

**Universidad Andina Simón Bolívar**

**Sede Ecuador**

**Área de Gestión**

Maestría en Dirección de Empresas

**Modelo de un plan de mantenimiento basado en procesos para el área  
de Preparación Hilatura**

**Caso Empresa Vicunha Ecuador**

Roberto Alonso Anaguano Lamiña

Tutor: Carlos Bucheli Rosales

Quito, 2018





## Cláusula de cesión de derechos de publicación de tesis

Yo, Roberto Alonso Anaguano Lamiña autor de la tesis titulada Modelo de un plan de mantenimiento basado en procesos para el área de Preparación Hilatura Caso: Empresa Vicunha Ecuador, mediante el presente documento de constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Dirección de Empresas en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.

2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.

3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

Fecha: .....

Firma:.....



## Resumen

La Administración de Procesos es un concepto bastante difundido en la gestión empresarial, obteniéndose resultados positivos en las empresas que han decidido implementarlo. En el presente estudio se busca integrar y relacionar estos conceptos administrativos con los del Mantenimiento Industrial.

El objetivo principal es presentar un plan de mantenimiento basado en procesos para el área de Preparación Hilatura de Vicunha Ecuador. Se utilizaron los conceptos de Administración de Procesos para conocer la situación actual del área en estudio, tanto a escala operativo productivo como en lo referente al mantenimiento. Se evaluaron distintos modelos de mantenimiento con la finalidad de establecer el que mejor se adapte al presente estudio. Con un modelo de Mantenimiento Industrial establecido se desdoblaron y modelaron los procesos del mantenimiento.

La metodología utilizada en el presente estudio es de tipo cuantitativo y cualitativo. Se utilizaron datos de los repositorios de producción como los de mantenimiento con la finalidad de analizar y evaluar su situación actual. Se analizó la evolución de los modelos de mantenimiento y sus distintos inconvenientes para su aplicabilidad. Al establecer los procesos productivos y de mantenimiento se pudo encontrar oportunidades de mejora, con lo cual se rediseño los procesos de mantenimiento.

El rediseño de los procesos se realizo en base al ciclo de Deming, por lo tanto fue necesario integrar nuevos procesos al mantenimiento. El objetivo fue disponer procesos de mantenimiento en cada una de las etapas del ciclos de Deming y de esta forma cerrar un ciclo de mejora continua en el Mantenimiento Industrial.

Como resultado se obtuvo un plan de mantenimiento basado en procesos que permitirá influir positivamente en los objetivos de la Preparación Hilatura de Vicunha Ecuador al influir positivamente en los indicadores de calidad y productividad.



## **Dedicatoria**

A mi familia Mary, Sebastián y Roberta que son el impulso de mi vida y quienes son mi constante motivación.

A mis padres Luis y Oliva por su amor incondicional y por haberme formado y guiado con los mejores valores.

A mis hermanas Cintia y Claudia, por brindarme siempre su apoyo y por estar en los mejores momentos de mi vida.





## **Agradecimiento**

A mi tutor, ingeniero Carlos Bucheli, por su valiosa guía prestada para la culminación de este trabajo.

A mi jefe, ingeniero Fabián Varea, por su continuo apoyo y confianza para la elaboración de este trabajo.



## Tabla de contenido

<b>Introducción .....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo uno .....</b>	<b>21</b>
<b>Marco teórico .....</b>	<b>21</b>
<b>1. Mantenimiento industrial.....</b>	<b>21</b>
1.1. Definición .....	21
1.2. Evolución del mantenimiento industrial .....	22
1.3. Modelos de mantenimiento industrial.....	23
1.4. Principales indicadores de mantenimiento .....	27
1.5. Análisis de averías .....	28
1.6. Herramientas para el análisis de averías .....	29
1.7. Confiabilidad .....	31
<b>2. Gestión de procesos .....</b>	<b>32</b>
2.1. Elementos de un proceso.....	32
2.2. Cadena de valor .....	33
2.3. Modelamiento de procesos .....	34
2.4. Mejora continua.....	38
<b>Capítulo dos.....</b>	<b>41</b>
<b>Situación actual de la empresa .....</b>	<b>41</b>
<b>1. Descripción de la empresa.....</b>	<b>41</b>
<b>2. Cadena de valor de la organización .....</b>	<b>41</b>
2.1. Principales procesos involucrados .....	43
<b>3. Procesos de preparación de hilatura .....</b>	<b>47</b>
3.1. Subproceso de apertura.....	47
3.2. Subprocesos de cardado .....	50
3.3. Subprocesos de estiramiento.....	53
<b>4. Recursos tecnológicos .....</b>	<b>56</b>
<b>5. Indicadores de producción .....</b>	<b>56</b>
<b>Capítulo tres .....</b>	<b>61</b>
<b>Situación actual del mantenimiento industrial.....</b>	<b>61</b>
<b>1. Procesos involucrados en energía y fluidos .....</b>	<b>61</b>
<b>2. Proceso de provisión de servicios industriales .....</b>	<b>62</b>

