

**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA**



**ESTUDIO DE CONFIABILIDAD DE LA LINEA PRINCIPAL
DE LA PLANTA HORCONES I, ASERRADEROS ARAUCO S.A.**

Informe de Habilitación Profesional
presentado en conformidad a los requisitos
para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico

Profesor Guía:
Sr. Osvaldo Amigo Riquelme

**MARCELO GONZÁLEZ CARRASCO
CONCEPCION – CHILE
2016**

Agradecimientos

Primero agradecer a Dios por darme la oportunidad de llegar hasta donde he llegado y por darme la familia que tengo. Agradezco a mis padres por todos los sacrificios que han hecho por nosotros sus hijos, ya que sin su apoyo incondicional, sus enseñanzas y sus valores nada de esto hubiese sido posible. A mi madre, una mujer admirable con una impresionante capacidad de amar y entregarse a cada uno de sus seres queridos, le agradezco por su amor, paciencia, entrega y comprensión. A mi padre, un hombre trabajador, responsable, sabio e inteligente, le agradezco su valentía, su espíritu de superación y sus energías, ya que a pesar de las adversidades de la vida, siempre junto a mi mamá, supieron hacerles frente y salir adelante, y así entregarnos las herramientas para ser las personas que somos hoy en día. Agradezco a mis hermanos Arturo, Luis y Carlos por estar siempre a mi lado, por su preocupación y apoyo en todo momento y porque este logro es también gracias a ellos. A mi polola Camila, ya que en esta última etapa ha pasado a formar parte de mis pilares, y sé que sin su apoyo, comprensión y amor el camino para lograr esto hubiese sido mucho más difícil. Esto es para ustedes seis, ya que sin ustedes nada de lo que hoy he logrado sería posible, los amo.

Profesionalmente, agradezco a los profesores que me han formado y entregado las herramientas para enfrentar de la mejor manera el mundo laboral, especialmente a mi profesor guía en esta habilitación profesional, Osvaldo Amigo. Por otro lado agradezco a los profesionales que me han guiado en el aserradero Horcones I, en especial a mi tutor y a los supervisores del área de mantención, ya que sin su tiempo y apoyo el desarrollo de este trabajo hubiese sido mucho más difícil. Además, agradezco las oportunidades que me han dado para desarrollarme personal y profesionalmente en el ámbito laboral y hacerme parte de su equipo de trabajo.

Sumario

El siguiente trabajo de Habilitación Profesional es un estudio realizado en la planta Horcones I, perteneciente a Aserraderos Arauco, donde se evalúa el historial de detenciones de la Línea Principal del aserradero. Este sistema es parte fundamental de la línea productiva de la planta, ya que una detención en uno de sus equipos, implica una interrupción de la producción, lo que se traduce en pérdidas. Por esta razón, es de suma importancia evaluar la confiabilidad entregada al sistema mediante el análisis de las detenciones históricas disponibles en la base de datos de la empresa y con ello estudiar las medidas para que las fallas dejen de ocurrir a partir de mejoras en los planes de mantención preventivos.

En primera instancia, se determina el periodo de estudio realizando un análisis del historial de detenciones y de los planes preventivos creados entre los años 2005-2014. A partir de esto, se seleccionan los años 2013-2014 como los ideales para realizar el estudio de confiabilidad, ya que sus datos entregan información actualizada y relevante para el estudio.

Luego se realiza un análisis de priorización para enfocar el estudio en los subsistemas y equipos críticos. Para hacer esta selección se utilizan los métodos de Pareto y Jack Knife, siendo este último una herramienta efectiva, ya que relaciona la cantidad con la duración de las detenciones en un solo diagrama. Este análisis arroja que son cuatro los subsistemas críticos, sin embargo, se puede observar que dos de ellos no son representativos, ya que sus fallas a pesar de ser críticas, sólo ocurrieron en momentos puntuales y no se volvieron a repetir en el tiempo. Posteriormente, al indagar en el análisis de los equipos de los dos subsistemas restantes, se aprecia que nuevamente las detenciones de uno de ellos no son representativas ni permiten realizar una evaluación certera. Por lo tanto, el estudio de confiabilidad se enfoca sólo en un subsistema que es la Sierra Múltiple Vislanda.

Una vez determinados los componentes críticos, se desarrolla un Análisis de Modos, Efectos y Causas de Falla, que permite determinar las acciones preventivas a efectuar para reducir las detenciones en el sistema.

Posteriormente se realiza el análisis de Weibull, el cual en base a los tiempos entre fallas de cada equipo, permite determinar las curvas de confiabilidad y probabilidad de falla. Con esta distribución se define la confiabilidad entregada por los planes preventivos al sistema, posibilitando modificaciones en las frecuencias de cada acción y, de ser necesario, la creación de nuevas acciones preventivas que permitan aumentar la disponibilidad del sistema en observación.

Tabla de Contenidos

Introducción	1
Planteamiento del Problema.....	2
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
CAPITULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	4
1.1 Historia	4
1.2 Misión.....	5
1.3 Visión.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Mantenimiento y Gestión de Activos	6
2.2 El proceso de mantención.....	8
2.2.1 Impacto económico de la mantención.....	8
2.2.2 Estrategias de Mantenimiento.....	8
2.3 Análisis de Falla	11
2.4 Selección de una estrategia de mantenimiento	12
2.5 Indicadores de eficiencia en mantenimiento	12
2.6 Métodos de Análisis de Fallas	14
2.6.1 Análisis de Pareto	14
2.6.2 Análisis de Jack Knife	15
2.7 Confiabilidad	17
2.8 Fases de la vida de la máquina	20
2.9 Distribución de Weibull.....	22
2.9.1 Métodos para calcular los parámetros de la distribución de Weibull	23
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	25
3.1 Descripción del proceso de aserrío	25
3.2 Diagrama general del aserradero	28
3.3 Esquemas de Corte	29
3.3.1 Secuencia de cortes	30
3.4 Medidas de desempeño en el aserradero	31
3.5 Descripción de la Línea Principal del aserradero	32
3.5.1 Subsistemas de la Línea Principal.....	33

3.5.2 Esquema de la Línea Principal.....	34
3.5.3 Secuencia de operación de la Línea Principal.....	35
CAPITULO IV: ESTUDIO DE CONFIABILIDAD	36
4.1 Selección del periodo de estudio	36
4.1.1 Número de detenciones registradas en el sistema por año.....	36
4.1.2 Número de planes preventivos creados por año	37
4.2 Selección de Subsistemas	38
4.2.1 Análisis de Pareto de la Línea Principal	38
4.2.2 Análisis de Jack Knife de la Línea Principal	42
4.2.3 Subsistemas seleccionados.....	43
4.3 Selección de equipos	45
4.3.1 Análisis de Jack Knife de la Sierra Huincha Twin	45
4.3.2 Análisis de Jack Knife del Chipper 1.....	47
4.3.3 Análisis de Jack Knife de la Sierra Múltiple Vislanda	48
4.3.4 Análisis de Jack Knife del Transportador de Rodillos Prensos Laterales	50
4.4 Selección de componentes.....	51
4.4.1 Análisis de Jack Knife de la Sierra Huincha.....	51
4.4.2 Análisis de Jack Knife del Astillador Canteador	53
4.4.3 Análisis de Jack Knife de la Sierra Circular	55
4.4.4 Análisis de Jack Knife de los Rodillos Prensos Laterales	57
4.5 Tipos de Mantenimiento	59
4.5.1 Mantenimiento Preventiva ZPP vs Mantenimiento Correctiva ZAM	60
4.6 Análisis de Modo, Efecto y Causa de Fallas	65
4.7 Análisis Weibull	66
4.7.1 Weibull de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda.....	67
4.8 Planes de Mantenimiento Preventivo	70
4.8.1 Planes preventivos de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda.....	70
CAPITULO V: CONCLUSIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXO N°1	74
ANEXO N°2	76
ANEXO N°3	78

Índice de Figuras

Figura 1. Funciones de un Sistema Productivo (Fuente: Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento, Adolfo Arata, Luciano Furlanetto)	7
Figura 2. Cuadrantes del Diagrama de Jack Knife (Fuente: Elaboración propia).....	16
Figura 3 Diagrama típico de la tasa de fallas de una población (Fuente: Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento, Adolfo Arata, Luciano Furlanetto)	21
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso productivo del aserradero (Fuente: Elaboración Propia)...	28
Figura 5. Tipos de esquemas de corte y nomenclatura de la madera (Fuente: Elaboración propia)..	29
Figura 6. Esquemas de corte por equipo (Fuente: Aserradero Horcones I)	30
Figura 7. Layout de la Línea Principal (Fuente: Elaboración propia).....	34

Índice de Tablas

Tabla 1. Pareto del número de detenciones de la Línea Principal.....	38
Tabla 2. Pareto de duración (en horas) de detenciones de la Línea Principal	40
Tabla 3. Análisis de Jack Knife de la Línea Principal.....	42
Tabla 4. Jack Knife de la Sierra Huincha Twin.....	45
Tabla 5. Jack Knife del Chipper 1	47
Tabla 6. Jack Knife de la Sierra Múltiple Vislanda.....	48
Tabla 7. Jack Knife del Transportador de Rodillos Prensos Laterales	50
Tabla 8. Jack Knife de la Sierra Huincha	51
Tabla 9. Jack Knife del Astillador Canteador	53
Tabla 10. Jack Knife de la Sierra Circular	55
Tabla 11. Jack Knife de los Rodillos Prensos Laterales.....	57
Tabla 12. Cantidad de mantenencias preventivas vs mantenencias correctivas de la Sierra Múltiple Vislanda	60
Tabla 13. Costos de mantenencias preventivas vs mantenencias correctivas de la Sierra Múltiple Vislanda ..	61
Tabla 14. Cantidad de mantenencias preventivas vs mantenencias correctivas de la Sierra Circular	62
Tabla 15. Costos de mantenencias preventivas vs mantenencias correctivas de la Sierra Circular	63
Tabla 16. Análisis MAFEC Sierra Múltiple Vislanda.....	65
Tabla 17. Tiempos entre fallas TBF.....	67
Tabla 18. Método de los Mínimos Cuadrados y Rango de Mediana	68
Tabla 19. Parámetros de Weibull de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda.....	68
Tabla 20. Planes preventivos de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda	70
Tabla 21. Detenciones asociadas al componente crítico al que se le aplicó el Estudio de Confiabilidad utilizando los Tiempos entre fallas.....	75
Tabla 22. Detalle de los planes preventivos de la Sierra Múltiple Vislanda.	77

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Número de detenciones registradas en el sistema por año.....	36
Gráfico 2. Número de planes preventivos creados por año.....	37
Gráfico 3. Pareto del número de detenciones de la Línea Principal	39
Gráfico 4. Pareto de duración (en horas) de detenciones de la Línea Principal.....	41
Gráfico 5. Análisis de Jack Knife de la Línea Principal	43
Gráfico 6. Jack Knife de la Sierra Huincha Twin	46
Gráfico 7. Jack Knife del Chipper 1	47
Gráfico 8. Jack Knife de la Sierra Múltiple Vislanda	49
Gráfico 9. Jack Knife del Transportador de Rodillos Prensaes Laterales	50
Gráfico 10. Jack Knife de la Sierra Huincha.....	52
Gráfico 11. Jack Knife del Astillador Canteador	53
Gráfico 12. Jack Knife de la Sierra Circular	55
Gráfico 13. Jack Knife de los Rodillos Prensaes Laterales	57
Gráfico 14. Mantenciones preventivas vs mantenciones correctivas de la Sierra Múltiple Vislanda	60
Gráfico 15. Costos de mantenciones preventivas vs mantenciones correctivas de la Sierra Múltiple Vislanda.....	61
Gráfico 16. Mantenciones preventivas vs mantenciones correctivas de la Sierra Circular	62
Gráfico 17. Costos de mantenciones preventivas vs mantenciones correctivas de la Sierra Circular	63
Gráfico 18. Curva de Confiabilidad de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda	69

Introducción

Este estudio de confiabilidad es realizado en el Área de Mantenimiento de la Planta Horcones I, perteneciente a Aserraderos Arauco S.A. El objetivo de esta área es maximizar la disponibilidad de los equipos al mínimo costo global, asegurando la mejora permanente orientada a eliminar los puntos críticos de las instalaciones y conservarlas durante toda su vida útil, garantizando la competitividad de la empresa en el mercado. Por esta razón, es de suma importancia evaluar la confiabilidad entregada al sistema mediante el análisis de las detenciones históricas disponibles en la base de datos de la empresa, junto con las medidas tomadas para que las fallas dejen de ocurrir.

La confiabilidad es un concepto directamente relacionado con la disponibilidad, y se define como la capacidad de un producto, proceso o sistema de realizar una función prevista sin incidentes por un periodo de tiempo específico y bajo condiciones indicadas. Una mayor confiabilidad y disponibilidad de equipos, permite optimizar los costos, mejorar la seguridad y cuidado del medio ambiente, asegurar la calidad de los productos, cumplir con los plazos, satisfacción del cliente y una mayor vida útil de los equipos.

El aserradero en su constante búsqueda de mejora continua apunta a aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de su línea productiva e intentar dar un estándar de funcionamiento a sus sistemas. Por esta razón es que un estudio de la confiabilidad de los equipos de la planta se hace indispensable a la hora de confeccionar o modificar los planes de mantenimiento.

El estudio es realizado en la Línea Principal del aserradero, sistema compuesto por diferentes subsistemas y equipos que se encargan de aserrar los rollizos realizando diferentes cortes que dependen de las dimensiones y geometría del trozo. Este sistema es fundamental, ya que una falla en sus funciones detiene la producción completa del aserradero, acarreando pérdidas que rondan los 3500 USD la hora. Bajo estos parámetros es que se desarrolla el siguiente estudio de confiabilidad de la Línea Principal del aserradero, mediante modelos estadísticos y estudios del historial de fallas, evaluando posibles mejoras y/o la creación de nuevas acciones preventivas de mantenimiento.

Planteamiento del Problema

La Línea Principal es parte fundamental en la producción del Aserradero Horcones I, por lo que una falla en uno de sus equipos, produce la detención del proceso de aserrío. Debido a esto, es que el Área de Mantenimiento de la planta busca, a partir del estudio del índice de confiabilidad de estos equipos, evaluar oportunidades de mejora en los planes y procedimientos de mantenimiento.

Los factores que se pueden mejorar debido al aumento en la confiabilidad del aserradero son los siguientes:

- Disponibilidad del aserradero: El año 2014 arrojó una disponibilidad promedio de un 93.4%, indicador que el Área de Mantenimiento en conjunto con el de Operaciones, buscan se eleve sobre el 96%.
- Tiempo promedio para reparar: Un aumento de la confiabilidad implica una disminución de fallas imprevistas y, por lo tanto, un menor tiempo de reparación promedio, que se traduce en menos pérdidas de producción.
- Mantenimiento preventivo: A pesar de que las mantenciones preventivas representan un 85% de las mantenciones de la Línea Principal, sus costos asociados llegan a un 62%, es decir, los costos asociados a cada mantención correctiva, en promedio, son mayores que los de las preventivas. Por lo tanto, es necesario aumentar el porcentaje de las mantenciones preventivas o, en su defecto, mejorarlas.
- Costos de mantenimiento del aserradero: Para el 2014 el presupuesto era de 918 millones de pesos y el gasto real fue de 1308 millones de pesos, lo que indica un exceso en un 29.8% en los gastos asociados al Área de Mantenimiento.

Objetivo General

Realizar un estudio de la confiabilidad de los equipos de la Línea Principal del Aserradero Horcones I y establecer frecuencias de mantención aceptables para aumentar su disponibilidad.

Objetivos Específicos

- Realizar una descripción general del proceso productivo del aserradero.
- Estudiar y describir las funciones de la Línea Principal y de cada uno de sus componentes.
- Seleccionar el periodo en que se va a realizar el estudio mediante el análisis del historial de detenciones y de los planes preventivos asociados al sistema.
- Clasificar los equipos con los que se va a trabajar en base a un análisis de las fallas y mantenciones realizadas. Esto mediante métodos de análisis de base de datos, como el diagrama de Pareto o el de Jack Knife.
- Comparar la cantidad y costos asociados a las mantenciones preventivas y correctivas.
- Realizar un Análisis de Modo, Efecto y Causa de Fallas MAFEC.
- Hacer un análisis estadístico de las fallas mediante el método de Weibull para obtener la curva de confiabilidad de los equipos seleccionados.
- Estudiar las frecuencias de los planes preventivos y, en base a la confiabilidad que se desee brindar por parte de la empresa, recomendar nuevos ciclos de mantención.

CAPITULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.1 Historia

Aserradero Horcones I nace en septiembre del año 1996, bajo la administración de Nahuelco Ltda con el Sr. José Miguel Barudy como Gerente General. Dos años más tarde, en julio del año 1998 cambia su administración a Agesa Ltda tomando el cargo de Gerente General Don Juan Pablo Pacheco.

En estos años se ha transformado en una planta reconocida a nivel mundial, produciendo madera aserrada verde y seca y madera cepillada bajo diferentes especificaciones y grados que comercializan principalmente en el mercado internacional, utilizando tecnología de punta y personal altamente calificado.

Su misión se traduce en transformar en forma eficiente en el largo plazo, los rollizos en productos finales, dar a nuestros proveedores un tratamiento adecuado y entregar a los clientes productos de calidad, bajo los estándares nacionales e internacionales como ISO 14001. Con una fuerza laboral joven y calificada, Horcones I enfrenta a diario nuevos desafíos que son enfrentados en un ambiente interno de cooperación, respeto y fuerte trabajo en equipo basado en sólidos valores humanos de confianza, optimismo, alegría y buen humor.

Para Aserradero Horcones es principal preocupación potenciar las capacidades del personal en programas de especialización y entrenamiento, beneficiando tanto a los trabajadores como a sus familias y comunidad. Estos programas están orientados a lograr la excelencia operacional bajo una visión integral de negocio, seguridad y medio ambiente con una clara política de acercamiento. El ambiente en el cual se desarrollan las actividades funciona basándose en el conocimiento del personal y su entorno familiar, lo que juega un rol fundamental para consolidar el trabajo en equipo y el logro de los objetivos. Con la mirada en el futuro, tras cumplir con responsabilidad cada meta, avanza hacia nuevos desafíos. El compromiso y la naturaleza de su gente crean un ambiente único, especial y diferente.

1.2 Misión

Entregar el mejor servicio de administración y gestión de Aserraderos para la obtención de maderas elaboradas de alta calidad, garantizando el máximo de retorno. Esto a través de la optimización de recursos, una correcta relación con proveedores y clientes y un compromiso con el desarrollo, bienestar y seguridad de nuestros trabajadores, como también de la sociedad en la que estamos insertos.

1.3 Visión

Ser reconocida como una empresa líder en la Administración y Gestión de Aserraderos.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Mantenimiento y Gestión de Activos

En la actualidad las empresas deben poseer una visión y un enfoque global que relacione todas las actividades en el ámbito de la producción, ya que ninguna actividad es independiente de las otras, sino que todas apuntan a un mismo objetivo que es lograr los estándares requeridos de productividad y calidad en los sistemas productivos.

Las siguientes funciones están relacionadas directamente a los Sistemas de Producción:

- **Gestión de la Producción**
- **Gestión de Calidad**
- **Gestión de Recursos Humanos**
- **Gestión del Medio Ambiente**
- **Gestión de Activos:** La gestión de activos es la rama de la actividad empresarial que involucra los procesos de inversión y renovación de equipos industriales, su operación, mantenimiento y el manejo de los materiales y recursos asociados. Actualmente, la gestión de activos está enfocada a la optimización de la inversión y los costos de operación del equipamiento industrial, modelo denominado Life Cycle Cost (LCC), que consiste en el análisis de todos los costos generados por máquinas industriales, desde la adquisición hasta el fin de su vida útil.

Las decisiones involucradas en la gestión de activos son factores determinantes de la producción, la calidad, los residuos industriales, la seguridad y los requerimientos de recursos humanos para la operación de instalaciones industriales; siendo considerada frecuentemente como la función integradora de todas las actividades asociadas a la producción.

- **Mantenimiento basado en disponibilidad:** Si bien el mantenimiento industrial forma parte de la gestión de activos, es considerado de manera separada como forma de reconocer su creciente importancia y alcance en el ámbito de la producción. El mantenimiento moderno está orientado a la maximización de la disponibilidad de los equipos al mínimo costo global. Este enfoque denominado Mantenimiento Basado en Disponibilidad, es transversal a todas las etapas de la gestión de activos, permitiendo básicamente:
 - ✓ La detección de cuellos de botella en la producción y la evaluación de proyectos de inversión en mejoras.

- ✓ La identificación de los diversos modos de fallas y sus efectos en la producción y la seguridad de las personas.
- ✓ La definición de políticas de mantención de excelencia y coherente a cada modo de falla.
- ✓ El control de parámetros que determinan el rendimiento de los activos industriales como forma de prevenir y predecir eventos de falla.
- ✓ La minimización del número de fallas en los equipos mediante la participación del personal de operaciones en las actividades de mantenimiento primario.
- ✓ La prolongación de la vida útil de los equipos.

La Figura 1 resume lo expuesto en este apartado, ilustrando las distintas funciones asociadas a la producción, sus enfoques más importantes y los resultados de su actividad.

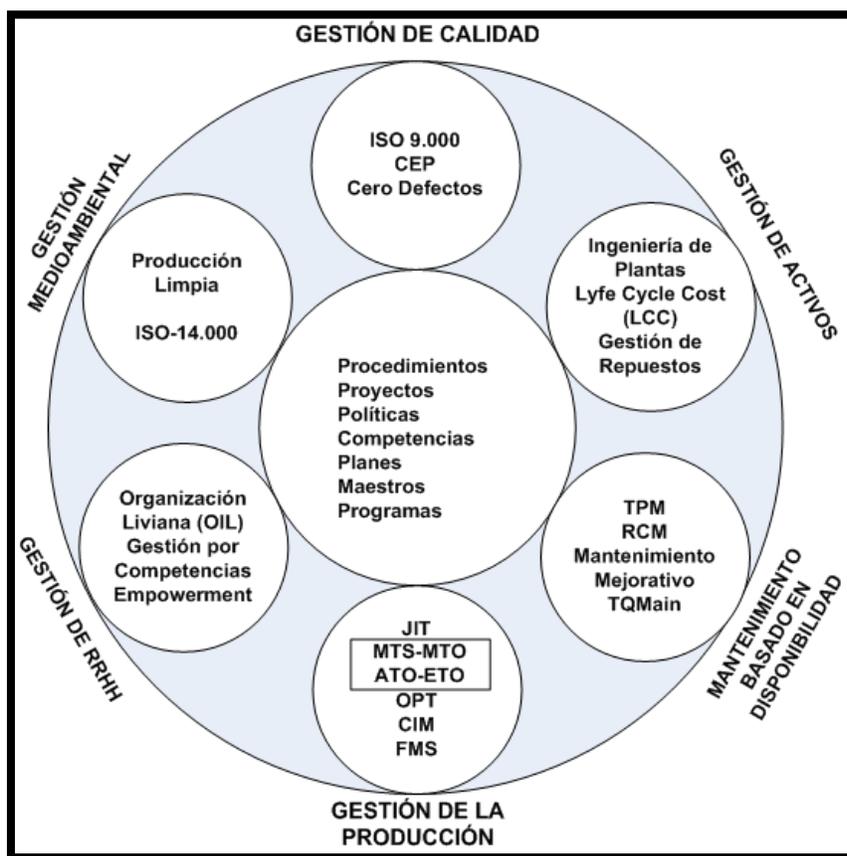


Figura 1. Funciones de un Sistema Productivo (Fuente: Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento, Adolfo Arata, Luciano Furlanetto)

2.2 El proceso de mantención

El fin de la mantención es conservar y valorizar los bienes que constituyen el patrimonio fijo de una empresa, es decir, maquinarias e instalaciones durante toda su vida útil, garantizando su capacidad de producir bienes y servicios según las condiciones establecidas. La mantención debe asegurar, además, el mejoramiento permanente orientado a eliminar los puntos críticos de las maquinarias e instalaciones y a reducir los costos de mantención, respetando la seguridad de las personas y la protección del medio ambiente. Finalmente, se debe considerar como puntos de referencia estratégicos de la mantención, el actuar en sintonía con los objetivos de la empresa y prestar la máxima atención a los aspectos económicos.

