,			

cilindro neumático, válvula de accionamiento, etc.)			
Estado de barra eyectora superior,(Revisar eje, cremallera, engranajes, cilindros neumáticos, soportes de chapa y estructura)			
Estado de barra eyectora Inferior,(Revisar eje, cremallera, engranajes, cilindros neumáticos, soportes de chapa y estructura)			
Estado de pateador de bronce (evaluar desgaste, soldadura, estructura)			
Estado de tuerca de tope cilindro (evaluar cuadratura de tope, juego de hilo tuerca.)			
Estado zapata de carga (evaluar desgaste de gomas, cilindros neumáticos, válvulas de accionamiento, etc.)			
Estado de guía lateral, (evaluar cilindros neumáticos, pernos de fijación, guías de bronce, gomas de amortiguación, conectores y válvula de accionamiento.			
Estado de sistema neumático (revisión de acumulador, tubin, conectores, block de Válvulas, etc.)			
Unidad Hidráulica			
Estado de cilindro hidráulico, conexiones, válvula de accionamiento.			
Nivel y estado de aceite unidad hidráulica			
Estado de filtro de aireación			
Estado block de válvulas			
Observaciones:			

Anexo 2.1: Inspección de lubricación general maquina Finger Joint HS-180.

EQUIPO		Descripción	Lubricante	Frecuencia Meses
TOLVA		Reductor	ISO 220	6
		Cadena transmisión	CHAIN LUBE	1
		Soportes	MOBILUX EP2	3
		Reductor	ISO 220	6
		Cadena transmisión	CHAIN LUBE	2
CINTA ALIMENTACIÓN		Soportes	MOBILUX EP2	3
		Reductor	ISO 220	6
		Cadena transmisión	CHAIN LUBE	1
ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA		Soportes	MOBILUX EP2	3
		Cardan de transmisión	MOBILUX EP2	1
		Ruedas de ceramica	6 en 1	1
		Reductor	ISO 220	6
CINTAS ANCHA 1 Y 2		Cadenas de transmisión	CHAIN LUBE	1
		Soportes	MOBILUX EP2	3
		Reductor	ISO 220	12
CINTA ANGULO TRANSFERENCIA		Reductor	ISO 220	6
MODULO 1		Lineales de ajuste	MOBILUX EP2	1
		Soportes de husillos	MOBILUX EP2	1
MODULO 2		Lineales de ajuste	MOBILUX EP2	1
		Soportes de husillos	MOBILUX EP2	1
PUENTE CARGADOR		Tuercas de Bronce	MOBILUX EP2	1
		Gatas de levante		
		Soportes	MOBILUX EP2	3
CONJUNTO CADENILLAS		Cadenillas	CHAIN LUBE	1
CADENA ENHEBRADORA LADO MOVIL	CADENA	Reductor	ISO 220	24
		Lineal tensor	MOBILUX EP2	1
		Tornillos de ajuste	MOBILUX EP2	1
	Rodillo Liso	Reductor	ISO 220	24
		Cardan de transmisión	MOBILUX EP2	1
CADENA ENHEBRADORA LADO FIJO	CADENA	Reductor	ISO 220	24
		Reductor	ISO 220	24
	Rodillo Liso	Cardan de transmisión	MOBILUX EP2	1
MOTOTAMBORES		Cremalleras de ajuste	MOBILUX EP2	1
		Mototambor superior		
		Mototambor inferior		
PRENSADO	Sistema de eyección	Cremalleras	MOBILUX EP2	1