2.2.1 Impacto económico de la mantención

El impacto económico de la mantención sobre la economía de las empresas industriales es decisivo, no se trata sólo de la incidencia de los costos propios de mantención, sino de los aspectos de funcionalidad de máquinas e instalaciones, donde la indisponibilidad repentina por averías, acarrea pérdidas desastrosas e irrecuperables. Este impacto económico tenderá a disminuir a medida que aumente la confiabilidad de los sistemas.

2.2.2 Estrategias de Mantenimiento

Las estrategias de mantenimiento de activos industriales se pueden clasificar en tres categorías:

- Correctiva
- Preventiva
 - ✓ Cíclica
 - ✓ Según condición
 - ✓ Predictiva
- Mejorativa.

- **Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo consiste en una estrategia de “reparar lo dañado”. Usualmente tiene asociado bajos niveles de planificación del mantenimiento y excesivos niveles de inventarios de repuestos y mano de obra como forma de resguardar la continuidad de los procesos productivos. El uso exclusivo de esta estrategia de mantenimiento generalmente es insuficiente y puede representar

costos extremadamente significativos si los tiempos medios de reparación se dilatan producto de la propagación de fallas o escasez de repuestos. El mantenimiento correctivo es generalmente deficiente en cuanto a la seguridad de los operadores, comparada con otras estrategias que utilizan herramientas preventivas y predictivas de fallas.

- **Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento surge como respuesta para superar las insuficiencias propias del mantenimiento correctivo. Su objetivo es reducir la probabilidad de ocurrencia de falla, evitando detenciones repentinas en la producción. Esta estrategia posee una gama de herramientas para la definición de tareas de mantenimiento y reemplazo de equipos basadas en el tiempo de operación o la etapa en el ciclo de vida en que se encuentra. Las técnicas de mantenimiento preventivo se enmarcan dentro del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), siendo las más conocidas el Análisis de Modo de falla, Efecto y Criticidad de Falla (MAFEC) y otras basadas en Life Cycle Cost (LCC).

Las ventajas del mantenimiento preventivo sobre el correctivo son las siguientes:

- ✓ Permite planificar las actividades de mantenimiento y, por lo tanto, determinar los requerimientos de recursos humanos y materiales.
- ✓ Puede reducir los costos de falla puesto que se enfoca en evitar la ocurrencia de estos eventos.
- ✓ Minimiza el tiempo de reparación de los equipos al desarrollarse las tareas de mantenimiento de manera planificada.
- ✓ La seguridad de los operadores aumenta debido a la reducción de los eventos de falla.

Estos antecedentes no implican necesariamente que una estrategia de mantenimiento preventivo deba reemplazar completamente a una correctiva. La clave es determinar la criticidad de cada modo de falla considerando su efecto en la producción y la seguridad de las personas. Como regla general, las fallas críticas son tratadas de manera distinta a las que no lo son, ya que las críticas son candidatas a modelos de mantenimiento predictivo o preventivo, y las de menor impacto a procedimiento correctivos de reparación.

✓ **Mantenimiento cíclico**

El mantenimiento cíclico es una forma básica de realizar mantenimiento preventivo, ya que las intervenciones se ejecutan de manera establecida según fecha o edad (horas de operación), siendo esta última una forma evolucionada en comparación a la primera. Más allá de las intervenciones de carácter rutinario, esta forma de mantención tiene sentido durante la fase de desgaste del equipo, ya que para el resto de las etapas, es necesario diagnosticar para decidir la conveniencia de intervenir, en cuyo caso se estaría en presencia de una mantención preventiva según condición o del tipo predictiva.

✓ **Mantenimiento según condición y predictivo**

El Mantenimiento Basado en Condición (CBM) consiste en el control de los activos industriales a través del monitoreo de parámetros representativos del rendimiento o condición de un equipo. Esta estrategia supone la definición de un rango aceptable de operación para cada parámetro observado y el monitoreo de su valor instantáneo o periódico según sea necesario. El mantenimiento se realiza cuando una variable de control presenta valores que exceden los límites aceptables de operación y no necesariamente en respuesta a una detención o falla verificada en el equipo. Un aspecto importante es que se pueden definir distintos estados de rendimiento dentro del rango aceptable de operación, lo que permite realizar un seguimiento y predecir la condición futura del equipo. En este caso, se está en presencia del Mantenimiento Predictivo, ya que a diferencia del CBM en que la interferencia se realiza cuando se alcanza un valor crítico establecido, en el predictivo a través del comportamiento de una variable en el tiempo, es posible modelar y predecir la condición futura y así decidir el tiempo para la intervención. Esta estrategia es aplicable a modos de falla críticos cuyo costo de falla justifica una inversión efectiva en equipamiento y personal para el control de los procesos productivos por sobre estrategias de mantenimiento del tipo preventivo.

- **Mantenimiento mejorativo**

Esta estrategia de mantenimiento se basa en la modificación genética de equipos y de plantas industriales como respuesta a niveles de disponibilidad no convenientes para cumplir de mejor manera con los planes de producción, incluso cuando se desarrollan políticas de mantenimiento optimizadas. El problema de la no disponibilidad amerita generalmente la evaluación de proyectos de inversión que involucren reemplazo de equipos o redundancia en los procesos productivos. Una alternativa que no involucra realizar inversiones de capital es la reconfiguración del diagrama de flujo de planta para aumentar la disponibilidad de los subsistemas críticos que limitan la capacidad de producción bajo el criterio de la reducción de los costos globales durante todo el ciclo de vida.

2.3 Análisis de Falla

Antes de elegir una estrategia de mantención para un equipo es necesario conocer y estudiar los tipos de fenómenos que producen su degradación, fallas o detenciones. Para realizar este estudio se utiliza el Análisis de modos de falla, efectos y criticidad MAFEC. Este análisis permite identificar las posibles maneras en que un componente puede fallar (modo de falla) y comprueba sus causas y efectos. El análisis debe identificar:

- Equipo y sus componentes
- Descripción de las funciones
- Modo de falla
- Causas de falla
- Consecuencias o daños de la falla
- Criticidad de las consecuencias
- Formas de detección
- Medidas contra la falla

2.4 Selección de una estrategia de mantenimiento

La selección de una buena estrategia de mantenimiento supone la selección previa de las fallas significativas para el sistema productivo y la seguridad de las personas. Para poder encontrar la mezcla de políticas de mantención que definan la estrategia conveniente, es necesario conocer el grado de criticidad de los equipos que componen un sistema, entendido como el resultado de la frecuencia de fallas y el impacto generado por los mismos, es decir, se requiere conocer el comportamiento de la tasa de falla, de manera de identificar en qué fase de ciclo de vida se encuentra el equipo, como también los costos globales asociados a la ejecución de la mantención, a la falta del servicio generado por la falla y a las inspecciones para diagnosticar el estado de los equipos. El conocimiento de este último costo es fundamental para justificar la conveniencia de realizar una mantención preventiva del tipo según condición o predictiva durante el periodo de tasa de falla constante.

Una herramienta común para la jerarquización de los modos de falla es MAFEC, la cual proporciona una visión del tipo de fallas que con mayor probabilidad experimentará un elemento o sistema. Así, se analiza cualitativamente cada elemento de la lista de componentes, identificando los críticos desde el punto de vista de su falla, considerando especialmente las consecuencias para el sistema productivo. MAFEC es un análisis exhaustivo que tiene un gran impacto en el diseño general y en las decisiones sobre confiabilidad y mantenibilidad en particular.

2.5 Indicadores de eficiencia en mantenimiento

Estos indicadores permiten ver lo que está pasando en un determinado escenario o sistema, como lo es la Línea Principal del aserradero, y analizar posibles mejoras o detectar irregularidades.

- **Tiempo entre fallas TBF**

Es el tiempo que transcurre entre dos fallas consecutivas y es aplicado en el análisis Weibull para obtener la curva de confiabilidad para ciertos subsistemas o equipos.

- **Tiempo para reparar TTR**

Es el tiempo que se demora la reparación de una falla y se utiliza para calcular la disponibilidad.

- **Disponibilidad**

Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que un equipo está disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad (el tiempo medio entre fallas MTBF y el tiempo medio para reparar MTTR) es posible evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad.

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

- **Confiabilidad**

Es la capacidad de un equipo de realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se puede definir como la probabilidad en que un equipo realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo y bajo condiciones especificadas.

- **Tiempo promedio entre fallas MTBF**

Es la media del tiempo de detención por falla de un equipo.

$$MTBF = \frac{TF}{NF}$$

Donde,

TF: Tiempo de funcionamiento (horas del período menos horas por imprevistos internos menos horas por mantención programada menos horas operacionales).

NF: Número de fallas del equipo por imprevistos internos.

- **Tiempo promedio de reparación MTTR**

Es el tiempo medio que se demora en ser reparada la falla, y que puede ser calculando tomando el tiempo total de detenciones imprevistas y dividiendo por el número de eventos asociados.

$$MTTR = \frac{TD}{NF}$$

Donde,

TD: Tiempo total de detenciones no programadas provocadas por imprevistos internos.

2.6 Métodos de Análisis de Fallas

2.6.1 Análisis de Pareto

El principio de Pareto, realizado por Vilefredo Pareto en el siglo XIX, estableció que el 80% de las riquezas en Milán pertenecían al 20% de las personas. Esta lógica de que los pocos poseen mucho y que los muchos tienen poco, ha sido aplicada en variadas situaciones y es conocida como el Principio de Pareto.

Como una forma de solventar y priorizar la común escasez de recursos del equipo de mantención, se utiliza el análisis de Pareto. Para realizarlo, se debe tener la cantidad y la duración de las detenciones asociadas a cada modo de falla o equipo. Estos se deben ordenar de mayor a menor y determinar el porcentaje acumulado que tiene cada uno de los factores en total. El diagrama de Pareto obtenido permite identificar los equipos y detenciones influyentes, y así, priorizar y concentrar los esfuerzos en ellos.

2.6.2 Análisis de Jack Knife

El método de Jack Knife es una técnica de priorización, basada en los métodos de dispersión logarítmica, el cual utiliza como base las variables involucradas, en este caso, el tiempo promedio de reparación (MTTR) y el número de fallas asociadas al equipo. Este método se utiliza principalmente para la clasificación de problemas que causan los tiempos de detención y para seccionar los equipos de acuerdo a sus fallas. Como muestra la Figura 2, el diagrama de Jack Knife se divide en 4 cuadrantes:

- Cuadrante superior izquierdo: corresponde a las fallas agudas (falla con baja frecuencia, pero con alto tiempo de reparación).
- Cuadrante inferior izquierdo: corresponde a una falla leve (falla con baja frecuencia y con bajo tiempo de reparación).
- Cuadrante superior derecho: corresponde a una falla crítica (falla con alto tiempo de reparación y alta frecuencia).
- Cuadrante inferior derecho: corresponden a las fallas crónicas (falla con bajo tiempo de reparación, pero alta frecuencia).

Los cuadrantes se obtienen mediante la inserción de dos límites; Límite MTTR y Límite de Detenciones. Estos límites pueden ser establecidos mediante criterios del área de mantenimiento o a través de cálculos dependientes de magnitudes relativas. La manera común para determinar los límites es la siguiente:

- **Límite MTTR**

$$\text{Límite MTTR} = \frac{D}{N}$$

Donde:

D: suma de los tiempos de detenciones

N: número de detenciones totales

- **Límite de detenciones**

$$\text{Límite } n = \frac{N}{Q}$$

Donde:

Q: número de los distintos códigos de las fallas.

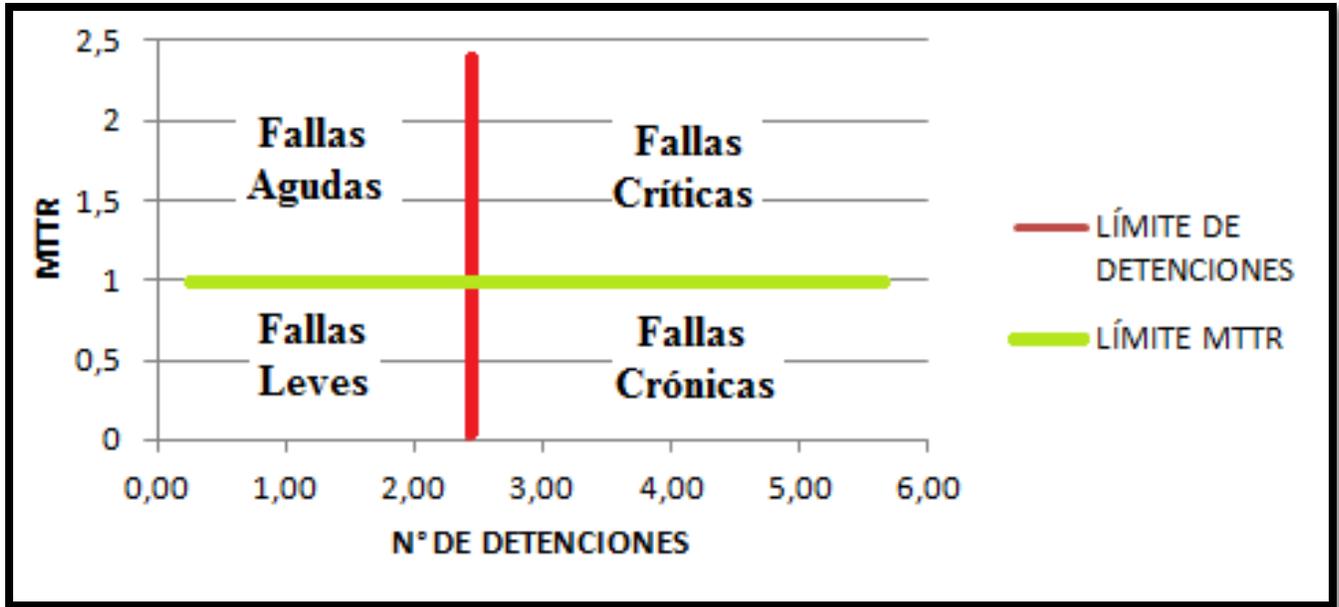


Figura 2. Diagrama de Jack Knife (Fuente: Elaboración propia)

2.7 Confiabilidad

El concepto de confiabilidad se inició durante los años 50 y aparece actualmente a la vanguardia de las herramientas de optimización en el Área de Mantenimiento. Se define confiabilidad como la capacidad o probabilidad de un producto, proceso o sistema para realizar una función en un ambiente especificado de diseño por un determinado periodo de tiempo o eventos.

- **Confiabilidad de equipos**

Mediante aproximaciones estadísticas y modelos como el de Weibull o Exponencial, ampliamente aceptados por su capacidad de simular las distintas condiciones de tasa de falla normalmente establecidas en el diagrama de la bañera, es posible encontrar un desarrollo válido de análisis de confiabilidad de equipos y componentes al integrar los datos de falla. Este desarrollo, utilizando el análisis agregado y tabulado de tiempos en que se produce cada desperfecto, permite a partir del modelo estadístico calcular importantes parámetros que identifican las causas de fallas. El análisis puede ser desarrollado para cada componente del equipo, y así, obtener los mejores tiempos de planificación de mantenimiento y, de esta manera, un plan integrado para el equipo.

- **Confiabilidad de sistemas**

Para sistemas con múltiples equipos en línea, requerimientos especiales de producción conjunta de equipos y con equipos stand-by, es posible integrarlos en modelos matemáticos para evaluar, por ejemplo, el impacto individual de cada equipo en el resultado global de disponibilidad esperada o producción. En un análisis de este tipo, idealmente realizado durante la etapa de ingeniería básica, se puede identificar la cantidad necesaria de equipos stand-by o disponibilidades esperadas de bloques y plantas. Además, permite calcular para cada equipo el impacto en el valor final de la disponibilidad o producción.

Para evaluar la confiabilidad de una máquina se pueden usar tres enfoques distintos:

- ✓ Utilizar la información recolectada durante un largo periodo de tiempo en máquinas iguales en las mismas condiciones de funcionamiento. Los datos se pueden utilizar sin necesidad de someterlos a procesamientos estadísticos especiales.
- ✓ Utilizar la información proveniente de pocas máquinas durante un breve período de tiempo. Los datos pueden entregar una estimación del comportamiento dotada de cierto grado de confiabilidad, es decir, con una cierta probabilidad de ser verdadera. Los valores de

confiabilidad deben ser procesados estadísticamente de modo que se pueda realizar el paso de las mediciones correspondientes a un número relativamente pequeño de muestras a las propiedades de la población en su totalidad.

- ✓ Utilizar (si existe) el conocimiento acerca de la confiabilidad de los componentes para realizar pronósticos acerca de la confiabilidad de la máquina en su conjunto (los datos de confiabilidad de los componentes suelen ser más abundantes y más fáciles de obtener en aquellos sectores como la electrónica, donde se ha alcanzado un alto nivel de estandarización).

Considerando como variable aleatoria el “tiempo de falla de un elemento”, es decir, el tiempo transcurrido entre el instante inicial del período al que se refiere la evaluación de confiabilidad y el instante en que el elemento deja de funcionar. Se define como densidad de probabilidad de falla aquella función $f(t)$, tal que la probabilidad infinitesimal de que el elemento se estropee en el tiempo t o en un intervalo infinitesimal de él sea precisamente $f(t)dt$.

Dado que inevitablemente el elemento acabará por estropearse en el tiempo, el área bajo la curva de la función $f(t)$ será igual a uno si se sitúa el límite temporal superior en el infinito:

$$\int_0^{\infty} f(t)dt = 1$$

Estando el elemento en buenas condiciones en el instante inicial, la probabilidad de que se estropee en el tiempo t está dada por:

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt$$

La confiabilidad, es decir, la probabilidad de supervivencia (entendida como funcionamiento correcto) al tiempo t estará dada por:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = 1 - F(t)$$

De esta manera, si se conoce la función $f(t)$, es posible evaluar la confiabilidad del componente. Por otro lado, se define como Tasa de Fallas aquella función $\lambda(t)$ tal que el producto $\lambda(t)dt$ represente la probabilidad de que el elemento se estropee en el intervalo de tiempo comprendido entre t y $t+dt$, suponiendo que en el instante t esté funcionando correctamente. La tasa de falla tiene dimensiones de tiempo inverso, y se la puede interpretar como “cantidad de fallas por unidad de tiempo”, es decir, como una medida de la rapidez de ocurrencia de la falla.

La diferencia entre las dos funciones $f(t)$ y $\lambda(t)$ está en el hecho que mientras $f(t)dt$ representa la fracción de una población que se estropea en un intervalo $t, t+dt$ referida a una población sana en el tiempo $t=0$, $\lambda(t)dt$ representa la fracción de una población que se estropea en el mismo intervalo de tiempo, pero referida a una población sana en el tiempo t , que será necesariamente inferior, o en el mejor de los casos igual, a la población original en el tiempo $t=0$.

Si designamos con $NC(0)$ la cantidad inicial de elementos sanos, después de un período de funcionamiento t la cantidad de componentes $NC(t)$ que aún funcionan será tanto menor haya sido su confiabilidad $R(t)$, en conformidad con la expresión:

$$NC(t) = NC(0) * R(t) = NC(0) - NC(0) * F(t)$$

De donde:

$$R(t) = \frac{NC(t)}{NC(0)}$$

Paralelamente, se cumple la relación:

$$\lambda(t) = \frac{f(t) * NC(0)}{NC(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Que vincula la tasa de falla, la probabilidad de falla y la confiabilidad. La función tasa de falla representa, por lo tanto, la función de densidad de probabilidad de que una máquina que ha sobrevivido hasta el tiempo t , falle en el siguiente intervalo dt .

Recordando que:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{-dR(t)}{d(t)}$$

Se tiene:

$$dR(t) = -R(t)\lambda(t)dt$$

De donde:

$$\ln R(t) - \ln R(0) = - \int_0^t \lambda(t)dt$$

Dado que la confiabilidad es unitaria para $t=0$, $\ln R(0)=0$, de manera que se cumplen las siguientes expresiones de carácter general:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$$

$$f(t) = \lambda(t) * R(t) = \lambda(t) * e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$$

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$$

Las tres últimas expresiones vinculan las cuatro funciones $f(t)$, $F(t)$, $\lambda(t)$ y $R(t)$, y pueden a su vez especificarse en función de las distribuciones estadísticas que adopten, las que serán distintas en varias etapas de la vida del componente.

2.8 Fases de la vida de la máquina

Para muchas clases de componentes, la evolución en el tiempo de la tasa de fallas se asemeja a aquella que se muestra en la Figura 3. En el tiempo $t=0$, se ponen en funcionamiento por primera vez varios componentes de un cierto tipo, todos ellos funcionando correctamente. Si dentro de la población se encuentran elementos débiles en comparación a lo normal, la curva presentará una elevada tasa de fallas inicial. Al cabo de un periodo inicial de rodaje, en que se detecta y reemplaza las piezas débiles, la tasa de fallas siguen disminuyendo y se estabiliza en un valor prácticamente constante en el tiempo t_a . Después de este periodo, denominado de fallas infantiles, todos los componentes de constitución débil ya se han estropeado y han sido reemplazados. Las fallas en esta fase pueden deberse a errores de diseño, de fabricación, de montaje, o de una elección errada de los materiales por emplear. La fase de depuración buscar lograr que el sistema alcance gradualmente el máximo de sus prestaciones nominales, es decir, aquellas establecidas en la fase de diseño. Después del rodaje, la población alcanza su valor mínimo y este se mantiene aproximadamente constante durante un cierto período de tiempo que recibe el nombre de vida útil. La vida útil debería resultar

ser mayor o igual a la vida límite establecida como dato de proyecto. En esta fase, surgen en el sistema fallas de naturaleza aleatoria cuya probabilidad de ocurrencia es independiente del periodo de operación acumulado. Por lo tanto, durante toda la vida útil, las fallas ocurren en cantidades iguales para cada intervalo de tiempo significativo y corresponden a imperfecciones del proceso productivo, a sobre exigencias accidentales y/o a condiciones de funcionamiento que son nominalmente iguales para todos los componentes, pero que en los hechos han demostrado ser diferentes. La tasa de falla en esta fase proporciona una medida de la calidad del diseño y de los métodos de fabricación.

Cuando los componentes alcanzan la edad designada con t_b empiezan a hacerse sentir las fallas por fatiga y desgaste, de manera que la tasa de falla aumenta rápidamente. En efecto, ningún componente sometido a un historial de carga real con esfuerzos de amplitud variable en el tiempo puede durar indefinidamente. Una vez agotada la vida útil del proyecto, el parámetro de daños de una cierta cantidad de componentes habrá alcanzado un valor cercano a la unidad, y el número de fallas aumentará progresivamente en el tiempo. Por lo tanto, el período con tasa de falla creciente corresponde a un deterioro irreversible de las características de la máquina, diseñada para una duración determinada. Si dicho periodo se manifiesta antes del valor de vida fijado durante el diseño, significa que algunos de los componentes estaban subdimensionados, o que el historial efectivo de cargas a las que fueron sometidos, resultó ser mayor que la referencia presupuestada en la fase de diseño.

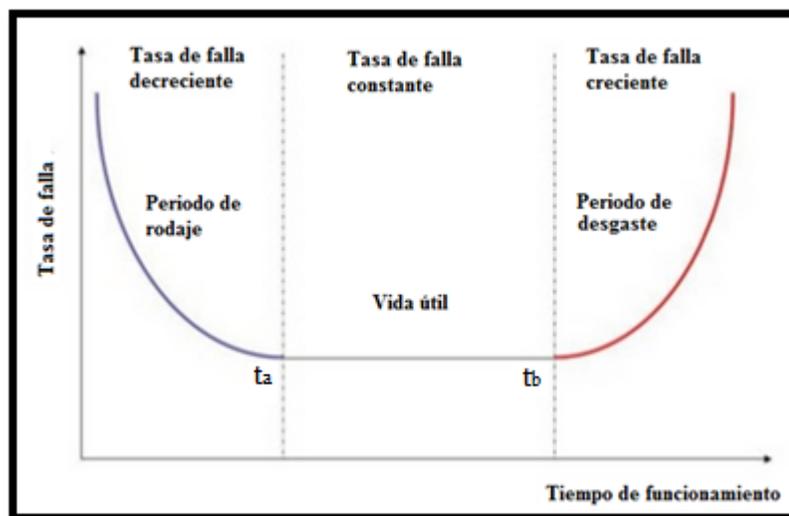


Figura 3 Diagrama típico de la tasa de fallas de una población (Fuente: Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento, Adolfo Arata, Luciano Furlanetto)

2.9 Distribución de Weibull

El análisis o distribución de Weibull, propuesta por el sueco Waloddi Weibull en 1937 y publicada en 1951, es la técnica prioritariamente elegida para estimar una probabilidad basada en datos medidos o asumidos. Esta distribución es útil por su habilidad para simular un amplio rango de distribuciones como la Normal, la Exponencial, etc. Es una distribución continua y triparamétrica, es decir, está definida por tres parámetros y es muy utilizada en el campo de la confiabilidad.

En la etapa inicial, una máquina puede presentar una tasa de falla infantil que irá disminuyendo rápidamente gracias a las mejoras introducidas por las intervenciones adecuadas. La distribución de Weibull es usada para describir esta fase de la vida de la máquina. Sin embargo, gracias a su flexibilidad, esta distribución es capaz de describir con precisión incluso la fase terminal de la vida cuando la tasa de fallas es creciente.

La función de densidad de la distribución de Weibull en el tiempo t está dada por la siguiente expresión:

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

Donde:

α : parámetro de escala

β : parámetro de forma

δ : parámetro de localización

t : tiempo entre fallas

- El parámetro de escala indica qué tan aguda o plana es la función.
- La pendiente de la línea recta que pasa por la mayoría de los puntos en el gráfico de Weibull representa el parámetro de forma β e indica el tipo de falla según:

$\beta < 1.0$ indica falla infantil

$\beta = 1.0$ significa falla aleatoria

$\beta > 1.0$ indica falla por desgaste

- El parámetro de localización indica el momento a partir del cual se genera la distribución.

La función confiabilidad $R(t)$ de Weibull la expresa la siguiente ecuación:

$$R(t) = \int_{\delta}^{\infty} f(s) ds = e^{\left[-\left(\frac{t-\delta}{\alpha}\right)^{\beta}\right]}$$

La función distribución acumulativa, que es la probabilidad de falla en el tiempo t , se obtiene como complemento de la función confiabilidad y está dada por la siguiente expresión:

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{\left[-\left(\frac{t-\delta}{\alpha}\right)^{\beta}\right]}$$

2.9.1 Métodos para calcular los parámetros de la distribución de Weibull

Para estimar los parámetros de la distribución de Weibull existen los siguientes métodos:

- Mínimos cuadrados
- Gráfico de la función tasa de falla
- Máxima similitud
- Estimación de momentos
- Estimadores lineales

El método utilizado para determinar los parámetros de una distribución es la técnica de los mínimos cuadrados debido a su gran efectividad al aplicarlo en este tipo de estudio.

• Método de los mínimos cuadrados

Para obtener los parámetros de la distribución de Weibull es necesario tener los tiempos entre fallas TBF. Estos tiempos deben ser ordenados de menor a mayor y asignar un código a cada uno de estos valores.

Los parámetros β y α se pueden determinar por un ajuste de mínimos cuadrados a través de la expresión de probabilidad de falla $F(t)$:

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

Aplicando dos veces el logaritmo neperiano a la expresión anterior:

$$\ln(1 - F(t)) = -\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta} \rightarrow \ln[-\ln(1 - F(t))] = \beta \ln(t) - \beta \ln(\alpha)$$

Ajustando por el método de mínimos cuadrados a la recta $y = \beta x + B$:

$$y = \ln[-\ln(1 - F(t))]$$

$$x = \ln t$$

$$B = -\beta \ln \alpha$$

La pendiente de la recta obtenida por mínimos cuadrados representa el parámetro de forma β . Por su parte, el parámetro de escala se obtiene de la siguiente expresión:

$$\alpha = e^{-\left(\frac{B}{\beta}\right)}$$

Rango de Mediana

Para poder trazar la recta de regresión, se debe calcular un estimador para la función de probabilidad de falla $F(t)$. Este estimador llamado Rango de Mediana, es un estimador no paramétrico basado en el orden de las fallas. Este aspecto implica que la muestra de datos se debe organizar de menos a mayor.

La expresión matemática aproximada para determinar el Rango de Mediana es la siguiente:

$$RM(x_i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

Donde:

i : Orden de falla

n : Número total de datos de la muestra

CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

3.1 Descripción del proceso de aserrío

El proceso productivo de aserrío consiste en elaborar productos de madera a partir de troncos de pino, en este caso del tipo Radiata. A continuación se realiza una descripción de las distintas áreas del proceso productivo del Aserradero Horcones I:

- **Descortezado**

Esta es la primera etapa del proceso de elaboración de madera aserrada, en ella se realiza la recepción, descortezado y clasificación (según sus dimensiones y necesidades de producción) de los trozos que luego pasarán al proceso de aserrío. El descortezado es importante para evitar problemas en el filo de las sierras, como tema sanitario y de exigencia internacional (por las plagas que puedan albergar) y para utilizar la corteza como subproducto.

- **Aserradero**

En esta etapa es ingresado el rollizo descortezado y es escaneado para luego realizar los cortes que permitan aprovechar de la mejor manera el trozo. El producto obtenido son las tablas aserradas y como subproductos se generan aserrín y astillas, los que se utilizan como biomasa y materia prima en las calderas y plantas de celulosa respectivamente. El aserrado posee un rendimiento de producto de entre 58% a 62%, compuesto por maderas centrales (matrices), laterales y semilaterales. Los subproductos constituyen el resto del rendimiento, del cual alrededor de un 70% es astilla y un 30% es aserrín.

El área de aserradero es un proceso secuencial que se compone de las siguientes secciones:

- ✓ **Zona de ingreso de trozos:** a esta área es donde ingresan los rollizos de madera podado o regular desde el área de Descortezado, alimentando adecuadamente la Línea Principal, es decir, con el diámetro menor hacia adelante, en forma unitaria y con una separación constante entre trozos.
- ✓ **Línea Principal:** realiza las operaciones consecutivas necesarias para convertir el trozo descortezado en piezas laterales, semilaterales y matrices de madera central. Las matrices corresponden a las piezas de madera que se obtienen del centro del trozo mediante la

secuencia de corte de trozo-semibasa-basa. Las piezas laterales se obtienen en el proceso de convertir los trozos en semibasas.

- ✓ **Reaserrío laterales:** en esta etapa se realiza el reaserrío, si es necesario, de las piezas laterales obtenidas del primer corte. Esta línea está compuesta por Resierra 1 y Resierra 2, y su función es realizar un corte longitudinal simétrico o asimétrico a los laterales dobles obtenidos del primer corte realizado por la Sierra Huincha Twin, resultando dos piezas laterales, que luego son enviadas a la Canteadora.
- ✓ **Canteadora:** recibe los laterales obtenidos desde la transformación de trozos en semibasas o desde la despuntadora Newnes (buzón de rechazo), y los convierte en tablas laterales de distintos anchos y libres de canto muerto que se envían a un proceso de clasificación.
- ✓ **Mesa o línea de clasificación:** en esta área se clasifica la madera aserrada de acuerdo a diferentes estándares de calidad, destino, dimensiones y defectos que posee la madera. Esta operación es realizada en forma manual por los operarios del área, donde marcan la madera de acuerdo a los productos que se estén produciendo con el esquema de corte programado.
- ✓ **Newnes:** esta etapa del proceso está compuesta por una despuntadora y buzones de clasificación. Esta máquina se encarga de escanear la pieza de acuerdo a la marca establecida por los operarios clasificadores y de acuerdo a la retroalimentación entre el escáner y el programa Cae Newnes. Luego del escaneo de las piezas y de acuerdo a las dimensiones de cada producto, realiza los despuntes necesarios, para así, dependiendo las dimensiones de espesor, largo, ancho y calidades, destinar los diferentes productos a su respectivo buzón de clasificación o simplemente a reproceso. Los buzones están enumerados del 1 al 47, donde este último almacena aquellas piezas cuya dimensión no calza con las programadas.
- ✓ **Stacker:** esta máquina forma paquetes de piezas o pallet, de acuerdo a las dimensiones o requerimientos del cliente y en base a una programación previa.
- ✓ **Reaserrío externo:** en esta fase se realiza un proceso de reaserrío con sus propios patrones de corte de las matrices obtenidas de la Sierra Múltiple Vislanda.
- ✓ **Acopio:** en esta área se acopian los distintos paquetes de madera del proceso de aserrado, y que luego serán procesados en etapas posteriores. Incluye, además, los paquetes de rechazo, que poseen productos defectuosos y que no cumplen con los requerimientos de corte o calidad.

- ✓ **Planta baja:** tiene por función transformar los despuntes generados en cada centro de máquinas en aserrín y astillas. Todo el aserrín producido es transportado y enviado al silo de aserrín, mientras que las astillas producidas por los Chipper son transportadas a los silos de astillas. Esta sección está compuesta por dos equipos principales.
- **Astillador:** encargado de generar astilla comercial a partir de la generación de subproductos a lo largo del proceso productivo, principalmente, desde los Chipper 1 y 2, Canteadora y Despuntadora
 - **Harnero:** Su función es separar los subproductos generados en el proceso productivo y los envía al silo mediante una rastra de aserrín y una rastra de astilla, donde son almacenados para abastecer consumidores externos y para consumo propio.

3.2 Diagrama general del aserradero

El siguiente diagrama muestra las diferentes áreas del aserradero y cómo se relacionan cada una de ellas para obtener el producto deseado.

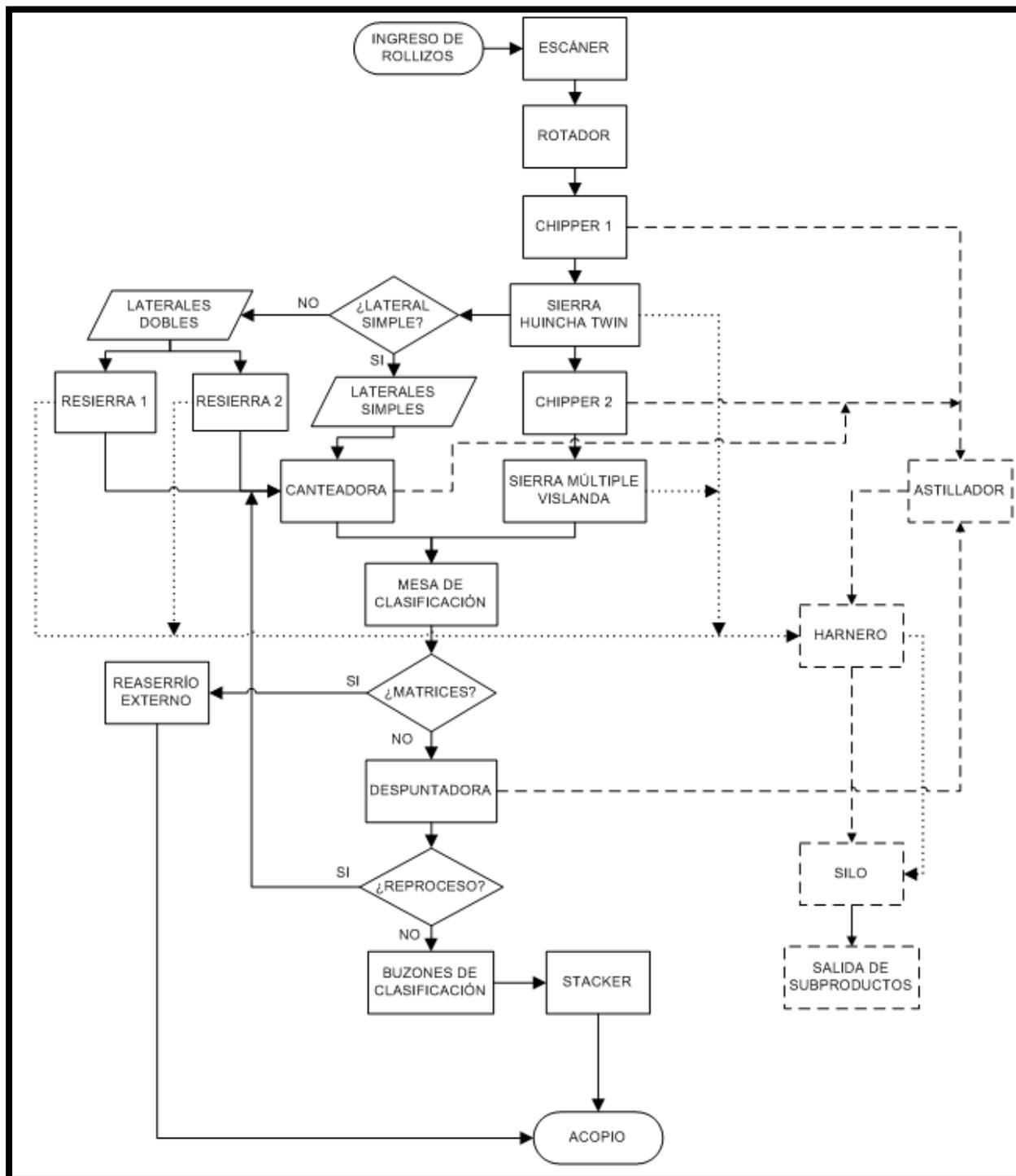


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso productivo del aserradero (Fuente: Elaboración Propia)

3.3 Esquemas de Corte

Los esquemas de corte dependen del tipo de aserradero y de la inversión en equipos para obtener los cortes deseados. Además, dependen del sistema de optimización, en este caso el Software MPM Optimizer, que permite conseguir el rendimiento que se espera del rollizo. Los productos que componen el sistema de corte del aserradero se representan en la Figura 5.

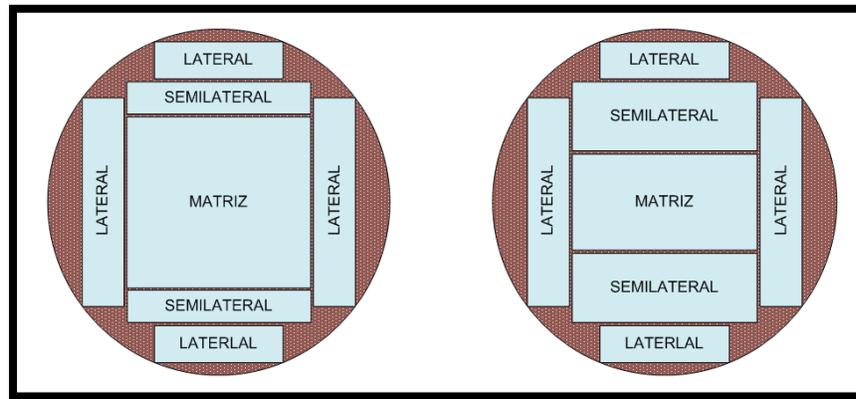


Figura 5. Tipos de esquemas de corte y nomenclatura de la madera (Fuente: Elaboración propia)

- **Madera lateral**

Estas piezas se obtienen de la periferia del trozo y se caracterizan por tener madera libre de nudos. Debido a esto, su valor económico es mayor y es exportada a mercados exigentes como Estados Unidos. Los anchos de estas maderas son variables y se elaboran en estado seco y/o cepillado.

- **Matriz o Madera Central**

Son aquellas piezas de madera aserrada obtenidas desde el centro del trozo, y que se caracterizan por poseer mucho nudo y presencia de médula. Dentro del proceso productivo, las matrices son generadas a la salida de la Sierra Múltiple Vislanda y son destinadas al área de reaserrío, donde son aserradas para obtener las piezas y volúmenes requeridos. En general, esta madera es clasificada de acuerdo al mercado de exportación, como son Medio Oriente, Corea, Taiwán y Japón principalmente.

- **Madera semilateral**

Esta madera presenta nudos, pero en menor cantidad que la anterior, sus anchos son generalmente variables, aunque se pueden encontrar anchos fijos. En el proceso productivo, los semilaterales se obtienen a la salida de la Sierra Múltiple Vislanda.

3.3.1 Secuencia de cortes

La Figura 6 detalla el corte que realiza cada equipo del aserradero

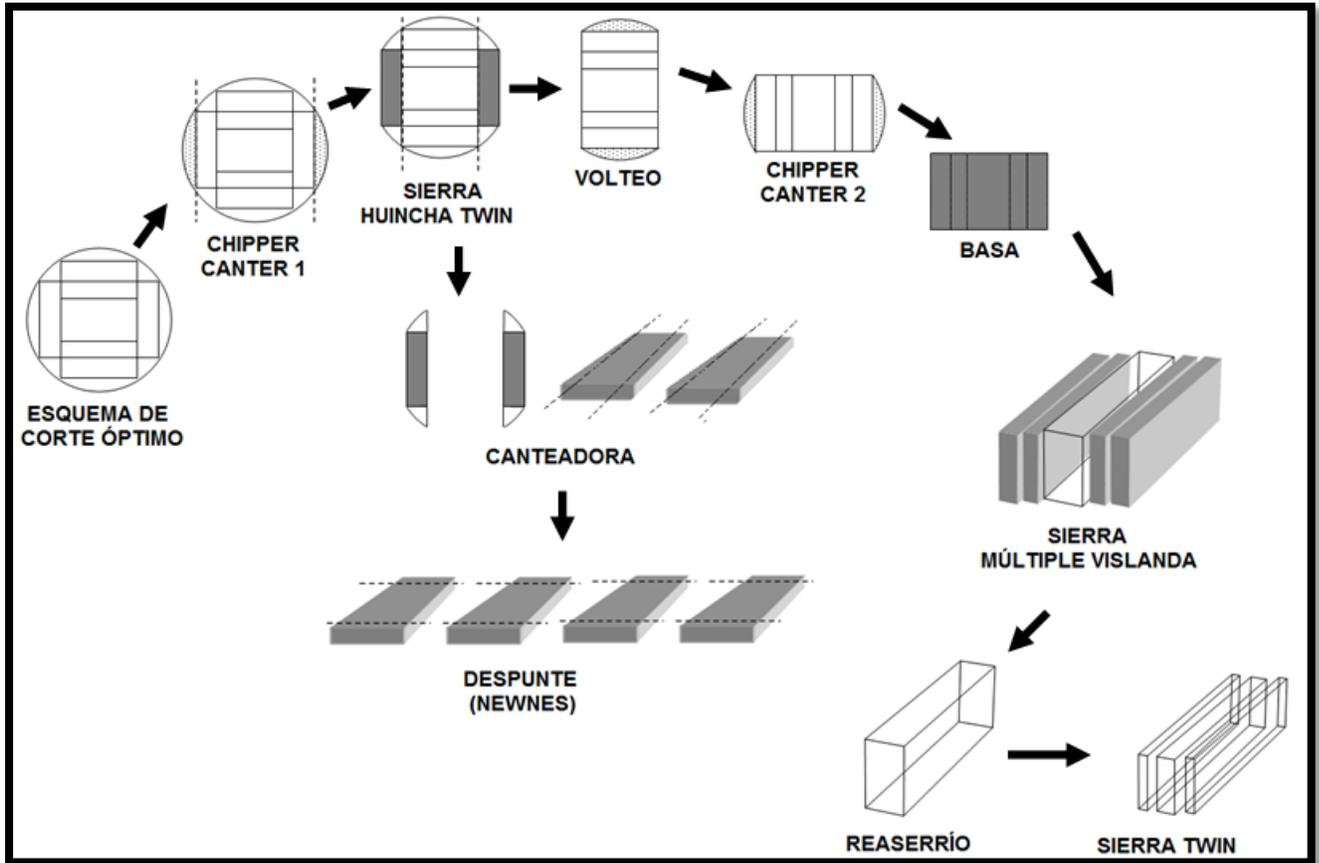


Figura 6. Esquemas de corte por equipo (Fuente: Aserradero Horcones I)

3.4 Medidas de desempeño en el aserradero

Las medidas de desempeño permiten visualizar el estado de las operaciones críticas dentro del proceso productivo y ejercer un control sobre ellas, además, posibilita el alcanzar el máximo provecho de la materia prima y un uso adecuado de las máquinas. Estas medidas permiten establecer límites de control y trazar metas. Las medidas de desempeño utilizadas en el Aserradero Horcones I son:

- **Ritmo de producción**

Representa la velocidad de trabajo, en porcentaje, obtenido entre lo realizado y lo que se debió haber procesado de acuerdo al diseño base actualizado del proceso.

$$\text{Ritmo de producción} = \frac{\text{Velocidad de Trabajo Realizado} \left(\frac{\text{Trozos}}{\text{min Reales}} \right)}{\text{Velocidad de trabajo diseñado} \left(\frac{\text{Trozos}}{\text{min Diseño}} \right)}$$

- **Factor de Operación F.O.**

El F.O. es el cociente entre el tiempo en que está ocupado el recurso productivo y el tiempo total en el que está disponible para ser ocupado. Las variaciones se deben por detenciones por fallas mecánicas, descoordinaciones en las mesas de alimentación, errores operativos, etc.

$$F.O. = \frac{\text{Tiempo Disponible} - \text{Tiempo muerto}}{\text{Tiempo Total Disponible}}$$

- **Productividad de madera aserrada**

La productividad del aserradero indica el volumen de madera aserrada por hora.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción de madera aserrada}}{\text{Tiempo de Trabajo}} \left(\frac{m^3}{hr} \right)$$

- **Rendimiento por rollizo**

Este porcentaje indica el rendimiento que se puede esperar de un rollizo y que está directamente relacionado con el volumen de madera aserrada obtenida del proceso productivo respecto del rollizo

$$\eta = \frac{\text{Volumen de madera aserrada (Laterales + Semilaterales + Matrices)}}{\text{Volumen trozo}}$$

- **Cubicación de materia prima**

Existen variadas técnicas de cubicación de materia prima, sin embargo, el sistema de cubicación más frecuente es el denominado JAS (Japanese Agricultural System), el cual divide la escala métrica en agrupaciones de 2 centímetros. Para largos menores a los 6 metros la fórmula es la siguiente:

$$\text{Volumen JAS} = \frac{\text{Diámetro}^2(\text{cm}^2) * \text{Largo}(\text{m})}{10000} (\text{m}^3 \text{JAS})$$

La cubicación JAS, es la utilizada por el Aserradero Horcones I para comprar la materia prima y para el cálculo del rendimiento.

3.5 Descripción de la Línea Principal del aserradero

La Línea Principal del aserradero es parte fundamental de la línea productiva y su función principal es transportar los trozos y procesarlos para obtener laterales, semilaterales y matrices. Sus funciones específicas son las siguientes:

- Distribuir laterales a la Canteadora
- Distribuir matrices y semilaterales a la mesa de clasificación

3.5.1 Subsistemas de la Línea Principal

La Línea Principal está compuesta por diversos subsistemas que le permiten realizar la secuencia de cortes y obtener el producto deseado. A continuación se detallan cada uno de ellos.

- **Transportador principal de entrada al aserradero:** hace pasar los trozos al Escáner.
- **Escáner:** realiza un análisis del rollizo en su forma verdadera con sus defectos e irregularidades, y envía las lecturas al Software MPM Optimizer, quien decide cual es el esquema de corte adecuado dentro de los seleccionados de acuerdo a la clasificación utilizada, para así obtener el mejor aprovechamiento del rollizo.
- **Rotador de trozos Söderhamns:** gira o rota el trozo de forma axial, de acuerdo a lo determinado por el Sistema de Optimización MPM.
- **LOG POS:** traslada los trozos manteniendo y ajustando la posición de su centro para ser ingresado al Chipper 1 de acuerdo a lo establecido por el Sistema de Optimización MPM.
- **Scanner de LOG POS:** corrige la posición del trozo respecto de la línea de corte.
- **Chipper 1:** astilla los lados verticales del trozo manteniendo las dimensiones a lo largo y ancho de cada lateral, permitiendo reducir la presencia de canto muerto a la hora que se realice el corte de los laterales en la sierra huincha.
- **Sierra huincha Twin:** corta los laterales del trozo manteniendo las dimensiones a lo largo y ancho de cada lateral, transformando el rollizo en una semibasa. Estos laterales pueden ser simples o dobles (dependiendo del diámetro del rollizo).
- **Rodillos prensos laterales:** mantienen los laterales cortados apegados a la semibasa.
- **Transportador separador de laterales:** separa los laterales del trozo y los envía a la Canteadora, dejando seguir a la semibasa a través de la Línea Principal.
- **Transportador de salida de semibasas 1:** voltea la semibasa sobre uno de sus lados planos.
- **Transportador de salida de semibasas 2 y 3:** alinea y transporta la semibasa al transportador de alimentación a Chipper 2.
- **Transportador de alimentación a Chipper 2:** centra y transporta la semibasa al Chipper 2.
- **Chipper 2:** astilla los laterales de la semibasa, dejándolos planos y transformándola en una basa lista para ser procesada en la Sierra Múltiple Vislanda.
- **Transportador de basas de salida Chipper 2:** transporta, centra y posiciona la basa desde la salida del Chipper 2 a la múltiple Vislanda.

- **Sierra Múltiple Vislanda:** Su función es realizar los cortes especificados por el Sistema de Optimización y obtener los semilaterales y matrices.
- **Transporte separador de tablas salida múltiple Vislanda:** descarga de forma lateral los semilaterales y matrices hacia la línea de clasificación.

3.5.2 Esquema de la Línea Principal

La Figura 7 es un esquema que muestra la distribución de los subsistemas a lo largo de la Línea Principal

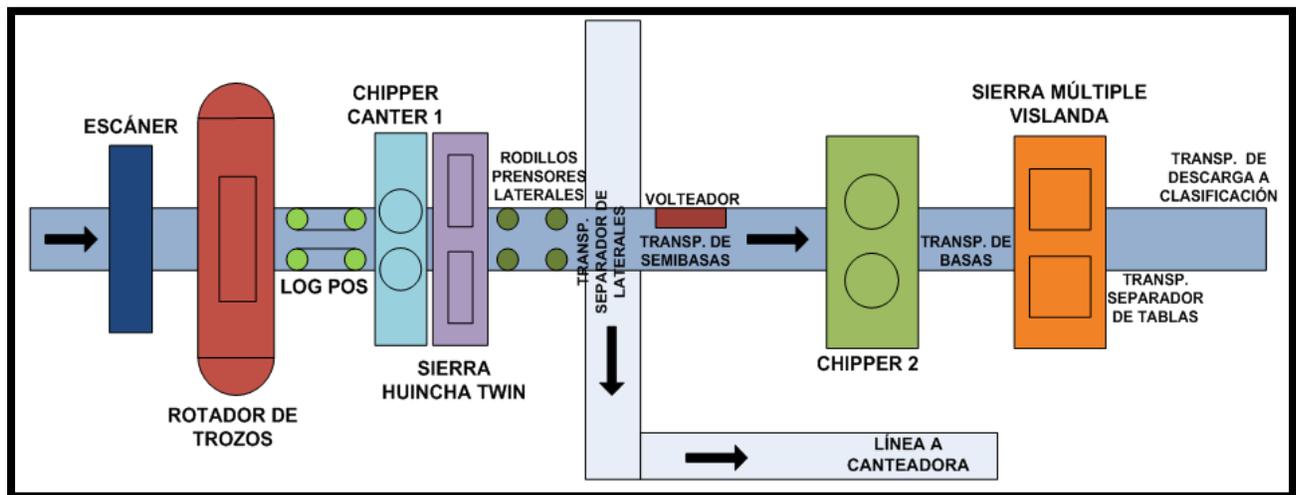


Figura 7. Layout de la Línea Principal (Fuente: Elaboración propia)

3.5.3 Secuencia de operación de la Línea Principal

1. El Escáner principal mide el trozo obteniendo su forma real, cuyos datos son enviados al Sistema de Optimización MPM.
2. El Rotador toma el trozo y lo rota de forma axial una cierta cantidad de grados que son especificados por el Sistema de Optimización.
3. El trozo es transportado hacia el Chipper 1 donde es rebajado y luego cortado por la Sierra Huincha Twin para obtener dos laterales, transformando el trozo en una semibasa.
4. El trozo es transportado hacia la zona donde los laterales simples que han sido cortados son enviados a la Canteadora y, por su parte, los laterales dobles a las Resierras.
5. La semibasa es volteada y enviada al Chipper 2 para rebajarle los otros dos lados y convertirla en una basa.
6. La basa es ingresada a la Sierra Múltiple Vislanda donde se obtienen los semilaterales y matrices.
7. Los semilaterales y matrices son transportados y descargados de forma lateral hacia la línea de clasificación.

CAPITULO IV: ESTUDIO DE CONFIABILIDAD

4.1 Selección del periodo de estudio

Para realizar el estudio de confiabilidad de la Línea Principal del aserradero se dispuso de los siguientes datos extraídos del software SAP LogonPad pertenecientes al periodo 2005-2014:

- Detenciones de cada equipo del sistema.
- Planes preventivos para cada equipo.
- Costos asociados a mantención.

4.1.1 Número de detenciones registradas en el sistema por año

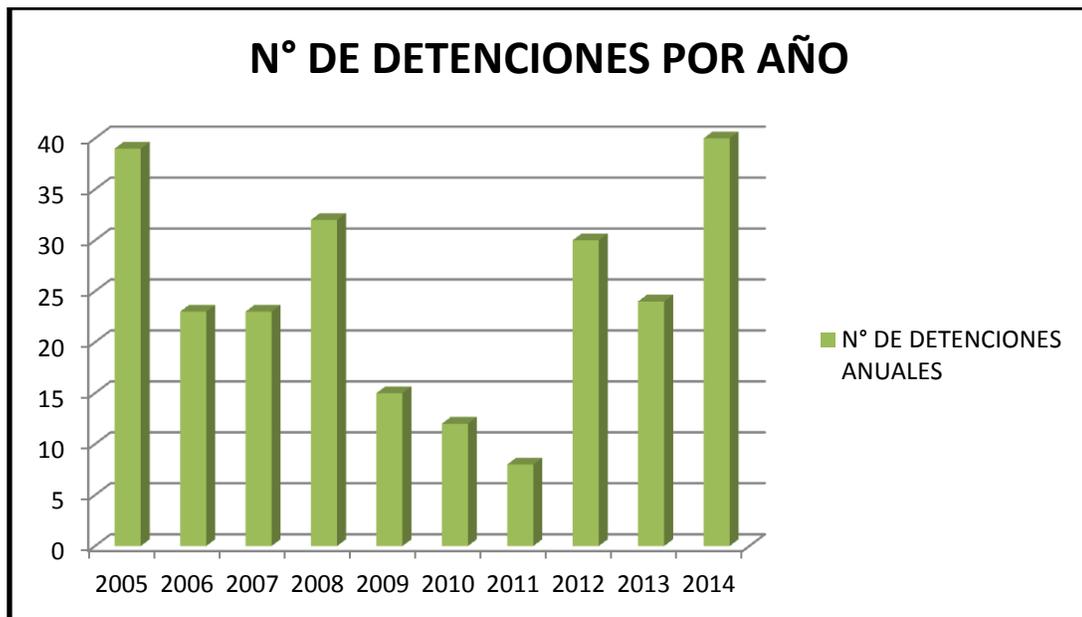


Gráfico 1. Número de detenciones registradas en el sistema por año

- **Conclusiones**

De los registros anuales, se puede ver que hay tres periodos marcados por la cantidad de detenciones registradas. Estas variaciones se deben a las distintas políticas y criterios utilizados en el área en cada una de las etapas. Finalmente, se aprecia que desde el 2012 el número de detenciones sufre un aumento significativo con respecto a los años antecesores próximos.

4.1.2 Número de planes preventivos creados por año

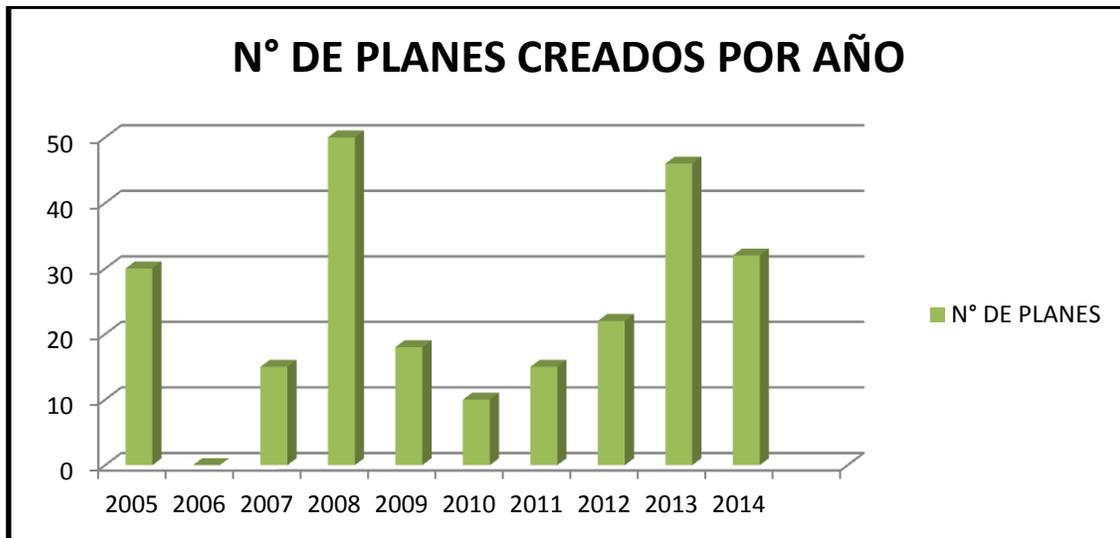


Gráfico 2. Número de planes preventivos creados por año

- **Conclusiones**

En este gráfico se aprecia un aumento significativo en la creación de planes preventivos de mantenimiento desde el año 2013 en comparación con los años antecesores próximos. Esto debido a cambios en los criterios y políticas empleadas para enfrentar las detenciones por falla en la planta, apuntando fuertemente a una mantención preventiva, que permite aumentar la disponibilidad de los equipos y disminuir los costos asociados a mantención.

- **Periodo seleccionado**

Del gráfico del número de detenciones, que muestra un quiebre desde el año 2012, y del gráfico del número de planes creados, que muestra un cambio en el año 2013, se selecciona el periodo 2013-2014 como el apropiado para realizar el estudio de confiabilidad del sistema.

4.2 Selección de Subsistemas

Al disponer de un gran número de datos de detenciones es necesario utilizar herramientas de priorización, y así, enfocar el estudio en los equipos y subsistemas críticos e influyentes. La Línea Principal del aserradero está compuesta por subsistemas y cada uno de ellos por distintos equipos. El primer paso es determinar los subsistemas críticos para luego seleccionar sus equipos bajo el mismo criterio.

4.2.1 Análisis de Pareto de la Línea Principal

El análisis de Pareto se aplica, por una parte, utilizando la cantidad de detenciones y por otra, la duración de esas detenciones.

- **Pareto del número de detenciones de la Línea Principal**

Tabla 1. Pareto del número de detenciones de la Línea Principal

SUBSISTEMAS	N° DE DETENCIONES	FRECUENCIA ACUMULADA	% ACUMULADO
TRANSPORTADOR #2 DE DESCARGA A CLASIFICACIÓN	59	59	13.85%
SIERRA HUINCHA TWIN	43	102	23.94%
TRANSPORTE SEPARADOR DE LATERALES	42	144	33.80%
CHIPPER 1	38	182	42.72%
VISLANDA	38	220	51.64%
TRANSPORTE ALIMENTACIÓN A CHIPPER 2	32	252	59.15%
TRANSPORTADOR RODILLOS PRENSORES LATERALES	29	281	65.96%
LOGPOS	26	307	72.07%
CHIPPER 2	24	331	77.70%
TRANSPORTADOR #1 DE TABLAS A CLASIFICACIÓN	24	355	83.33%
TRANSPORTADOR #3 DE DESCARGA A CLASIFICACIÓN	22	377	88.50%
TRANSPORTE SEPARADOR DE TABLAS SALIDA MÚLTIPLE	16	393	92.25%
ROTADOR DE TROZOS SÖDERHAMNS 750	15	408	95.77%
SCANNER Y SALA ELECTRÓNICA	7	415	97.42%
TRANSPORTE DE SALIDA DE SEMIBASAS #3	4	419	98.36%
TRANSPORTE PRINCIPAL ENTRADA ASERRADERO	3	422	99.06%
CENTRAL HIDRÁULICA SERVO PRINCIPAL	3	425	99.77%
CENTRAL HIDRÁULICA ROTADOR DE TROZOS	1	426	100.00%
PANELES Y TABLEROS	0	426	100.00%
TRANSPORTE DE SALIDA DE SEMIBASAS #1	0	426	100.00%
SALA OPERACIONES MÁQUINA PRINCIPAL	0	426	100.00%
TRANSPORTE DE SALIDA SEMIBASAS #2	0	426	100.00%
TRANSPORTADOR DE BASAS SALIDA CHIPPER 2	0	426	100.00%
SALA OPERACIONES CHIPPER 2	0	426	100.00%
SPIKE ROLLER	0	426	100.00%
$\Sigma=$	426		

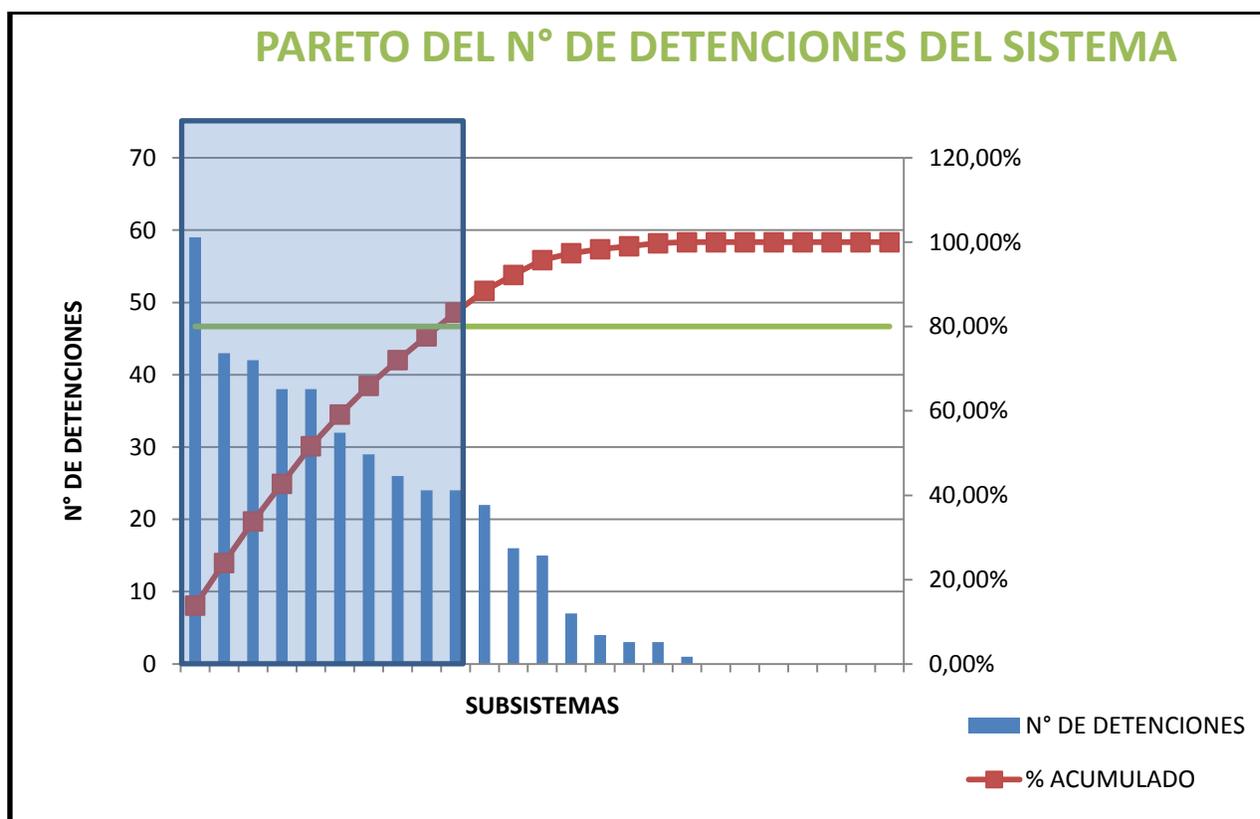


Gráfico 3. Pareto del número de detenciones de la Línea Principal

- **Conclusiones del análisis**

En este diagrama de Pareto se observa que los primeros diez subsistemas (ordenados de mayor a menor número de detenciones) representan, aproximadamente, el 80% de la sumatoria de todas las detenciones. Esto permite dar una primera mirada al grupo de subsistemas que más detenciones registran durante el periodo seleccionado.

- Pareto de duración (en horas) de detenciones de la Línea Principal

Tabla 2. Pareto de duración (en horas) de detenciones de la Línea Principal

SUBSISTEMAS	DURACIÓN	FRECUENCIA ACUMULADA	% ACUMULADO
CHIPPER 1	34.14	34.14	22.12%
TRANSPORTADOR RODILLOS PRENSORES LATERALES	20.51	54.65	35.41%
SIERRA HUINCHA TWIN	19.8	74.45	48.24%
VISLANDA	19.41	93.86	60.81%
TRANSPORTADOR #2 DE DESCARGA A CLASIFICACIÓN	12.73	106.59	69.06%
TRANSPORTE SEPARADOR DE LATERALES	9.43	116.02	75.17%
TRANSPORTE ALIMENTACIÓN A CHIPPER 2	7.53	123.55	80.05%
CHIPPER 2	6.83	130.38	84.48%
ROTADOR DE TROZOS SÖDERHAMNS 750	6.05	136.43	88.40%
LOGPOS	4.05	140.48	91.02%
TRANSPORTE SEPARADOR DE TABLAS SALIDA MÚLTIPLE	3.2	143.68	93.09%
TRANSPORTADOR #3 DE DESCARGA A CLASIFICACIÓN	3.04	146.72	95.06%
TRANSPORTADOR #1 DE TABLAS A CLASIFICACIÓN	2.61	149.33	96.75%
SCANNER Y SALA ELECTRÓNICA	2.32	151.65	98.26%
TRANSPORTE PRINCIPAL ENTRADA ASERRADERO	0.87	152.52	98.82%
TRANSPORTE DE SALIDA DE SEMIBASAS #3	0.84	153.36	99.37%
CENTRAL HIDRÁULICA SERVO PRINCIPAL	0.81	154.17	99.89%
CENTRAL HIDRÁULICA ROTADOR DE TROZOS	0.17	154.34	100.00%
PANELES Y TABLEROS	0	154.34	100.00%
TRANSPORTE DE SALIDA DE SEMIBASAS #1	0	154.34	100.00%
SALA OPERACIONES MÁQUINA PRINCIPAL	0	154.34	100.00%
TRANSPORTE DE SALIDA SEMIBASAS #2	0	154.34	100.00%
TRANSPORTADOR DE BASAS SALIDA CHIPPER 2	0	154.34	100.00%
SALA OPERACIONES CHIPPER 2	0	154.34	100.00%
SPIKE ROLLER	0	154.34	100.00%

Σ= 154.34

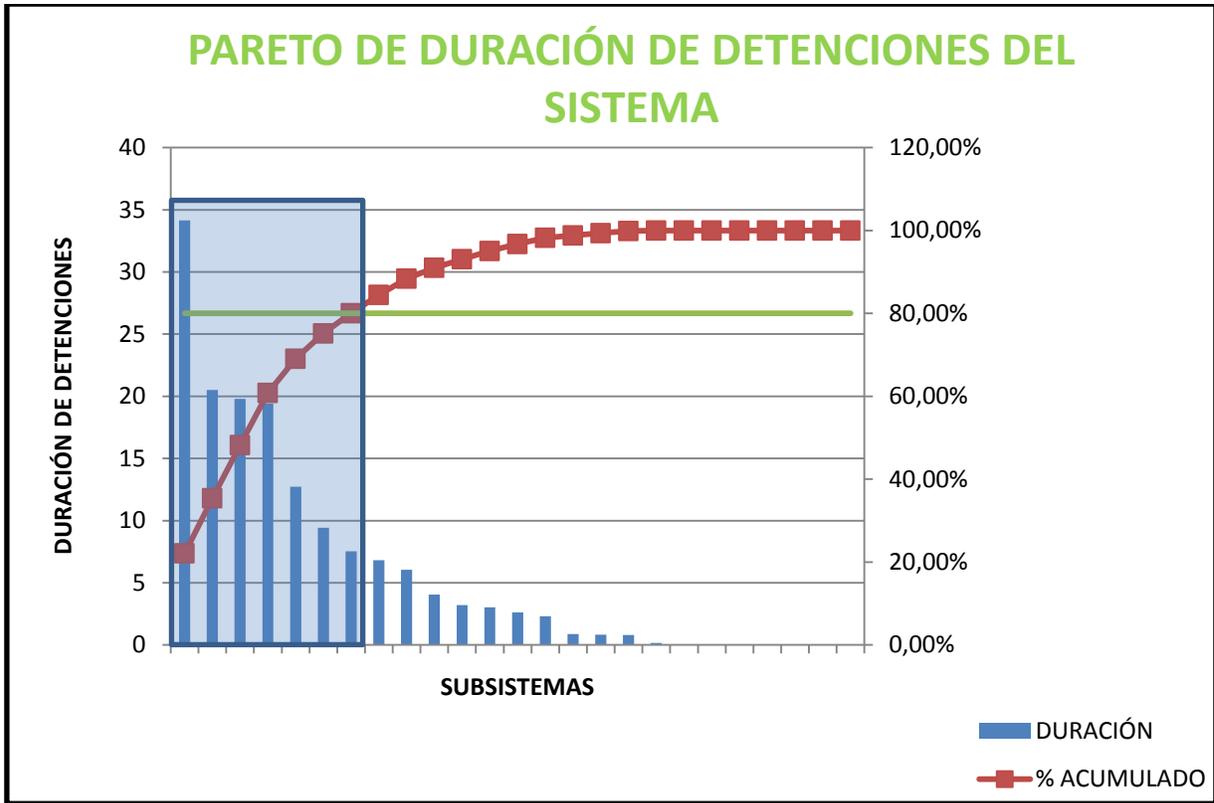


Gráfico 4. Pareto de duración (en horas) de detenciones de la Línea Principal

- **Conclusiones del análisis**

En este diagrama de Pareto se observa que los primeros siete subsistemas (ordenados de mayor a menor duración de detenciones) representan, aproximadamente, el 80% de la sumatoria de todas las horas de detención. Esto permite dar una segunda mirada al grupo de subsistemas que más tiempo de detenciones registran durante el periodo seleccionado.

Entrelazando la información entregada por los dos diagramas de Pareto anteriores es posible determinar los subsistemas que representan la mayoría de las detenciones del sistema. La información entregada por este tipo de diagrama se puede complementar con un análisis de Jack Knife, el cual relaciona el número de detenciones con su respectiva duración, determinando así, los subsistemas críticos de la Línea Principal, a los que posteriormente se les aplica el estudio de confiabilidad.

4.2.2 Análisis de Jack Knife de la Línea Principal

El análisis de Jack Knife, a diferencia del de Pareto, relaciona la cantidad y duración de las detenciones permitiendo, además, determinar si una falla es aguda, leve, crítica o crónica.

Tabla 3. Análisis de Jack Knife de la Línea Principal

CÓD.	SUBSISTEMAS	N° DE DETENCIONES	DURACIÓN DETENCIONES	MTTR
1	TRANSPORTADOR #2 DE DESCARGA A CLASIFICACIÓN	59	12.73	0.22
2	SIERRA HUINCHA TWIN	43	19.8	0.46
3	TRANSPORTE SEPARADOR DE LATERALES	42	9.43	0.22
4	CHIPPER 1	38	34.14	0.90
5	VISLANDA	38	19.41	0.51
6	TRANSPORTE ALIMENTACIÓN A CHIPPER 2	32	7.53	0.24
7	TRANSPORTADOR RODILLOS PRENSORES LATERALES	29	20.51	0.71
8	LOGPOS	26	4.05	0.16
9	CHIPPER 2	24	6.83	0.28
10	TRANSPORTADOR #1 DE DESCARGA A CLASIFICACIÓN	24	2.61	0.11
11	TRANSPORTADOR #3 DE DESCARGA A CLASIFICACIÓN	22	3.04	0.14
12	TRANSPORTE SEPARADOR DE TABLAS SALIDA MÚLTIPLE	16	3.2	0.20
13	ROTADOR DE TROZOS SÖDERHAMNS 750	15	6.05	0.40
14	SCANNER Y SALA ELECTRÓNICA	7	2.32	0.33
15	TRANSPORTE DE SALIDA DE SEMIBASAS #3	4	0.84	0.21
16	TRANSPORTE PRINCIPAL ENTRADA ASERRADERO	3	0.87	0.29
17	CENTRAL HIDRÁULICA SERVO PRINCIPAL	3	0.81	0.27
18	CENTRAL HIDRÁULICA ROTADOR DE TROZOS	1	0.17	0.17
19	PANELES Y TABLEROS	0	0	0.00
20	TRANSPORTE DE SALIDA DE SEMIBASAS #1	0	0	0.00
21	SALA OPERACIONES MÁQUINA PRINCIPAL	0	0	0.00
22	TRANSPORTE DE SALIDA SEMIBASAS #2	0	0	0.00
23	TRANSPORTADOR DE BASAS SALIDA CHIPPER 2	0	0	0.00
24	SALA OPERACIONES CHIPPER 2	0	0	0.00
25	SPIKE ROLLER	0	0	0.00
	Σ	426	154.34	
	LÍMITE MTTR	0.36		
		0.36		
	LÍMITE DE DETENCIONES	17.04		
		17.04		

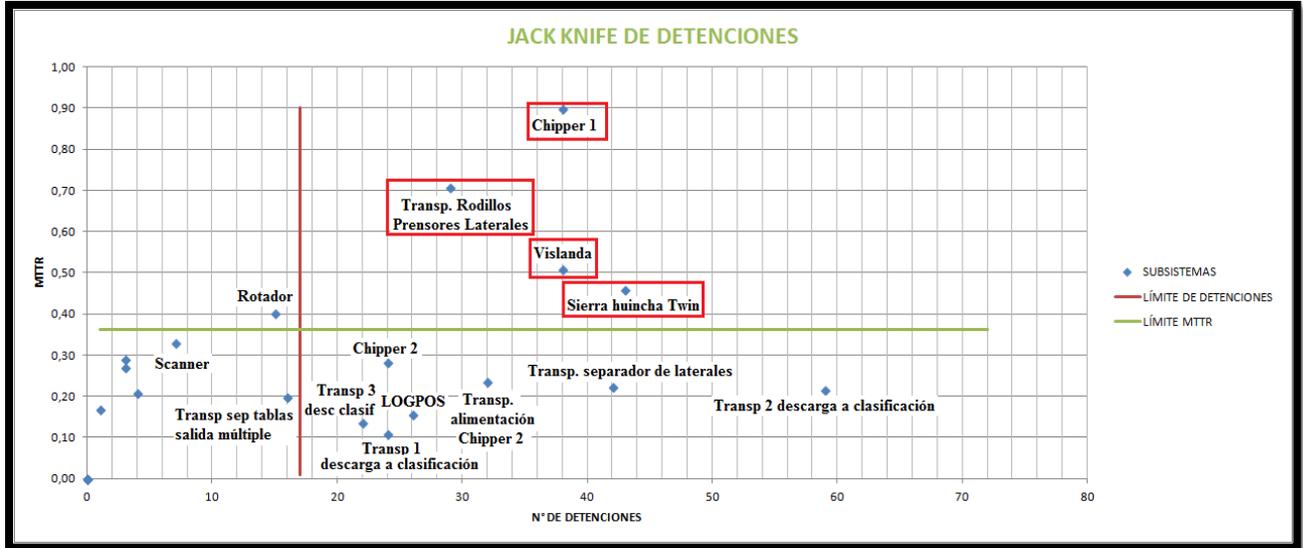


Gráfico 5. Análisis de Jack Knife de la Línea Principal

• **Conclusiones del análisis**

A partir del análisis de Jack Knife, se concluye que los subsistemas 2, 4, 5 Y 7 (ordenados de mayor a menor número de detenciones) pertenecen al cuadrante de las fallas críticas, es decir, poseen un alto tiempo medio de reparación MTTR y una alta frecuencia.

Estos subsistemas son:

- ✓ Sierra Huincha Twin
- ✓ Chipper 1
- ✓ Sierra Múltiple Vislanda
- ✓ Transportador de rodillos prensos laterales

4.2.3 Subsistemas seleccionados

En base a los resultados obtenidos en los diagramas de Pareto y Jack Knife de la Línea Principal los subsistemas críticos seleccionados son los siguientes:

- Sierra Huincha Twin
- Chipper 1
- Sierra Múltiple Vislanda
- Transportador de rodillos prensos laterales

Una vez seleccionados estos subsistemas se procede a realizar la selección de los equipos críticos de cada uno de ellos, para luego, diferenciar cada uno de los componentes críticos de dichos equipos. Encontrados los componente críticos, se procede a determinar los modos de falla a los que se le aplica el análisis de confiabilidad.

4.3 Selección de equipos

Una vez determinados los subsistemas, corresponde estudiar los equipos de mayor criticidad de cada uno de ellos. A continuación se detalla el análisis de Jack Knife de cada subsistema crítico.

4.3.1 Análisis de Jack Knife de la Sierra Huincha Twin

Tabla 4. Jack Knife de la Sierra Huincha Twin

EQUIPOS SIERRA HUINCHA TWIN	N° DE DETENCIONES	DURACIÓN	MTTR
SIERRA HUINCHA	32	17.5	0.55
SERVOCILINDRO LADO IZQUIERDO TWIN SAW	7	1.89	0.27
MOTOR ELÉCTRICO SIERRA DERECHA TWIN	1	0.15	0.15
BOMBA HIDRÁULICA DE TENSIÓN SIERRA IZQUIERDA	0	0	0.00
BOMBA HIDRÁULICA DE TENSIÓN SIERRA DERECHA	0	0	0.00
CENTRAL HIDRÁULICA VOLANTE DERECHO	0	0	0.00
CENTRAL HIDRÁULICA VOLANTE IZQUIERDO	0	0	0.00
SERVOCILINDRO LADO DERECHO TWIN SAW	0	0	0.00
PARTIDOR SUAVE MOTOR SIERRA IZQUIERDA	0	0	0.00
PARTIDOR SUAVE MOTOR SIERRA DERECHA	0	0	0.00
MOTOR ELÉCTRICO SIERRA IZQUIERDA TWIN	0	0	0.00
MOTOR ELÉCTRICO DE INCLINACIÓN VOLANTE	0	0	0.00
MOTOR ELÉCTRICO DE TENSIÓN SIERRA IZQUIERDA	0	0	0.00
MOTOR ELÉCTRICO DE INCLINACIÓN VOLANTE	0	0	0.00
MOTOR ELÉCTRICO DE TENSIÓN SIERRA DERECHA	0	0	0.00
PANEL DE OPERACIÓN SIERRA IZQUIERDA TWIN	0	0	0.00
PANEL DE OPERACIÓN TENSIÓN SIERRA	0	0	0.00
PANEL DE OPERACIÓN SIERRA DERECHA TWIN	0	0	0.00
PANEL DE OPERACIÓN TENSIÓN SIERRA DERECHA	0	0	0.00
REDUCTOR DE INCLINACIÓN VOLANTE	0	0	0.00
REDUCTOR DE INCLINACIÓN VOLANTE	0	0	0.00
BOMBA HIDRÁULICA VOLANTE IZQUIERDO	0	0	0.00
Σ	40	19.54	
LÍMITE MTTR	0.49		
	0.49		
LÍMITE DE DETENCIONES	1.82		
	1.82		

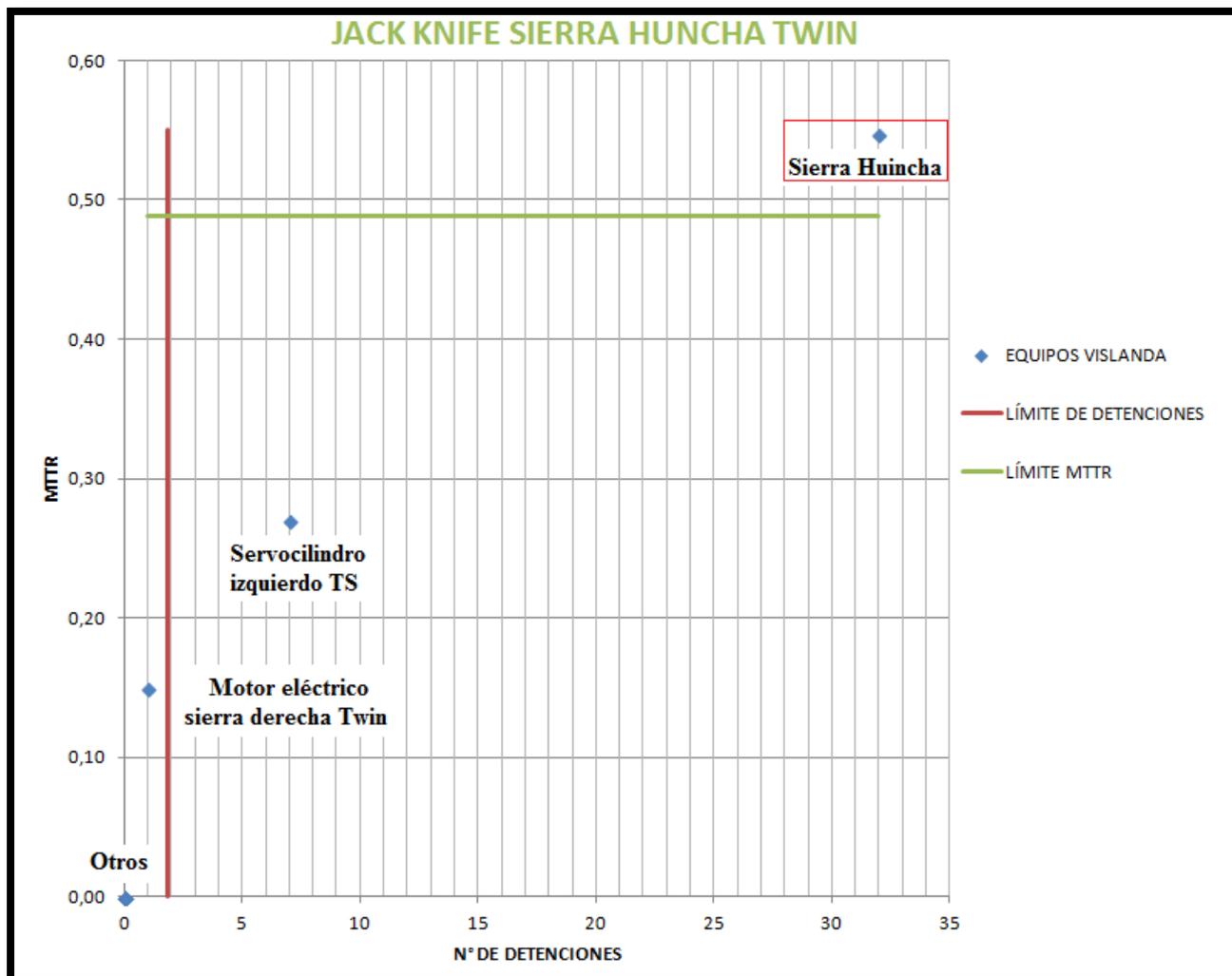


Gráfico 6. Jack Knife de la Sierra Huincha Twin

- **Conclusiones del análisis**

Este Jack Knife arroja que la Sierra Huincha es el equipo con las fallas críticas de la Sierra Huincha Twin, debido a su alto tiempo medio de reparación MTTR y alta frecuencia en el periodo seleccionado.

4.3.2 Análisis de Jack Knife del Chipper 1

Tabla 5. Jack Knife del Chipper 1

EQUIPOS CHIPPER 1	Nº DETENCIONES	DURACIÓN DETENCIÓN	MTTR
ASTILLADOR CANTEADOR CHIPPER CANTER #1 RBS 2500	17	11,77	0,69
VARIADOR DE FRECUENCIA CHIPPER 1 EQ 120	9	1,38	0,15
SERVO CILINDRO LADO IZQUIERDO CHIPPER 1	6	10,6	2,12
MOTOR ELÉCTRICO ASTILLERO DERECHO RBS 2500	5	9,89	1,65
SERVO CILINDRO LADO DERECHO CHIPPER 1	1	0,5	0,50
Σ	38	34,14	
LÍMITE MTTR	0,90		
	0,90		
LÍMITE DE DETENCIONES	7,60		
	7,60		

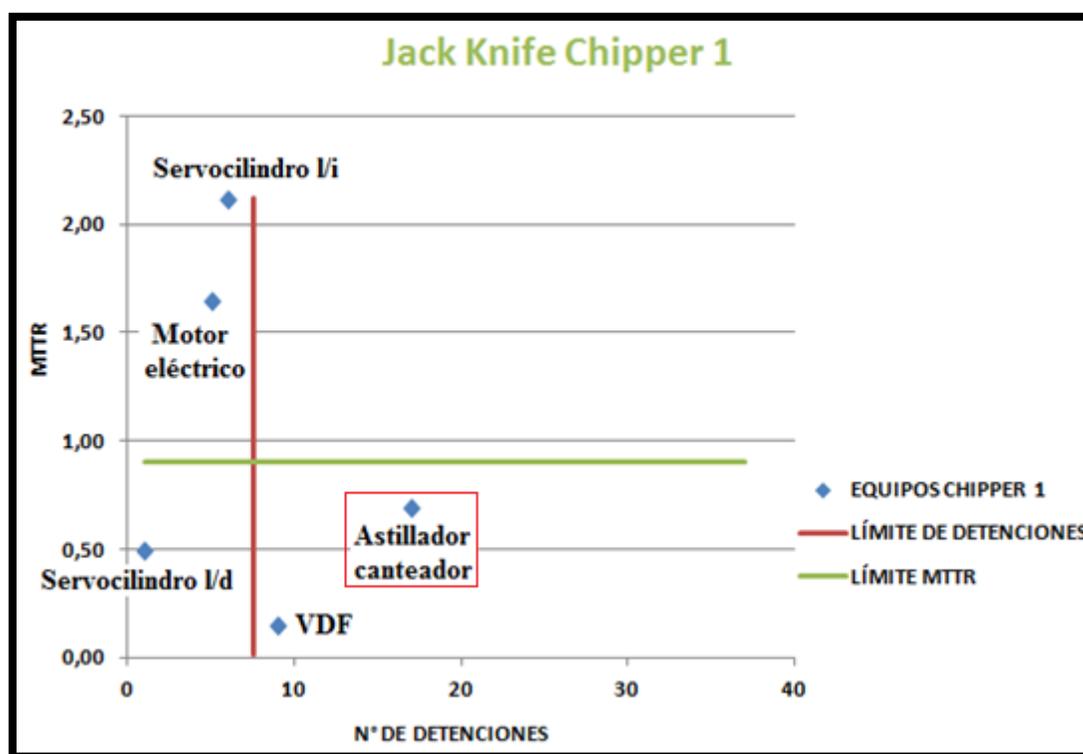


Gráfico 7. Jack Knife del Chipper 1

- Conclusiones del análisis

Este Jack Knife arroja que la Astillador Canteador es el equipo con las fallas críticas del Chipper 1, debido a su alto tiempo medio de reparación MTTR y alta frecuencia en el periodo seleccionado.

4.3.3 Análisis de Jack Knife de la Sierra Múltiple Vislanda

Tabla 6. Jack Knife de la Sierra Múltiple Vislanda

EQUIPOS VISLANDA	N° DE DETENCIONES	DURACIÓN	MTTR
SIERRA CIRCULAR VISLANDA	34	16,09	0,47
ESTANQUE DE AGUA POTABLE REFRIGERACIÓN	2	3	1,50
REDUCTOR RODILLO ALIMENTACIÓN IZQUIERDO	1	0,1	0,10
VARIADOR DE FRECUENCIA EQUIPO 210 M2	1	0,22	0,22
SERVOCILINDRO ÁRBOL SIERRAS VISLANDA	0	0	0,00
MOTOR ELÉCTRICO PRINC. SIERRA MÚLTIPLE VISLANDA 210M1	0	0	0,00
PANEL DE OPERACIÓN BOMBAS REFRIGERACIÓN	0	0	0,00
REDUCTOR RODILLO ALIMENTACIÓN DERECHO	0	0	0,00
REDUCTOR RODILLOS INTERIORES VISLANDA	0	0	0,00
MOTOR ELÉCTRICO RODILLO ALIMENTACIÓN IZQUIERDO 200M1	0	0	0,00
PANEL DE OPERACIÓN SIERRA MÚLTIPLE	0	0	0,00
BOMBA CENTRÍFUGA #2 REFRIGERACIÓN SIERRA MÚLTIPLE	0	0	0,00
BOMBA CENTRÍFUGA #1 REFRIGERACIÓN SIERRA MÚLTIPLE	0	0	0,00
MOTOR ELÉCTRICO RODILLO ALIMENTACIÓN DERECHO 200M2	0	0	0,00
VARIADOR DE FRECUENCIA TRANSPORTE EQ 200	0	0	0,00
MOTOR ELÉCTRICO ACCIONAMIENTO RODILLOS INTERIORES 210M2	0	0	0,00
MOTOR ELÉCTRICO BOMBA #1 REFRIGERACIÓN SIERRA MÚLTIPLE	0	0	0,00
MOTOR ELÉCTRICO BOMBA #2 REFRIGERACIÓN SALIDA MÚLTIPLE	0	0	0,00
Σ	38	19,41	
LÍMITE MTTR	0,51		
	0,51		
LÍMITE DE DETENCIONES	2,11		
	2,11		

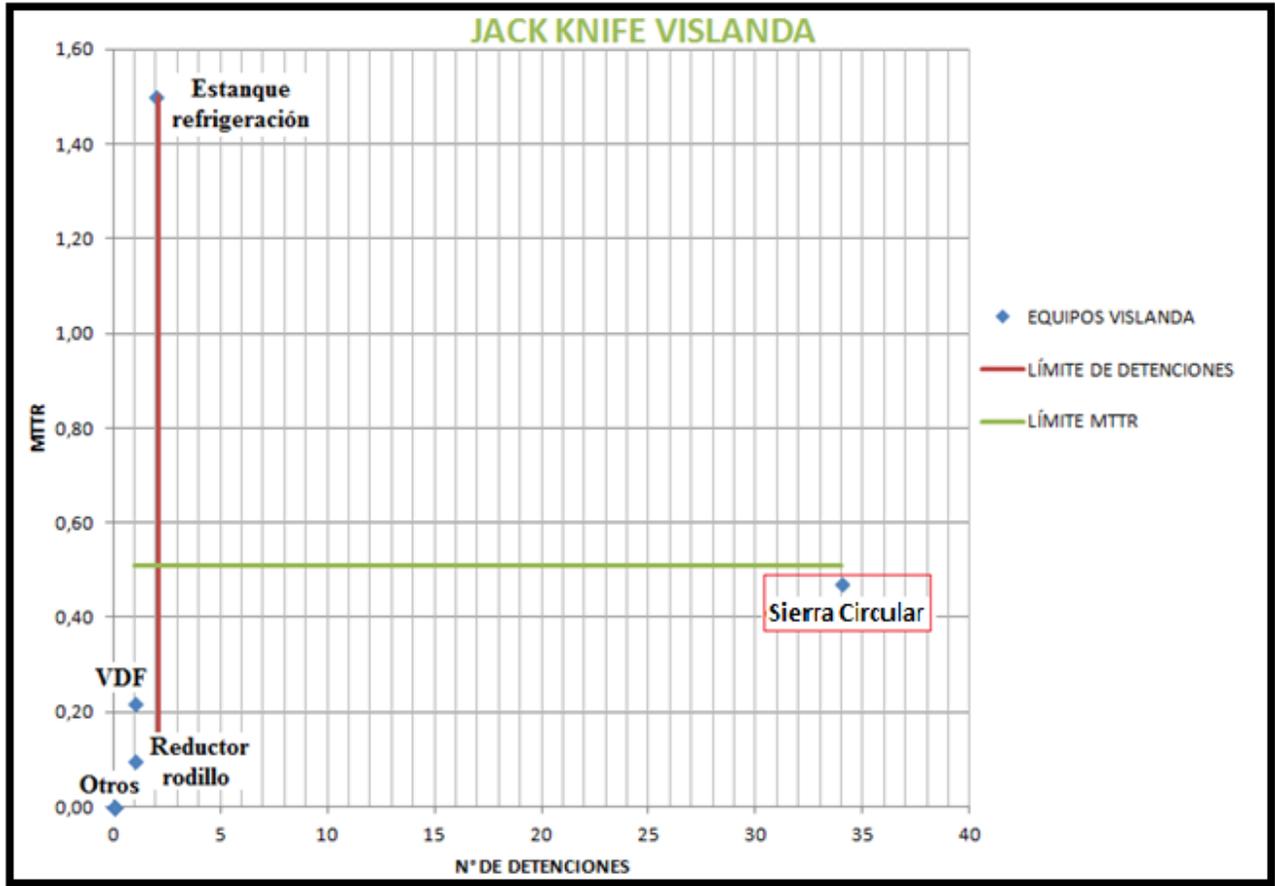


Gráfico 8. Jack Knife de la Sierra Múltiple Vislanda

- **Conclusiones del análisis**

A pesar de que la Sierra Circular no posee el mayor tiempo medio de reparación MTTR en sus detenciones, sí tiene mucha mayor frecuencia en comparación a los demás equipos. Estas características hacen que las detenciones de la Sierra Circular sean crónicas en la Sierra Múltiple Vislanda.

4.3.4 Análisis de Jack Knife del Transportador de Rodillos Presores Laterales

Tabla 7. Jack Knife del Transportador de Rodillos Presores Laterales

EQUIPOS TRANSP ROD PRESORES LATERALES	N° DETENCIONES	DURACIÓN DETENCIÓN	MTTR
RODILLOS PRESORES LATERALES	16	17.18	1.07
VARIADOR DE FRECUENCIA RODILLO LATERALES EQ 120	8	0.84	0.11
REDUCTOR RODILLO PRESOR IZQUIERDO	4	1.74	0.44
MOTOR ELÉCTRICO RODILLO PRESOR IZQUIERDO	1	0.75	0.75
MOTOR ELÉCTRICO RODILLO PRESOR DERECHO	0	0	0.00
REDUCTOR RODILLO PRESOR DERECHO	0	0	0.00
Σ	29	20.51	
LÍMITE MTTR	0.71		
	0.71		
LÍMITE DE DETENCIONES	4.83		
	4.83		

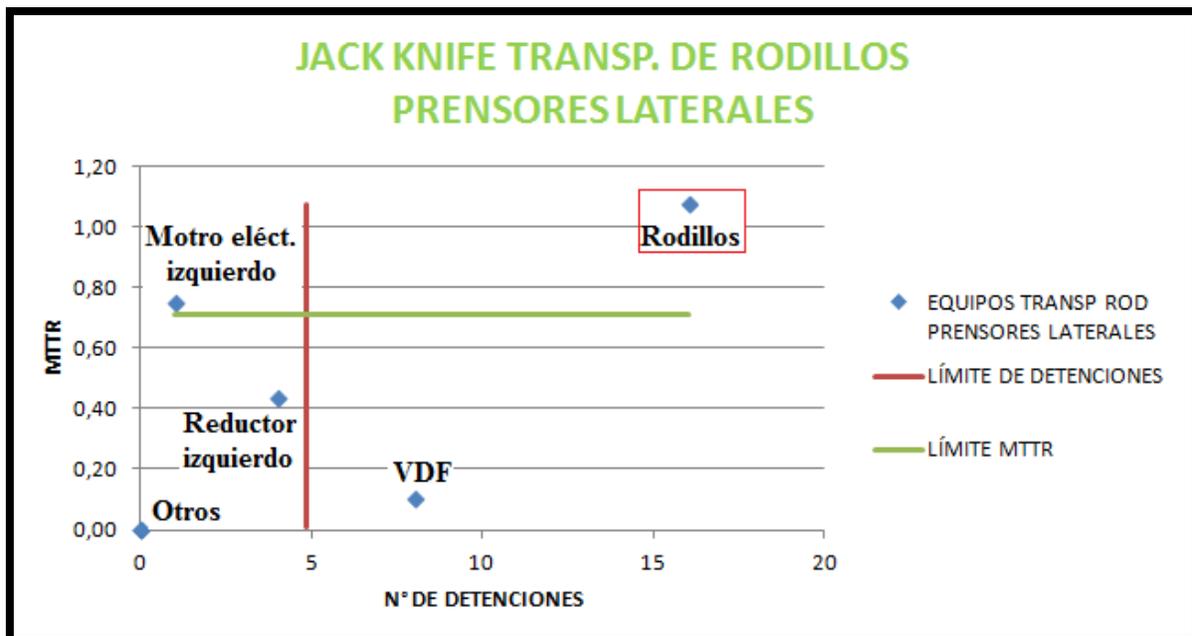


Gráfico 9. Jack Knife del Transportador de Rodillos Presores Laterales

- **Conclusiones del análisis**

Este Jack Knife arroja que los Rodillos Prensos Laterales es el equipo con las fallas críticas del Transportador de Rodillos Prensos Laterales, debido a su alto tiempo medio de reparación MTTR y alta frecuencia en el periodo seleccionado.

4.4 Selección de componentes

Ya seleccionados los subsistemas y equipos críticos correspondientes, es posible detallar y especificar el componente crítico de cada equipo implementando nuevamente el diagrama de Jack Knife.

4.4.1 Análisis de Jack Knife de la Sierra Huincha

Tabla 8. Jack Knife de la Sierra Huincha

COMPONENTES	CANTIDAD	DURACIÓN PARADA	MTTR
Guías	22	12,82	0,58
Válvula accionamiento electrónico	6	0,69	0,12
Acoplamiento	1	0,20	0,20
Hoja Sierra Huincha	1	3,45	3,45
Sistema tensionado hidráulico	1	0,17	0,17
Valvulas	1	0,17	0,17
Σ	32	17,5	
LÍMITE MTTR	0,55		
	0,55		
LÍMITE DE DETENCIONES	5,33		
	5,33		

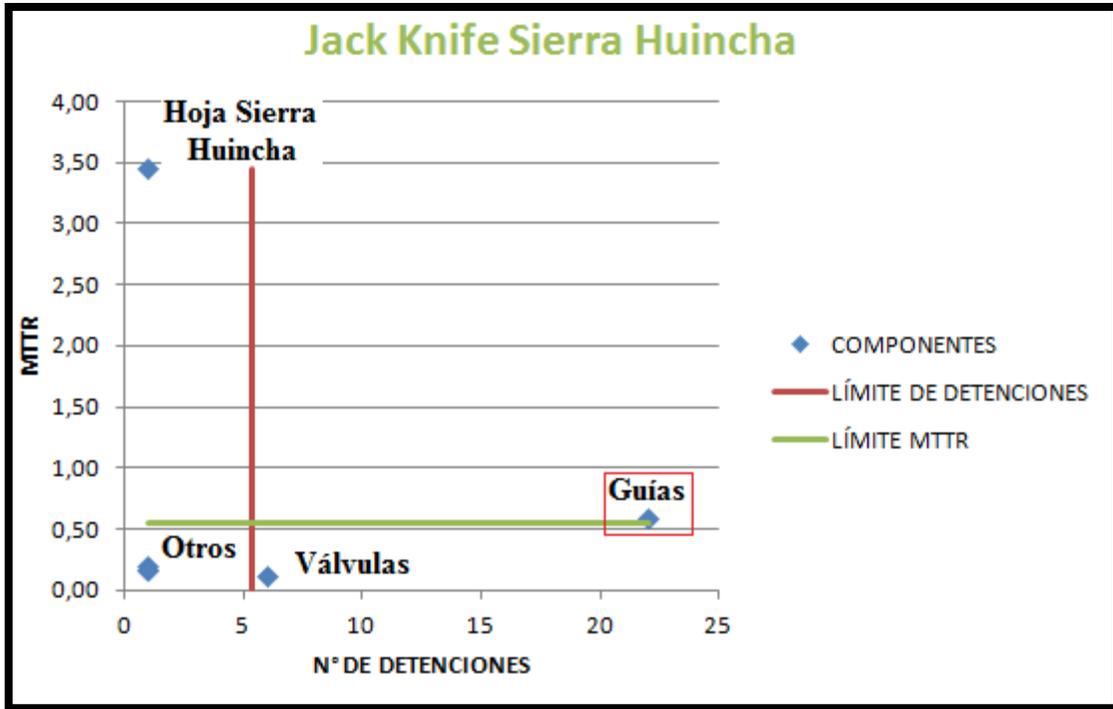


Gráfico 10. Jack Knife de la Sierra Huincha

• **Conclusiones del análisis**

Este Jack Knife arroja que los componentes críticos de la Sierra Huincha son las guías. Sin embargo, este modo de falla no se puede utilizar para definir una curva de confiabilidad como se explica a continuación:

- ✓ Guías: la mayoría de este tipo de detenciones se produjeron a fines del 2013 y principios del 2014, y una vez determinado el origen del problema no volvió a ocurrir ya que se creó un plan para mitigar este tipo de fallas.

Finalmente, ninguno de los componentes de la Sierra Huincha Twin puede ser tomado como objeto de análisis para obtener una curva de confiabilidad, por lo tanto, este subsistema queda exento del estudio.

4.4.2 Análisis de Jack Knife del Astillador Canteador

Tabla 9. Jack Knife del Astillador Canteador

CÓDIGO	COMPONENTE	CANTIDAD	DURACIÓN PARADA	MTTR
1	Rodillos	5	0.75	0.15
2	Estructura	3	6.44	2.15
3	Correa	3	2.70	0.90
4	Guía desgaste	2	0.59	0.30
5	Acoplamiento	2	0.60	0.30
6	Inserto	1	0.27	0.27
7	Válvulas	1	0.42	0.42
Σ		17	11.77	
LÍMITE MTTR		0.69		
		0.69		
LÍMITE DE DETENCIONES		2.43		
		2.43		

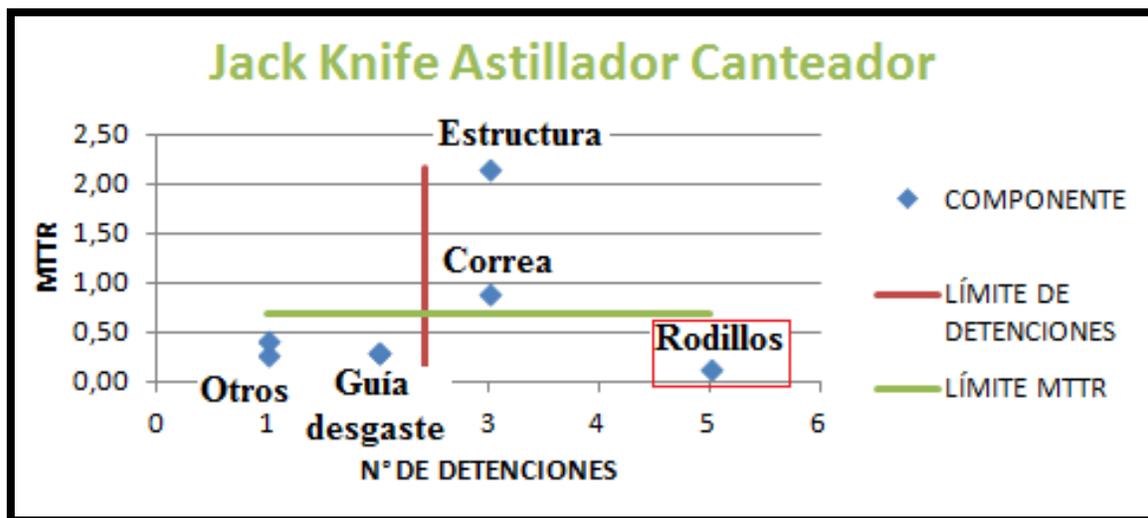


Gráfico 11. Jack Knife del Astillador Canteador

- **Conclusiones del análisis**

Este Jack Knife arroja que los componentes críticos del Astillador Canteador son la Estructura y las Correas, y como componente crónico los Rodillos. Sin embargo, ninguno de estos modos de falla se puede utilizar para definir una curva de confiabilidad como se explica a continuación:

- ✓ Rodillos: se produjo un día puntual por un desalineamiento provocado por un trozo atorado en el equipo y que una vez determinado el origen del problema, no volvió a ocurrir.
- ✓ Estructura y Correas: a pesar de que estas fallas produjeron detenciones de una duración considerablemente alta, cada una de ellas posee sólo tres detenciones en un periodo de dos años, por lo que no es posible obtener una curva de confiabilidad verídica, ya que al ser sólo tres detenciones, los tiempos entre fallas TBF (que son con los que se trabaja para obtener la curva de confiabilidad) son sólo dos.

Finalmente, ninguno de los componentes del Chipper 1 puede ser tomado como objeto de análisis para obtener una curva de confiabilidad, por lo tanto, este subsistema también queda exento del estudio.

4.4.3 Análisis de Jack Knife de la Sierra Circular

Tabla 10. Jack Knife de la Sierra Circular

CÓDIGO	COMPONENTES	CANTIDAD	DURACIÓN PARADA	MTRR
1	Guías	10	4.46	0.45
2	Cilindros	4	1.12	0.28
3	Correas	4	4.79	1.20
4	Rodamiento	3	1.26	0.42
5	Cadena	2	0.45	0.23
6	Piñón	2	2.12	1.06
7	Rodillos cargadores	2	0.50	0.25
8	Rodillos inferiores	2	0.16	0.08
9	Acoplamiento	1	0.18	0.18
10	Cinta salida	1	0.17	0.17
11	Eje	1	0.40	0.40
12	Estructura	1	0.33	0.33
13	Válvulas	1	0.15	0.15
Σ		34	16.09	
LÍMITE MTRR		0.47		
		0.47		
LÍMITE DE DETENCIONES		2.62		
		2.62		

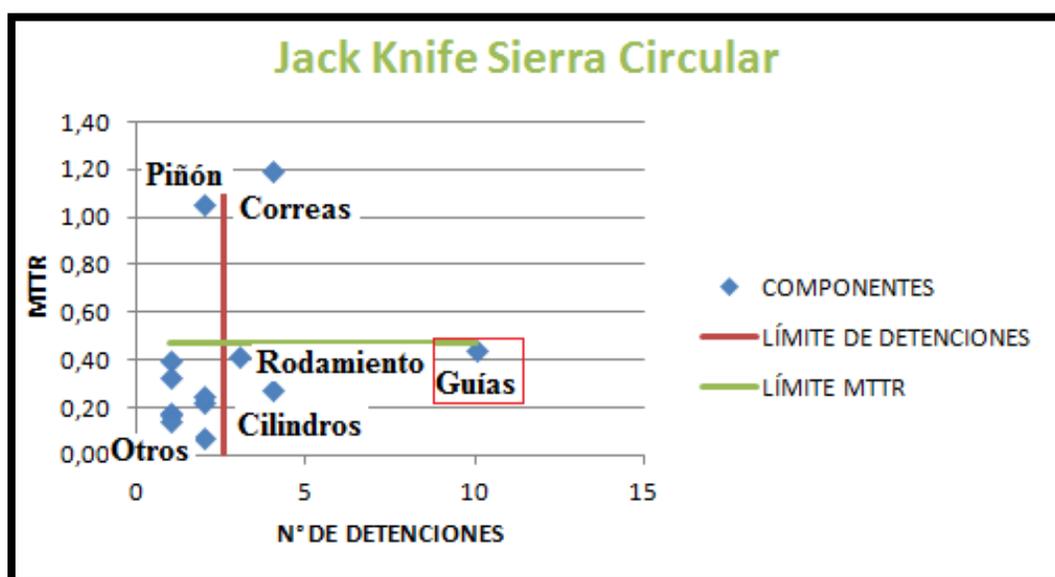


Gráfico 12. Jack Knife de la Sierra Circular

- **Conclusiones del análisis**

Este Jack Knife arroja que los componentes crónicos de la Sierra Circular son las Guías y los componentes críticos son las Correas. Sin embargo, tal como ocurre con los rodillos en el Chipper 1, las Correas no son un componente que permita realizar el análisis de confiabilidad, ya que fue una detención ocurrida en un día puntual, y que una vez determinado su origen, no volvió a pasar nuevamente. Por lo tanto, el componente crítico de la Sierra Circular, perteneciente a la Sierra Múltiple Vislanda, son las Guías.

Finalmente, las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda serán objeto de estudio para obtener la curva de confiabilidad y así evaluar posibles mejoras en las acciones preventivas actuales o, de ser necesario, la creación de nuevos planes preventivos asociados al componente.

4.4.4 Análisis de Jack Knife de los Rodillos Presores Laterales

Tabla 11. Jack Knife de los Rodillos Presores Laterales

COMPONENTES	CANTIDAD	DURACIÓN PARADA	MTTR
Rodillos	12	16,94	1,41
Correa	4	0,24	0,06
Σ	16	17,18	
LÍMITE MTTR	1,07		
	1,07		
LÍMITE DE DETENCIONES	8,00		
	8,00		

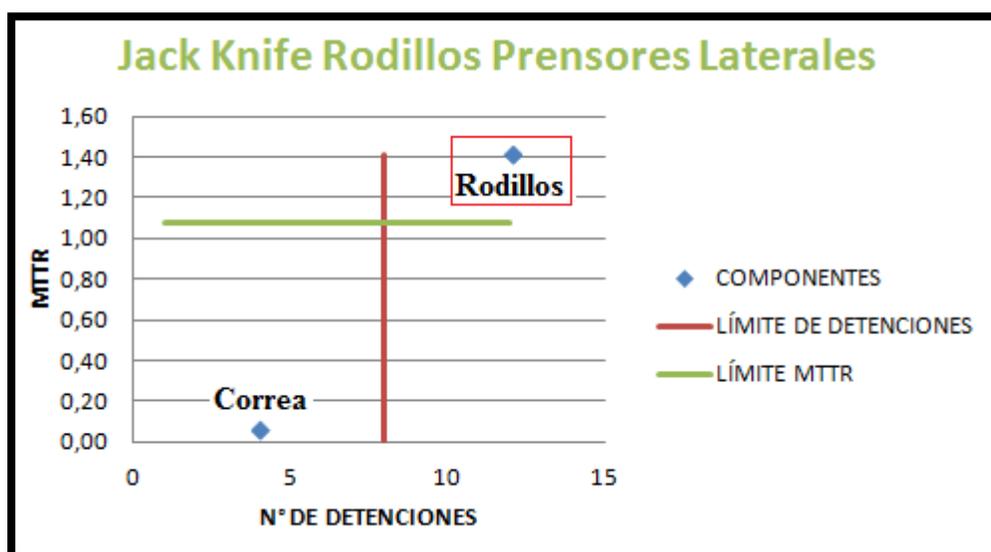


Gráfico 13. Jack Knife de los Rodillos Presores Laterales

- **Conclusiones del análisis**

Este Jack Knife arroja que los componentes críticos del Transportador de Rodillos Prensos Laterales son los rodillos. Sin embargo, este modo de falla no se puede utilizar para definir una curva de confiabilidad como se explica a continuación:

- ✓ Rodillos: este modo de falla ocurrió entre el 26 de Junio y el 01 de Julio de 2014, y una vez determinado el origen del problema (soltura y desgaste del componente) no volvió a ocurrir, ya que se creó un plan preventivo para este tipo de falla.

Finalmente, ninguno de los componentes del Transportador de Rodillos Prensos Laterales puede ser tomado como objeto de análisis para obtener una curva de confiabilidad, por lo tanto, este subsistema queda exento del estudio.

- **Conclusiones generales del análisis**

A partir de los resultados anteriores se determina que el estudio de confiabilidad se enfocará en las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda, ya que es el único modo de falla, que debido a sus características, permite realizar un análisis verídico de esta índole.

4.5 Tipos de Mantenición

Ya determinado el componente crítico de la Línea Principal, se puede analizar en detalle el tipo de mantenciones aplicadas a este, y así, palpar la importancia de aumentar al máximo posible las mantenciones preventivas sobre las correctivas.

Uno de los parámetros disponibles en la base de datos es el tipo de mantención aplicada en el sistema y los costos asociados a cada una de ellas. Los tipos de mantención a analizar en este caso son dos.

- **Mantenciones Correctivas (ZAM):** este tipo de mantención se realiza cuando se produce una falla o detención, por lo tanto, es insuficiente y limitante, ya que si los tiempos medios de reparación se dilatan, puede representar costos de productividad extremadamente significativos. En el sistema SAP este tipo de intervenciones se representa con la sigla ZAM
- **Mantenciones Preventivas (ZPP):** esta mantención tiene como objetivo reducir la probabilidad de ocurrencia de falla evitando detenciones repentinas en la producción. En el sistema SAP está representado por la sigla ZPP.

4.5.1 Mantenimiento Preventiva ZPP vs Mantenimiento Correctiva ZAM

- Subsistema crítico

Tabla 12. Cantidad de mantenimientos preventivas vs mantenimientos correctivas de la Sierra Múltiple Vislanda

✓ Cantidad

SUBSISTEMA	ZAM		ZPP	
VISLANDA	131	14%	783	86%

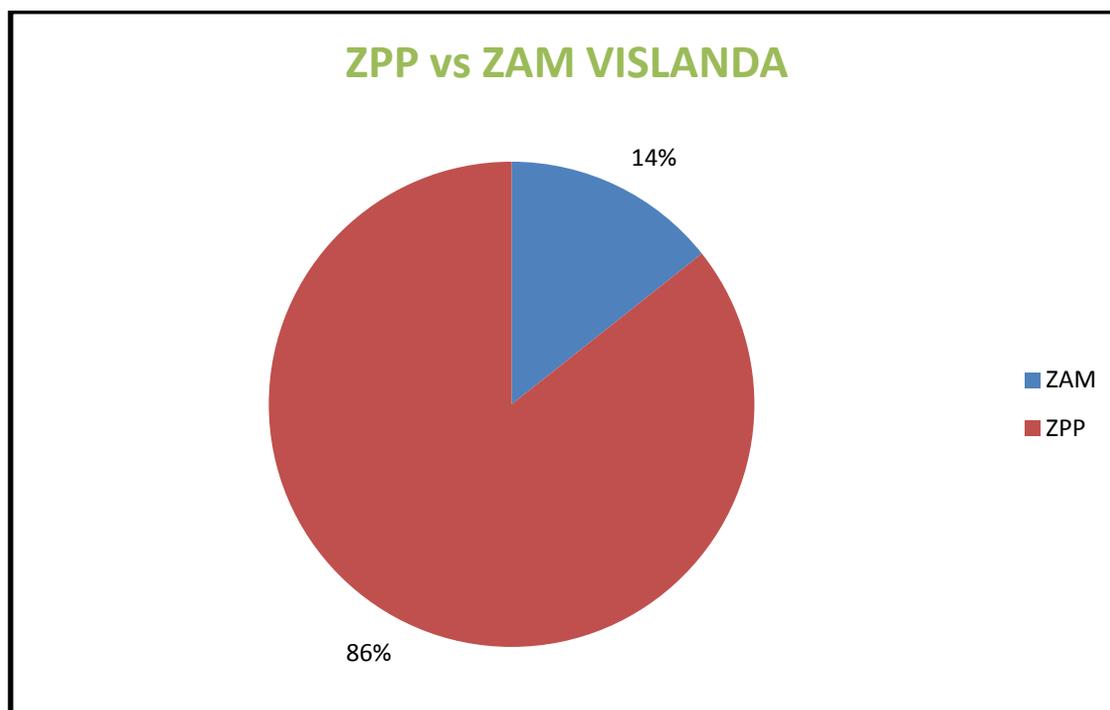


Gráfico 14. Mantenciones preventivas vs mantenimientos correctivas de la Sierra Múltiple Vislanda

✓ **Costos**

Tabla 13. Costos de mantenciones preventivas vs mantenciones correctivas de la Sierra Múltiple Vislanda

SUBSISTEMA	COSTOS ZAM		COSTOS ZPP	
VISLANDA	\$16,760,232.00	34%	\$32,015,797.00	66%

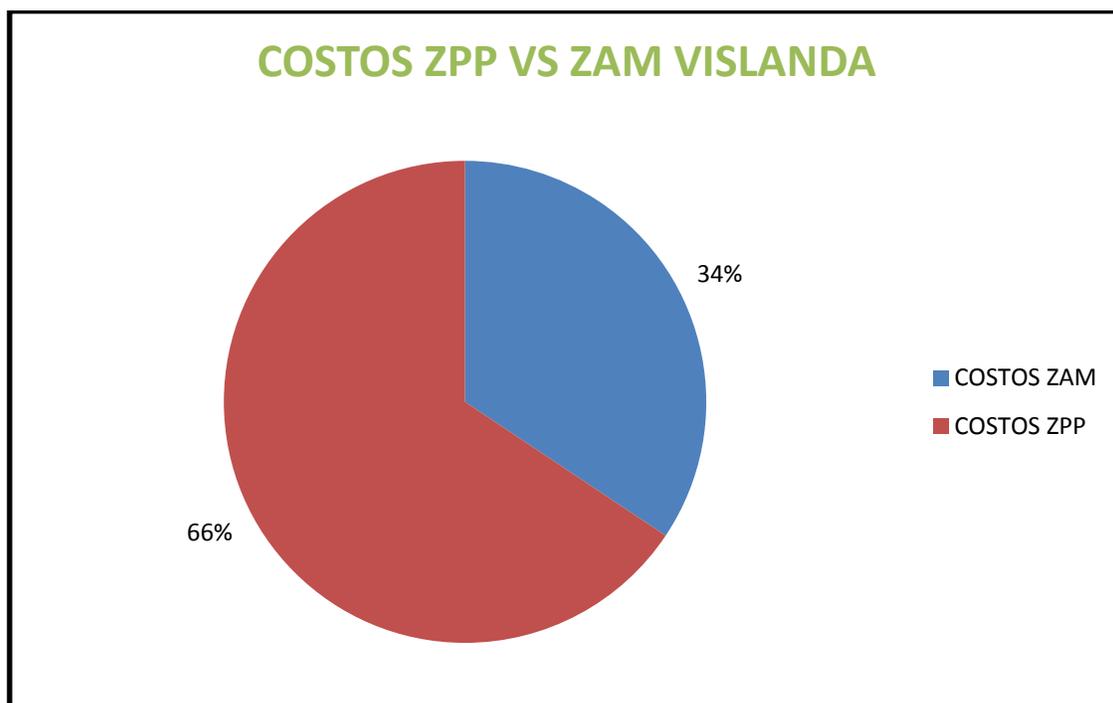


Gráfico 15. Costos de mantenciones preventivas vs mantenciones correctivas de la Sierra Múltiple Vislanda

- **Equipo crítico**

- ✓ **Cantidad**

Tabla 14. Cantidad de mantenencias preventivas vs mantenencias correctivas de la Sierra Circular

EQUIPO	ZAM		ZPP	
SIERRA CIRCULAR	108	14%	661	86%

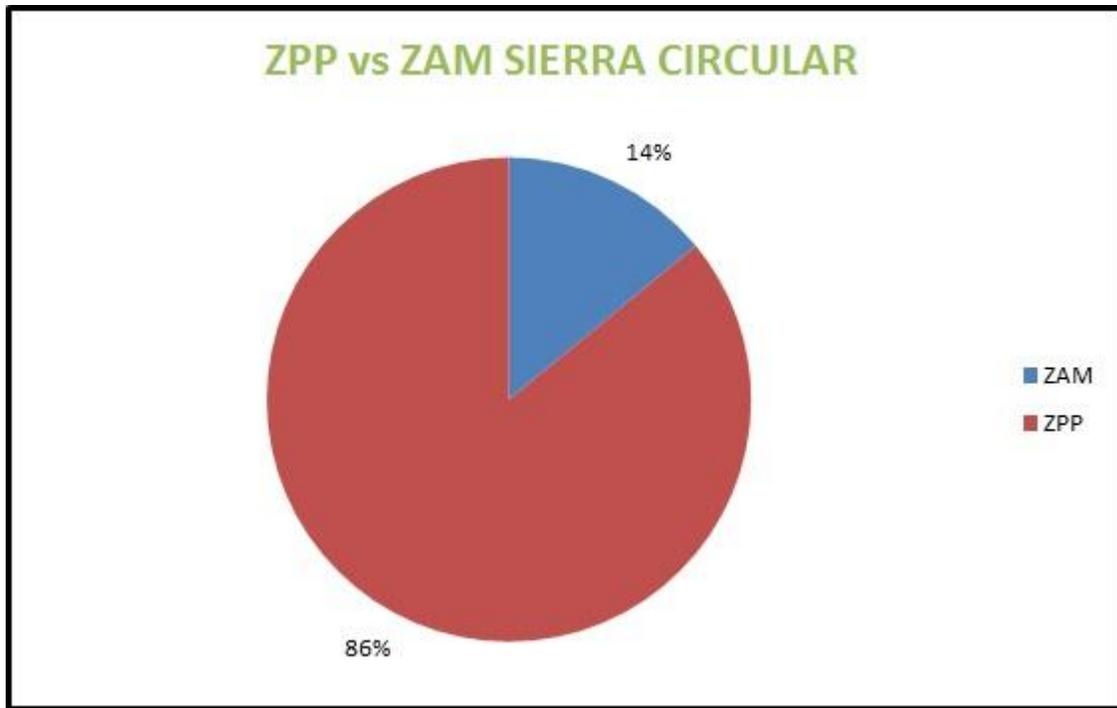


Gráfico 16. Mantenciones preventivas vs mantenencias correctivas de la Sierra Circular

✓ **Costos**

Tabla 15. Costos de mantenciones preventivas vs mantenciones correctivas de la Sierra Circular

EQUIPO CRÍTICO	COSTOS ZAM		COSTOS ZPP	
SIERRA CIRCULAR	\$12,455,721.00	31%	\$27,831,889.00	69%

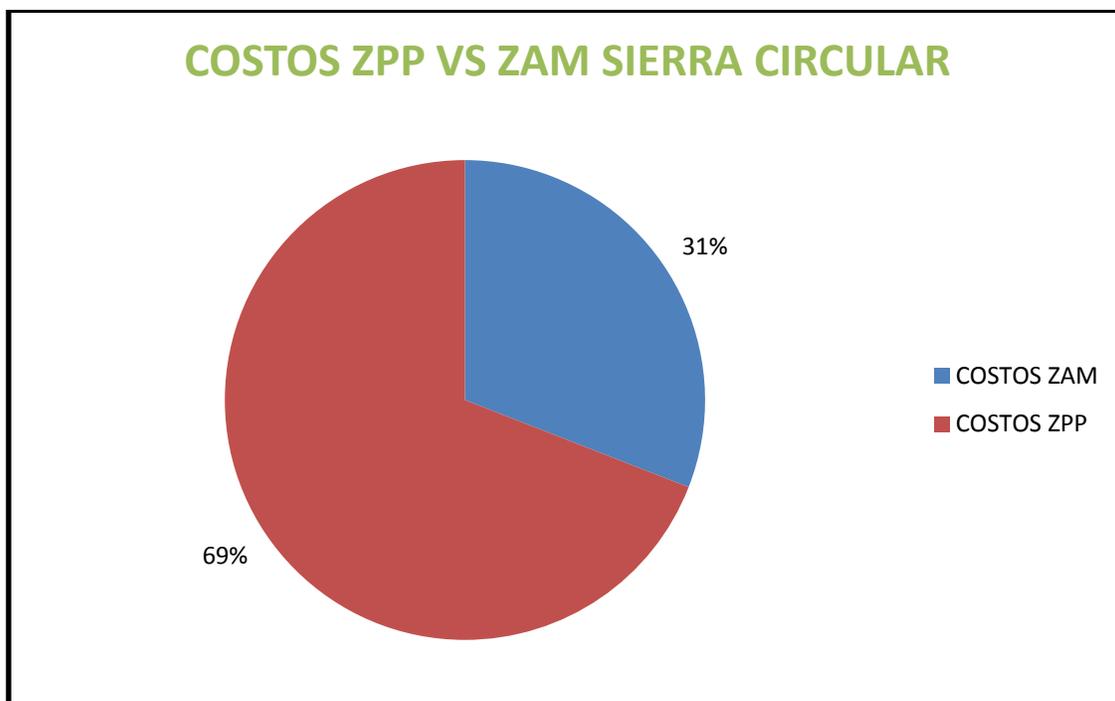


Gráfico 17. Costos de mantenciones preventivas vs mantenciones correctivas de la Sierra Circular

- **Conclusiones**

De los gráficos se concluye que en el subsistema y su respectivo equipo crítico de la Línea Principal, las mantenciones preventivas representan el mayor porcentaje en cuanto a cantidad y costos asociados. Sin embargo, el hecho de que tengan más intervenciones preventivas que correctivas, no significa una menor cantidad de detenciones, lo que se podría deber a errores en las frecuencias de mantención, a procedimientos inadecuados, a intervenciones incompletas o a la falta de un plan preventivo específico para el equipo crítico.

A pesar de que las mantenciones preventivas del subsistema representan un 86% del total de mantenciones, los costos asociados a las correctivas representan un 34%, es decir, los costos asociados a cada mantención correctiva, en promedio, son mayores que los de las preventivas. Por lo tanto, es necesario aumentar aún más el porcentaje de las mantenciones preventivas o, en su defecto, mejorarlas. Todo ello apuntando a un ahorro de recursos y un aumento en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Por esto es necesario revisar y estudiar los planes preventivos asociados al subsistema crítico, y con ello, poder estudiar la creación de nuevos planes como también realizar modificaciones a los ya existentes.

4.6 Análisis de Modo, Efecto y Causa de Fallas

Este análisis describe en detalle los modos de falla para el equipo crítico del sistema, identificando sus causas y efectos directos.

La siguiente tabla resume los modos de falla que se producen en la Guías de la Sierra Múltiple Vislanda.

Tabla 16. Análisis MAFEC Sierra Múltiple Vislanda

MODO DE FALLA	CAUSAS	EFFECTOS
Desalineamiento de Guías	Soltura de elemento de fijación Mal alineamiento de componentes	Acuñamiento del producto
Desgaste de guías	Desalineamiento Roce con la basa	
Desmontaje de guías	Falta tensión	Falla carro prensor Vislanda

Las guías de la Sierra Múltiple Vislanda forman parte del carro centrador y trabajan en conjunto con los rodillos de entrada del equipo. Su función principal es permitir guiar la basa hacia las Sierras Circulares y que el corte se realice de manera correcta, incluso cuando se trata de un corte en curva.

Las fallas que ocurren en las guías son producidas principalmente por la curvatura que poseen las basas, por lo tanto, es de suma importancia la inspección periódica de este elemento, ya que una desviación en este componente influye directamente en la obtención de productos defectuosos y, por ende, en detenciones de la producción.

4.7 Análisis Weibull

El objetivo del Análisis de Weibull es determinar la curva de Confiabilidad de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda y luego estudiar posibles mejoras en la frecuencia de las intervenciones preventivas que se realizan y, en caso de ser necesario, la creación de nuevos planes preventivos para evitar este tipo de falla.

Para obtener la distribución de confiabilidad se utilizan las detenciones asociadas al componente crítico del subsistema crítico, ya que de esa manera la curva mezcla lo menos posible los tipos de falla y, por lo tanto, sus resultados son reales y permiten realizar un análisis verídico de las fallas del sistema.

Mediante el método de los mínimos cuadrados y utilizando como variable los tiempos entre fallas TBF, se determinan los parámetros de localización, forma y escala. Una vez determinados estos parámetros, se procede a graficar la distribución de Confiabilidad y, en su defecto, la distribución de Probabilidad de Falla, ambas en función de las horas de uso. Por su parte, el parámetro de localización se iguala a cero, ya que desde ese instante se generará la distribución.

4.7.1 Weibull de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda

A continuación se describen los pasos para obtener los parámetros de Weibull y la distribución de confiabilidad correspondiente.

- **Tiempos entre falla TBF**

Para obtener los tiempos entre falla se ordenan las detenciones asociadas a las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda de la más antigua a la más actual, para luego ordenarlos de menor a mayor.

Tabla 17. Tiempos entre fallas TBF

Descripción	Inicio avería	Fin avería	Hora in. avería	Hora fin avería	TBF	TBF ordenado
ALINEAMIENTO DE GUIAS	28/05/2013	28/05/2013	02:30:00	02:38:00	2938,9	0,1
ALINEAMIENTO DE GUIAS	27/09/2013	27/09/2013	13:35:00	15:10:00	307,5	0,4
SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	10/10/2013	10/10/2013	10:40:00	10:51:00	0,1	3,0
SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	10/10/2013	10/10/2013	10:58:00	11:11:00	165,6	165,6
SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	17/10/2013	17/10/2013	08:47:00	08:57:00	183,6	183,6
SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	25/10/2013	25/10/2013	00:34:00	00:49:00	3608,5	307,5
SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	24/03/2014	24/03/2014	09:18:00	09:32:00	0,4	2938,9
SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	24/03/2014	24/03/2014	09:58:00	10:13:00	3,0	3393,9
SE ALINEA MAQUINA	24/03/2014	24/03/2014	13:15:00	14:08:00	3393,9	3608,5
Falla Carro Prensor Vislanda	13/08/2014	13/08/2014	00:00:00	00:34:00	3728,6	3728,6
SE DESRROSCA VASTAGO EQ.230	15/01/2015	15/01/2015	09:11:00	09:16:00		

- **Método de los Mínimos Cuadrados**

Utilizando las siguientes ecuaciones del método de los mínimos cuadrados es posible encontrar los parámetros de Weibull de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda

$$y = \ln[-\ln(1 - F(t))]$$

$$x = \ln t$$

$$B = -\beta \ln \alpha$$

- **Rango de Mediana**

Además, mediante el método del Rango de Mediana se determina la función probabilidad de falla $F(t)$.

$$RM(x_i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

Tabla 18. Método de los Mínimos Cuadrados y Rango de Mediana

i	TBF	RM	$X_i=[\ln(t)]$	$Y_i=[\ln[-\ln((1-F(t)))]]$
1	165,6	9,5%	5,109575242	-2,308880127
2	183,6166667	23,0%	5,212850251	-1,343181902
3	307,5	36,5%	5,728475087	-0,789839834
4	2938,95	50,0%	7,985807654	-0,366512921
5	3393,866667	63,5%	8,12972516	0,00819456
6	3608,483333	77,0%	8,191042834	0,385841654
7	3728,616667	90,5%	8,223792577	0,85787951

- **Parámetros de Weibull de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda**

Mediante las coordenadas anteriores es posible trazar una recta que permite determinar los parámetros de Weibull de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda. La pendiente de dicha recta representa el parámetro de forma de la distribución de Weibull, el parámetro de localización se iguala a cero, ya que desde ese instante se generará la distribución y, por último, el parámetro de escala se determina mediante la siguiente ecuación.

$$\alpha = e^{-\left(\frac{B}{\beta}\right)}$$

Tabla 19. Parámetros de Weibull de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda

PENDIENTE	0,644362407
INTERCEPTO (B)	-4,980063193
PARÁMETRO DE LOCALIZACIÓN (δ)	0
PARÁMETRO DE FORMA (β)	0,644362407
PARÁMETRO DE ESCALA (α)	2272,573396

- **Curva de Confiabilidad de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda**

Ingresando los parámetros descritos anteriormente a la siguiente ecuación, se obtiene la distribución de confiabilidad de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda de la Línea Principal del aserradero.

$$R(t) = \int_{\delta}^{\infty} f(s)ds = e\left[-\left(\frac{t-\delta}{\alpha}\right)^{\beta}\right]$$

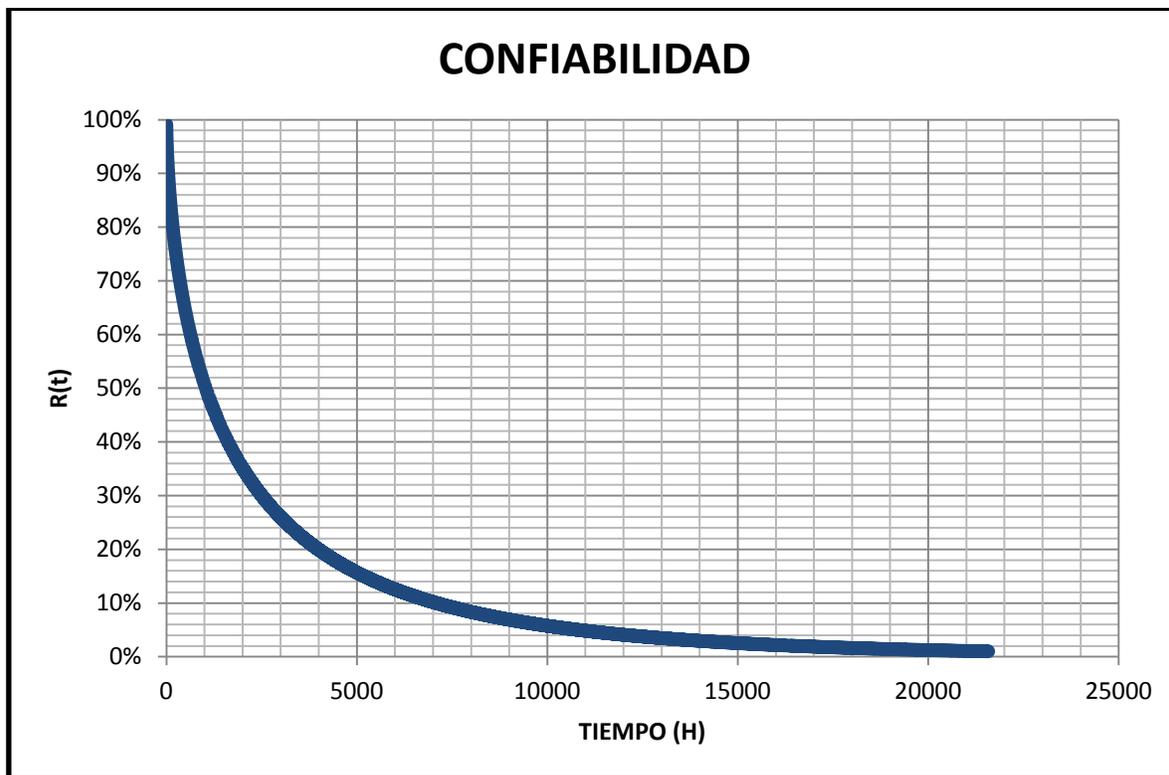


Gráfico 18. Curva de Confiabilidad de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda

- **Conclusiones**

Para este modo de falla el factor de forma es 0.64, que implica falla por mortalidad infantil, que significa una alta tasa de falla al inicio de la vida útil del componente. Esto se puede deber a una carga o inspección inadecuada, problemas de manufactura y/o problemas de reparación.

4.8 Planes de Mantenimiento Preventivo

Los planes preventivos disponibles en la base de datos se pueden clasificar principalmente por equipo, ubicación técnica, frecuencia y estrategia. Esta última se puede dividir en las siguientes categorías:

- **EVENTO:** son planes asociados a puntos de medida, que indican si es necesario cambiar un componente.
- **A:** estos planes tienen una frecuencia a plazo fijo.
- **HORAS:** su frecuencia se mide en horas operativas.
- Los planes sin estrategia están asociados a rutas de medición y el valor que describen es el desgaste máximo que puede tener un componente. Si ese desgaste máximo se excede, el componente debe cambiarse para evitar su mal funcionamiento y/o la detención de la producción.

4.8.1 Planes preventivos de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda

Tabla 20. Planes preventivos de las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda

PLANES	FRECUENCIA	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CONFIABILIDAD
72627	400	μm	Visl -Cambio Guías Laterales Interiores	
76706	100 μm excentricidad / 200 μm desgaste y planitud	μm	Visl-Cambio bujes pivote y guía apoyo	
21995	390	H	L.PRINC2-VISL-ALINEAMIENTO MEC. (MI)	69%
55269	720	H	Ruta nº3255,F720H, Med D.S VISLANDA (LU)	58%

Como se aprecia en la Tabla 20 la confiabilidad de los planes preventivos asociados a las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda es baja. Por una parte existe una ruta de inspección con una frecuencia de 720 horas de producción, y que según la curva de confiabilidad del componente obtenida anteriormente, está entregando una confiabilidad del 58%. Por otro lado, está la ruta de alineamiento con una frecuencia de 390 horas y que entrega un 69% de confiabilidad al sistema.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

En este trabajo es realizado un estudio de confiabilidad de los equipos de la Línea Principal del Aserradero Horcones I y se establecen las frecuencias de mantención aceptables para aumentar su disponibilidad. A través del indicador de confiabilidad se busca proponer mejoras en las acciones de mantención, tomando medidas correctivas y decisiones certeras en base a datos verídicos, actuales y representativos.

La descripción general del proceso productivo del aserradero permite conocer el contexto donde se realiza el estudio, describiendo los componentes del sistema, su importancia dentro de la producción y la función de cada uno de sus equipos.

En base al análisis del número de detenciones y de los planes creados por año, se selecciona el periodo 2013-2014 para realizar el estudio de confiabilidad, ya que dichos años presentan cierta estabilidad en comparación a los antecesores próximos, donde la cantidad de datos es irregular.

La selección de los subsistemas, equipos y componentes críticos se realiza mediante los análisis de Pareto y Jack Knife. En primera instancia los resultados arrojan que son cuatro los subsistemas críticos. Una vez seleccionados estos subsistemas se procede a realizar la selección de los equipos críticos de cada uno de ellos, para luego, diferenciar cada uno de los componentes críticos de dichos equipos. A partir de los resultados se determina que el estudio de confiabilidad se enfocará en las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda, ya que es el único modo de falla, que debido a sus características, permite realizar un análisis verídico de esta índole. Estas guías son las encargadas de dar dirección y estabilidad a la basa que va a ser cortada por la Sierras Circulares del equipo e influye directamente en la calidad de los cortes y, por ende, del producto final.

El análisis de los tipos de mantenciones realizadas al componente seleccionado muestra que en el subsistema y su respectivo equipo crítico, las mantenciones preventivas representan el mayor porcentaje en cuanto a cantidad y costos. Sin embargo, los costos asociados a cada mantención correctiva, en promedio, son mayores que los de las preventivas. Por lo tanto, es necesario mejorar las mantenciones preventivas, ello apuntando a un ahorro de recursos y un aumento en la

disponibilidad y confiabilidad de los equipos. En base a esto es necesario revisar y estudiar los planes preventivos asociados al subsistema crítico, y con ello, poder realizar mejoras.

Las fallas en las guías de la Sierra Múltiple Vislanda son producidas principalmente por la curvatura que poseen las basas, por lo tanto, es de suma importancia la inspección periódica del alineamiento y el apriete de sus elementos de fijación, ya que una desviación en este componente influye directamente en la obtención de productos defectuosos y, por ende, en detenciones de la producción.

El método de Weibull indica que este modo de falla se clasifica como infantil, es decir, existe una alta tasa de falla al inicio de la vida útil del componente, lo que se puede reducir aumentando la frecuencia de las inspecciones del equipo y mejorando las intervenciones de mantención.

A través del análisis de las frecuencias de los planes preventivos de mantención, se determina que la confiabilidad que estos le entregan a las Guías de la Sierra Múltiple Vislanda es baja, por lo que es recomendable aumentar la frecuencia de inspección y alineamiento de la Sierra Múltiple Vislanda cada 50 horas de operación, entregándole una confiabilidad al sistema de un 90% y permitiendo apuntar a un aumento en la disponibilidad de los equipos y con ello cumplir con las metas establecidas a nivel organizacional.

Los resultados obtenidos en el estudio permiten dilucidar que el Aserradero Horcones I posee altos índices de confiabilidad en su Línea Principal, ya que de todos los subsistemas y equipos que la componen, sólo un componente específico arrojó detenciones significativas en el periodo de estudio determinado.

Por más acotado que sean los resultados, es de suma importancia apuntar a reducir ese tipo de falla, ya que al ser un sistema que trabaja en serie y bajo estrictos estándares de calidad en sus productos, una falla en estas guías produce la detención de la actividad productiva completa de la Línea Principal y el aserradero, lo que se traduce en pérdidas económicas, retrasos en la entregas de los productos, insatisfacción de clientes, daños en las instalaciones, inseguridad del personal, entre otros; tópicos que son totalmente evitables si se previenen este tipo de anomalías.

BIBLIOGRAFÍA

Abernethy, R. B. (s.f.). *Mantenimiento Planificado*. Obtenido de

http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/Fundamentos%20análisis%20Weibull.pdf

Adolfo Arata, L. F. (2005). *Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento*. Santiago: RIL editores.

C., A. D. (Octubre de 2014). *Universidad Industrial de Santander*. Obtenido de

http://tic.uis.edu.co/ava/pluginfile.php/248460/mod_resource/content/3/Parametros%20de%20fallas%20y%20%20Weibull.pdf

Cárdenas, A. J. (2014). *Informe de Habilitación Profesional: Estudio de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad acorde al sistema Asse Management aplicado a la flota de Bulldozer Cat d10t, minera Anglo American operación Mantoverde*. Concepción.

Murillo, W. (1998). *RCM Ingeniería*. Obtenido de

<http://www.rcmingeneria.com/sites/default/files/4.14%20Weibull%20Análisis%20para%20prediccion%20de%20fallas%20Ver1.pdf>

Olivera, D. A. (2013). *Informe de Habilitación Profesional: Estudio de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM) aplicado en transmisión de levante de palas eléctricas Bucyrus 495hr en Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM*. Concepción.

Pascual, R. (2007). *El arte de mantener*. Santiago.

Ramos, R. R. (2014). *Informe de Habilitación Profesional: Análisis de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad aplicado al equipo Canteaora Edgar en Aserradero Arauco S.A. Planta Cholguán*. Concepción.

ANEXO N°1

Base de datos de las fallas asociadas a las guías de la Sierra Múltiple Vislanda

Descripción: este apartado contiene las detenciones asociadas al componente crítico al que se le aplicó el Estudio de Confiabilidad utilizando los Tiempos entre fallas.

Ubicac.técnica	Descripción	Inicio avería	Fin de avería	Hora in.avería	Hora fin avería	Componente	Duración parada
AA03-020-LP1-SIC001-SIC001	ALINEAMIENTO DE GUIAS	27/09/2013	27/09/2013	13:35:00	15:10:00	Guias	1.58
AA03-020-LP1-SIC001-SIC001	SE ALINEA MAQUINA	24/03/2014	24/03/2014	13:15:00	14:08:00	Guias	0.88
AA03-020-LP1-SIC001-SIC001	Falla Carro Prensor Vislanda	13/08/2014	13/08/2014	00:00:00	00:34:00	Guias	0.57
AA03-020-LP1-SIC001-SIC001	SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	24/03/2014	24/03/2014	09:58:00	10:13:00	Guias	0.25
AA03-020-LP1-SIC001-SIC001	SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	25/10/2013	25/10/2013	00:34:00	00:49:00	Guias	0.25
AA03-020-LP1-SIC001-SIC001	SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	24/03/2014	24/03/2014	09:18:00	09:32:00	Guias	0.23
AA03-020-LP1-SIC001-SIC001	SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	10/10/2013	10/10/2013	10:58:00	11:11:00	Guias	0.22
AA03-020-LP1-SIC001-SIC001	SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	10/10/2013	10/10/2013	10:40:00	10:51:00	Guias	0.18
AA03-020-LP1-SIC001-SIC001	SE AGREGAN SIERRAS PARA PERFILAR	17/10/2013	17/10/2013	08:47:00	08:57:00	Guias	0.17
AA03-020-LP1-SIC001-SIC001	ALINEAMIENTO DE GUIAS	28/05/2013	28/05/2013	02:30:00	02:38:00	Guias	0.13

Tabla 21. Detenciones asociadas al componente crítico al que se le aplicó el Estudio de Confiabilidad utilizando los Tiempos entre fallas

ANEXO N°2

Planes preventivos asociados a las Sierra Múltiple Vislanda

Descripción: a continuación se detallan todos los planes preventivos de la Sierra Múltiple Vislanda utilizados actualmente.

Estrategia	Plan mant.prev.	TxtPosicManten	FREC.	UNIDAD
A	6128	L.PRINC2-VISLAND-INSP.CTO.REFR.SIER(MI)	1	SEM
	17134	L.PRINC2-CAMB.CADEN.ACCIONA.RODIL-EQ210	3%	
A	21995	L.PRINC2-VISL-ALINEAMIENTO MEC. (MI)	1	SEM
HORAS	22881	VISLANDA -CAMB ROD. Y SOP. ROD. PRENSOR	3000	H
HORAS	22932	L.PRINC2- CAMB.SELL CIL ROD SUP SAL 210	1500	H
HORAS	22933	L.PRINC2-CAMB.SELLO CIL.ROD.SUP ENT 210	800	H
HORAS	49959	VISLANDA-CAMBIO ELEMENTOS SIST LUB SIERRAS	400	H
EVENTO	52182	Visl-Cambio rotulas cilindros carg. ent.	5	AÑOS
EVENTO	52186	Visl-Cambio rotulas cilindros carg. sal	5	AÑOS
HORAS	55269	Ruta nº3255,F720H, Med D.S VISLANDA (LU)	800	H
EVENTO	58911	Visl.Camb.Rot.Barra Inf.Panto.Lado Oreja	5	AÑOS
EVENTO	58923	Visl.Camb.Rot.Barra Inf.Panto.Lado Carro	5	AÑOS
EVENTO	58924	Visl.Camb.Rot.Barra Sup.Panto.Lado Oreja	5	AÑOS
EVENTO	58926	Visl.Camb.Rot.Barra Sup.Panto.Lado Carro	5	AÑOS
EVENTO	58928	Visl.Camb.Rot.Cilind. Centrad.Tandem	5	AÑOS
	66875	Vislanda Cambio eje Porta Sierras	100	µm
A	67977	Vislanda lubricacion 1 Semanal	1	SEM
	69313	Vislanda cambio rodam. Rodillos Carg.Ent	1100	H
	69314	Vislanda cambio rodam. Rodillos Carg.Sal	1100	H
	69937	Vislanda Inspeccion Correas Motrices	400	H
EVENTO	69939	Vislanda Cambio Correas Motrices	5	AÑOS
	70069	Vislanda Cambio Roda.Spro.Tenso.Rod.Mot	4500	H
	72627	Visl -Cambio Guías Laterales Interiores	400	µm
	74606	Visl-Cambio eje Portaguías	200	µm
	75506	Visl-Cambio 1º rodillo inferior	1500	µm
	75799	Visl-Cambio 2º rodillo inferior	1500	µm
	75800	Visl-Cambio 3º rodillo inferior	1500	µm
	75801	Visl-Cambio 4º rodillo inferior	1500	µm
	76706	Visl-Cambio bujes pivote y guía apoyo	100	µm excentricidad /desgaste y planitud
HORAS	77839	Eq 210 Cambio Rodamiento Sprocket Quiebr	4500	H
HORAS	79709	VISLANDA CAMB. SOP. ROD. INFERIOR Nº1	2000	H
HORAS	79711	VISLANDA CAMB. SOP. ROD. INFERIOR Nº2	2000	H
HORAS	79712	VISLANDA CAMB. SOP. ROD. INFERIOR Nº3	2000	H
HORAS	79713	VISLANDA CAMB. SOP. ROD. INFERIOR Nº4	2000	H

Tabla 22. Detalle de los planes preventivos de la Sierra Múltiple Vislanda.

ANEXO N°3

Descripción detallada de los subsistemas de la Línea Principal

Descripción: a continuación se detalla la función, componentes y secuencia de operación de cada uno de los subsistemas.

- **Rotador de trozos**

- ✓ **Función**

La función principal del Rotador de Trozos es rotar el trozo el ángulo necesario determinado por el Sistema MPM para obtener la mejor optimización y estabilidad del corte antes de que ingrese al transportador LOG POS.

- ✓ **Funciones específicas**

- Sujetar el trozo (rodillos prensores)
- Levantar el trozo para su rotación (cilindro elevador)
- Rotar el trozo un ángulo determinado para optimizar su corte (anillo rotador)
- Entregar el trozo al transportador LOG POS (rodillos prensores)

- ✓ **Componentes**

- Cilindro hidráulico de los rodillos prensores
- Cilindro Hidráulico regulador de altura del rotador
- Cilindro Hidráulico del rodillo prensor izquierdo
- Cilindro Hidráulico del rodillo prensor derecho
- Motor hidráulico rodillo prensor izquierdo
- Motor hidráulico rodillo prensor derecho
- Motor hidráulico rotador de trozos

- ✓ **Secuencia de operación**

1. El trozo ingresa al Rotador de Trozos proveniente del Transportador Principal de entrada al aserradero
2. Los rodillos prensores se cierran una vez que se ha detectado que el trozo ha llegado a posición
3. El rotador se eleva para facilitar la rotación del trozo
4. El trozo es rotado axialmente un ángulo determinado por el Sistema de Optimización MPM
5. El Rotador baja el trozo sobre el transporte.
6. El trozo avanza hacia el transportador LOG POS mediante el giro de los rodillos prensores.
7. Los rodillos prensores se abren una vez que el trozo ha sido sujetado por el transportador LOG POS y el anillo rotador vuelve a su posición en espera del siguiente trozo.

- **Transportador LOG POS**

- ✓ **Función**

La función principal del transportador LOG POS es alinear y posicionar los trozos antes de que ingresen al Chipper 1 y a la Sierra huincha Twin

- ✓ **Funciones específicas**

- Sujetar y mantener el ángulo de rotación de los trozos que han sido girados por el Rotador de Trozos (rodillos centradores)
- Mantener la posición del trozo en relación al transportador (ruedas cargadoras)
- Desplazar el centro de los trozos con respecto a la “línea de corte” del Chipper 1 y la Sierra huincha Twin (sistema de posicionamiento lateral)
- Evitar movimiento o vibraciones al ingresar los trozos al Scanner de LOG POS (rodillos centradores y cadena con zapatas)
- Determinar la posición del trozo en el transportador LOG POS para la correcta secuencia de cierre de los rodillos centradores y bajada de las ruedas cargadoras (contador de pulsos)
- Determinar la posición del trozo en el Scanner de LOG POS (encoder)

- ✓ **Componentes**

- 1° Servocilindro LOG POS
- 2° Servocilindro LOG POS
- Motor izquierdo Spike Roller
- Motor derecho Spike Roller
- Motor transportador
- Motor eléctrico rodillo lateral izquierdo
- Motor eléctrico rodillo lateral derecho
- Reductor izquierdo Spike Roller
- Reductor derecho Spike Roller
- Reductor de cadena
- Transporte de cadena corto
- Variador de frecuencia

✓ Secuencia de operación

1. El primer par de rodillos centradores se cierra una vez que se ha detectado que el trozo que ha sido girado llega a posición
2. Los 2° y 3° pares de rodillos centradores se cierran y el trozo es sostenido por estos rodillos
3. El 4° par de rodillos centradores se cierra. El trozo será centrado finalmente y la posición será mantenida por el 2°, 3° y 4° par de rodillos
4. Después del centrado final, las 1° y 2° ruedas cargadoras bajan. El 1° par de rodillos centradores se abre y los pares de rodillos centradores 2°, 3° y 4° se van a posición de semi centrado, permitiendo que los pares de rodillos centradores sigan la curvatura y deformaciones del trozo en forma independiente en ambos lados.
5. Comienza el escaneo del trozo entre 1.5 y 2 metros, para determinar la distancia real del centro del trozo a la “línea de corte”
6. Los pares de rodillos centradores 5° y 6° se cierran y las ruedas cargadoras 3° y 4° bajan una vez que el trozo llega a posición
7. Los pares de rodillos centradores 2° y 3° se abren y la máquina junto con el trozo es desplazada conforme a la medición del Scanner de LOG POS y el offset requerido para la optimización del corte
8. El 7° par de rodillos centradores se cierra y la 5° rueda cargadora baja una vez se ha detectado que el trozo llega a posición, permitiendo de esta forma ingresarlo al Chipper 1
9. Durante el transporte del trozo a lo largo del transportador LOG POS, las cadenas con zapatas permiten su correcto desplazamiento

- **Chipper 1**

- ✓ **Función**

La función principal del Chipper 1 es astillar una parte de los trozos, dejando los lados verticales planos antes de que ingresen a la Sierra Huincha Twin.

- ✓ **Funciones específicas**

- Ajustar las posiciones de los discos izquierdo y derecho de acuerdo al valor entregado por el Sistema de Optimización MPM e interfase de comunicación Servopos (sistema de ajuste de posición)
- Aserrar y obtener una terminación superficial adecuada a los lados del trozo (sierra segmento)
- Astillas los lados del trozo para ingresarlos a la Sierra huincha Twin (cuchillos)

- ✓ **Componentes**

- Servo cilindro lado izquierdo
- Servo cilindro lado derecho
- Motor eléctrico lado izquierdo RBS 2500
- Motor eléctrico lado derecho RBS 2500
- Variador de frecuencia

- ✓ **Secuencia de operación**

1. Se ajusta la posición de los discos Chipper, de acuerdo a lo determinado por el Sistema de Optimización MPM al momento de ser cubiertas las fotoceldas de ingreso al Chipper 1 por el avance del trozo
2. En el interior del Chipper 1 el trozo comienza a ser reducido en sus lados de forma vertical por los discos Chipper a medida que avanza
3. El trozo sale del Chipper 1 listo para ser guiado hacia la Sierra huincha Twin y los discos Chipper quedan a la espera del siguiente trozo

- **Sierra huincha Twin**

- ✓ **Función**

La función de la sierra huincha Twin es cortar los laterales al trozo con espesores, establecido por el Sistema de Optimización MPM, manteniendo las dimensiones a lo largo y alto de cada lateral.

- ✓ **Componentes**

- Bomba de tensión de sierra izquierda
- Bomba de tensión de sierra derecha
- Central hidráulica de volante derecho
- Central hidráulica de volante izquierdo
- Servocilindro lado izquierdo
- Servocilindro lado derecho
- Partidor suave motor sierra izquierda
- Partidor suave motor sierra derecha
- Motor eléctrico sierra izquierda
- Motor eléctrico sierra derecha
- Motor eléctrico de tensión sierra izquierda
- Motor eléctrico de tensión sierra derecha
- Motor eléctrico de inclinación volante izquierdo
- Motor eléctrico de inclinación volante derecho
- Panel de operación sierra izquierda
- Panel de operación tensión sierra izquierda
- Panel de operación sierra derecha
- Panel de operación tensión sierra derecha
- Reductor de inclinación volante izquierdo
- Reductor de inclinación volante derecho
- Bomba hidráulica volante izquierdo

- ✓ **Secuencia de operación**

1. Se ajusta la altura de los brazos guía superior de presión
2. Se ajusta la posición de las sierras de acuerdo a lo determinado por el Sistema de Optimización MPM
3. Se ajustan los rodillos alimentadores de acuerdo a lo determinado por el Sistema de Optimización MPM, para guiar el trozo desde el Chipper 1 a la Sierra huincha Twin

4. El trozo avanza guiado por los rodillos alimentadores hacia las sierras
5. Las sierras huincha se encuentran girando sobre sus volantes para cortar los laterales del trozo, mientras este avanza entre ellas
6. En todo momento las sierras se mantienen tensionadas

- **Transportador separador de laterales**

- ✓ **Función**

La función principal del Transportador separador de laterales es enviar en forma ordenada y con un GAP o brecha suficiente los laterales que han sido cortados hacia la Canteadora.

- ✓ **Funciones específicas**

- Mantener el trozo estable a la salida de la Sierra huincha Twin con sus laterales cortados sobre la cadena de transporte (rodillos centradores)
 - Dejar caer los laterales en forma ordenada y con un GAP suficiente sobre el transportador alimentador de la Canteadora (rodillos centradores)
 - Mantener la semibasa estable y centrada sobre la cadena de transporte (ruedas cargadoras)
 - Trasladar la semibasa hacia el volteador de semibasas

- ✓ **Componentes**

- Motor eléctrico rodillos centradores de entrada
 - Motor eléctrico rodillos centradores centrales
 - Motor eléctrico rodillos centradores de salida
 - Reductor rodillo centrador de entrada izquierdo
 - Reductor rodillo centrador de entrada derecho
 - Reductor rodillo centrador central izquierdo
 - Reductor rodillo centrador central derecho
 - Reductor rodillo centrador de salida izquierdo
 - Reductor rodillo centrador de salida derecho

✓ **Secuencia de operación**

1. El par 1 de rodillos centradores se cierra una vez que se ha detectado que el trozo ha llegado a posición al cubrir el primer grupo de fotoceldas
2. Los pares de rodillos centradores 2, 3 y 4 se cierran y el trozo es sostenido por estos rodillos
3. Las ruedas cargadoras 1 y 2 bajan, los pares de rodillos centradores 5, 6 y 7 se cierran y los pares de rodillos centradores 1 y 2 se abren
4. Los pares de rodillos centradores 3, 4, 5, 6 y 7 se abren dejando caer los laterales que han sido cortados sobre los ganchos retenedores antes de enviarlos a la línea de canteo de tablas
5. El par 8 de rodillos centradores se cierra y permiten el transporte de la semibasa hacia el volteador
6. Los ganchos retenedores bajan y dejan caer los laterales hacia el transportador alimentador de la Canteadora y vuelven a subir para esperar la próxima secuencia de trabajo

• **Transportador de semibasas**

✓ **Función**

La función principal del Transportador de semibasas es desplazar las semibasas hacia el Transporte de alimentación a Chipper 2

✓ **Funciones específicas**

- Alinear las semibasas a una posición horizontal respecto de un costado de la barrea de alineamiento lateral (rodillos angulados)
- Desplazar las semibasas hacia el Transporte de alimentación a Chipper 2 (rodillos no angulados)

✓ **Componentes**

Motor eléctrico de salida de semibasas

Reductor salida de semibasas

Transportador de salida de semibasas

Variador de frecuencia salida de semibasas

✓ **Secuencia de operación**

1. Las semibasas ingresan al transportador de semibasas provenientes del transportador separador de laterales

2. En el primer tramo del transportador (rodillos angulados), las semibasas son alineadas respecto de un costado de la barrera de alineamiento lateral contra la cual se produce el posicionamiento
3. En el segundo tramo del transportador (rodillos no angulados) las semibasas son transportadas a lo largo del transportador de alimentación a Chipper 2
4. Las semibasas son transferidas al transportador de alimentación a Chipper 2

- **Transportador de alimentación a Chipper 2**

- ✓ **Función**

La función principal de Transportador de alimentación a Chipper 2 es centrar y guiar la semibasa hacia el Chipper 2

- ✓ **Funciones específicas**

- Orientar la semibasa hacia el Chipper 2 en corte recto o curvo dependiendo del grado de curvatura de la semibasa (rodillos centradores)

- ✓ **Componentes**

- Motor eléctrico de alimentación a Chipper 2
 - Motor de centrador izquierdo de entrada
 - Motor de centrador derecho de entrada
 - Motor de centrador izquierdo central
 - Motor de centrador derecho central
 - Motor de centrador izquierdo de salida
 - Motor de centrador derecho de salida
 - Reductor de centrador izquierdo de entrada
 - Reductor de centrador derecho de entrada
 - Reductor de centrador izquierdo central
 - Reductor de centrador derecho central
 - Reductor de centrador izquierdo de salida
 - Reductor de centrador derecho de salida
 - Reductor de alimentación a Chipper 2
 - Variador de frecuencia

✓ **Secuencia de operación**

- **Corte recto**

1. Cuando la semibasa bloquea el primer grupo de fotoceldas el 1° par de rodillos centradores se cierran para el centrado del trozo y se activa el desplazamiento lateral para su posicionamiento
2. El 2° par de rodillos centradores se cierran cuando el extremo superior de la semibasa haya bloqueado el segundo grupo de fotoceldas y la rueda cargadora 1 baja
3. El 3° par de rodillos centradores se cierran cuando el extremo superior de la semibasa haya bloqueado el tercer grupo de fotoceldas y se activa el desplazamiento lateral para su posicionamiento. Luego la rueda cargadora sube.
4. El 2° y 3° par de rodillos centradores centran la basa con respecto a la “línea de corte”
5. El cargador para corte recto baja y presiona la basa sobre los rodillos transportadores
6. El 1°, 2° y 3° par de rodillos centradores se abren a la espera de la siguiente semibasa

- **Corte curvo**

1. Cuando la semibasa bloquea el primer grupo de fotoceldas el primer par de rodillos centradores se cierran con presión baja, se inicia conteo de pulsos para el cambio a presión alta
2. El 2° par de rodillos centradores se cierran cuando el extremo superior de la semibasa haya bloqueado el segundo grupo de fotoceldas y se produce un cambio de presión media alta
3. La rueda cargadora 1 baja y el 1° y 2° par de rodillos centradores pasan a posición de semi-centrado
4. El 3° par de rodillos centradores se cierra, cuando el extremo superior de la semibasas haya bloqueado el tercer grupo de fotoceldas y se inicia el desplazamiento lateral del 1°, 2° y 3° par de rodillos
5. La rueda cargadora 2 baja para fijar la semibasa a los rodillos transportadores
6. El 2° par de rodillos centradores se abre levemente para dejar pasar el contrafuerte eliminando el desplazamiento lateral del trozo
7. El 3° par de rodillos centradores pasa a posición se semi-centrado guiando del avance de la semibasa

- **Chipper 2**

- ✓ **Función**

- La función principal del Chipper 2 es astillar los lados no planos de la semibasa antes de ser transportada a la Sierra múltiple Vislanda

- ✓ **Funciones específicas**

- Ajustar las posiciones de los discos izquierdo y derecho de acuerdo al valor entregado por el Sistema de Optimización MPM e interfase de comunicación Servopos (Sistema de Ajuste de Posición).
 - Aserrar y obtener una terminación superficial adecuada a los lados de la semibasa (Sierra Segmento).
 - Astillar los lados de la semibasa para luego ingresarlos a la Sierra Múltiple Vislanda (Cuchillos).
 - Ayudar en la salida de la semibasa hacia el siguiente transportador (Rodillos Salida Superior e Inferior).

- ✓ **Componentes**

- Servocilindro lado izquierdo
 - Servocilindro lado derecho
 - Motor Astillador Canteador izquierdo
 - Motor Astillador Canteador derecho
 - Motor rodillo prensor superior
 - Motor rodillo prensor inferior
 - Reductor rodillo prensor superior
 - Reductor rodillo prensor inferior
 - Variador de frecuencia
 - Variador de frecuencia rodillos superiores/inferiores

✓ **Secuencia de operación**

1. Se ajusta la posición de los discos Chipper, de acuerdo a lo determinado por el Sistema de Optimización MPM al momento de ser cubierta las fotoceldas de ingreso al Chipper 2 por el avance de la semibasa
2. En el interior de Chipper 2 la semibasa comienza a ser reducida en sus lados de forma vertical por los discos Chipper a medida que avanza
3. El rodillo de salida superior baja sujetando la basa y ayudándola en su avance hacia el Transportador de basas de salida del Chipper 2 y los discos Chipper quedan a las espera de la siguiente semibasa

• **Transportador de basas de salida Chipper 2**

✓ **Función**

La función principal del Transportador de basas de salida Chipper 2 es transportar la basa desde la salida del Chipper 2 hasta la Sierra Múltiple Vislanda.

✓ **Funciones específicas**

- Ayudar en el corte en curva del extremo de salida de la basa (Rodillos de Extracción Vertical)
- Ubicar la basa con respecto al centro de la "Línea de Corte" de la Sierra Múltiple N°1 (Rodillos Centrales).

✓ **Componentes**

- Motor de basas salida Chipper 2
- Reductor de basas salida Chipper 2
- Transporte de cadenas salida Chipper 2

✓ **Secuencia de operación**

1. Se ajusta la posición de los Rodillos de Extracción para guiar a la basa que sale del Chipper N°2 (260).
2. La basa es transportada por entre dos barreras laterales que la mantienen en el centro del transporte.
3. Los Rodillos Centrales se cierran cuando la basa obstruye la fotocelda, provocando el semi-centrado de la basa para luego enviarla hacia la Sierra Múltiple Vislanda.

- **Sierra Múltiple Vislanda**

- ✓ **Función**

La función principal de la Sierra Múltiple Vislanda es cortar la basa en semilaterales y matrices, según lo establecido por el Sistema de Optimización MPM.

- ✓ **Funciones específicas**

- Posicionar e impedir que la basa se mueva al interior de la Sierra Múltiple (Guías de entrada a sierra, Rodillos superiores)
- Cortar la basa en laterales y matrices con desviaciones aceptables y con la mejor calidad superficial (Sierra circular)
- Transportar la basa al interior y durante el corte de la Sierra Múltiple y entregar al transportador separador de tablas salida múltiple

- ✓ **Componentes**

- Bomba de refrigeración 1
- Bomba de refrigeración 2
- Servocilindro árbol de sierras
- Motor del rodillo de alimentación izquierdo
- Motor del rodillo de alimentación derecho
- Motor de accionamiento de rodillos interiores
- Motor principal
- Motor de bomba de refrigeración 1
- Motor de bomba de refrigeración 2
- Panel de operaciones
- Panel de operaciones bombas de refrigeración
- Reductor rodillo de alimentación izquierdo
- Reductor rodillo de alimentación izquierdo
- Reductor rodillo interiores
- Sierra circular
- Estanque de agua potable de refrigeración
- Variador de frecuencia

✓ **Secuencia de operación**

1. Se ajustan las guías de entrada a sierras de acuerdo a lo determinado por el Sistema de Optimización MPM a través del Sistema Servopos, previamente activado el Sistema de Refrigeración de Sierras
2. Ingresa la basa a la Sierra Múltiple Vislanda
3. El rodillo superior de entrada baja para afirmar la basa durante el corte
4. Las sierras cortan la basa en semilaterales y matrices
5. El rodillo superior de salida baja para afirmar y facilitar el avance de la basa
6. El rodillo superior de entrada sube y queda a la espera de una nueva basa
7. Una vez que la basa actual ha dejado la Sierra Múltiple Vislanda el rodillo superior de salida sube y queda a la espera de una nueva basa
8. En todo momento los rodillos inferiores permiten el avance de la basa hacia el transportador separador de tablas salida múltiple

• **Transportador Separador de Tablas de Salida Sierra Múltiple**

✓ **Función**

La función principal del Transportador Separador de Tablas de Salida Sierra Múltiple es enviar en forma ordenada y con un GAP suficiente, que permita un buen trabajo del equipo, los semilaterales y matrices a la Línea de clasificación.

✓ **Funciones específicas**

- Trasladar el Paquete de semilaterales y múltipls hacia la zona de Cambio de Ruta (Rodillos de Transporte Adelante).
- Alinear el paquete para descargarlos sobre el siguiente transporte (Rodillos de Transporte Atrás).
- Descargar las matrices y semilaterales hacia el transporte de clasificación (Cadena con Pateadores).

✓ **Componentes**

- Motor rodillo izquierdo de salida de Sierra Múltiple
- Motor rodillo derecho de salida de Sierra Múltiple
- Motor de transporte de tablas
- Motor rodillo centrador izquierdo

- Motor rodillo centrador derecho
- Motor de ajuste de ancho cadena de entrada
- Motor de ajuste de ancho cadena de salida
- Reductor rodillo izquierdo de salida de Sierra Múltiple
- Reductor rodillo derecho de salida de Sierra Múltiple
- Reductor de ajuste de ancho de cadena de entrada
- Reductor de ajuste de ancho de cadena de salida
- Reductor de ajuste de ancho de cadena de entrada
- Reductor rodillo centrador izquierdo
- Reductor rodillo centrador derecho
- Transporte de cadenas separador de tablas
- Variador de frecuencia motor transportador
- Variador de frecuencia rodillo izquierdo
- Variador de frecuencia rodillo derecho

✓ **Secuencia de operación**

1. Ingresa el paquete de semilaterales y múltiplos proveniente desde la Sierra Múltiple
2. se cierran los rodillos prensos n°1 y luego los rodillos prensos n°2 para guiar y mantener estable el paquete sobre el transportador.
3. El paquete es transportado por los rodillos de transporte adelante hacia el final de la línea.
4. Las cadenas con pateadores desplazan lateralmente el paquete de forma ordenada hacia los rodillos de transporte atrás.
5. Los rodillos de transporte atrás alinean el paquete con la línea de clasificación dejándolo en espera mientras llega el próximo paquete a través de los rodillos de transporte adelante.
6. La cadena con pateadores desplaza ambos paquetes, produciendo la descarga de forma ordenada del primer paquete sobre la mesa de aceleración, quedando el segundo paquete en espera sobre los rodillos de transporte atrás.
7. Los semilaterales y matrices son acelerados para evitar que se monten unos sobre otros y enviados a la mesa de clasificación.