<b>3. Proceso de mantenimiento industrial .....</b>	<b>62</b>
3.1. Subproceso de planificación del mantenimiento .....	64
3.2. Subproceso de mantenimiento preventivo .....	64
3.3. Subproceso de mantenimiento correctivo .....	67
3.4. Cargos y niveles de toma de decisión .....	68
<b>4. Recursos tecnológicos .....</b>	<b>69</b>
4.1. Repositorio digital de mantenimiento .....	69
4.2. Sistema de gestión textil .....	70
<b>5. Análisis de la situación actual del proceso de mantenimiento industrial .....</b>	<b>70</b>
5.1 Situación actual del subproceso de planificación del mantenimiento .....	70
5.2. Situación actual del subproceso de mantenimiento preventivo .....	71
5.3. Situación actual del subproceso de mantenimiento correctivo .....	72
5.4. Recursos humanos .....	74
5.5. Recursos tecnológicos .....	74
5.6. Indicadores .....	75
<b>Capítulo cuatro .....</b>	<b>83</b>
<b>Mantenimiento basado en procesos .....</b>	<b>83</b>
<b>1. Modelo de gestión de mantenimiento industrial .....</b>	<b>84</b>
1.1. Plan .....	86
1.2. DO .....	89
1.3. CHECK .....	94
1.4. ACT .....	96
<b>2. Indicadores de gestión del mantenimiento industrial .....</b>	<b>97</b>
<b>3. Impacto del modelo de mantenimiento propuesto en los indicadores de</b>	
<b>producción .....</b>	<b>98</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>101</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>103</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>111</b>
<b>Recomendaciones fabricantes .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>123</b>
<b>Fiabilidad del sistema .....</b>	<b>123</b>

**ANEXO 3 ..... 133**  
**Herramientas de análisis de averías.....133**



## Índice de gráficos

Gráfico 1. <b>Evolución del mantenimiento industrial</b> .....	22
Gráfico 2. <b>Indicadores de mantenimiento</b> .....	28
Gráfico 3. <b>Análisis de averías</b> .....	29
Gráfico 4. <b>Diagrama de Pareto</b> .....	30
Gráfico 5. <b>Diagrama causa-efecto</b> .....	30
Gráfico 6. <b>Método de las 5M</b> .....	31
Gráfico 7. <b>Confiabilidad</b> .....	32
Gráfico 8. <b>Modelo Icom</b> .....	35
Gráfico 9. <b>Diagrama de bloque</b> .....	36
Gráfico 10. <b>Diagrama de flujo detallado</b> .....	37
Gráfico 11. <b>Organigrama de Vicunha Ecuador</b> .....	42
Gráfico 12. <b>Cadena de valor de Vicunha Ecuador</b> .....	43
Gráfico 13. <b>Macroproceso de producción</b> .....	44
Gráfico 14. <b>Macroproceso de producción</b> .....	45
Gráfico 15. <b>Proceso de preparación hilatura</b> .....	46
Gráfico 16. <b>Diagrama SIPOC. Preparación hilatura</b> .....	46
Gráfico 17. <b>Cargos y niveles de toma de decisión en producción</b> .....	50
Gráfico 18. <b>Personal de producción de cardas</b> .....	51
Gráfico 19. <b>Personal de producción de estirajes</b> .....	54
Gráfico 20. <b>Procesos de energía y fluidos</b> .....	61
Gráfico 21. <b>Soporte del mantenimiento industrial</b> .....	62
Gráfico 22. <b>Subprocesos de mantenimiento industrial</b> .....	63
Gráfico 23. <b>Diagrama SIPOC de mantenimiento industrial</b> .....	63
Gráfico 24. <b>Subproceso de planificación del mantenimiento</b> .....	65
Gráfico 25. <b>Subproceso de mantenimiento preventivo</b> .....	66
Gráfico 26. <b>Subproceso de mantenimiento correctivo</b> .....	68
Gráfico 27. <b>Personal de energía y fluidos</b> .....	69
Gráfico 28. <b>Cumplimiento del plan de mantenimiento</b> .....	75
Gráfico 29. <b>Porcentaje de mantenimientos preventivos</b> .....	77
Gráfico 30. <b>MTTBF y MTTR de máquinas apertura</b> .....	78
Gráfico 31. <b>Disponibilidad de apertura línea 1</b> .....	79

<b>Gráfico 32. Diagrama de Pareto: eventos de paros 2016 en preparación hilatura.....</b>	<b>80</b>
<b>Gráfico 33. Subprocesos del modelo de mantenimiento industrial .....</b>	<b>84</b>
<b>Gráfico 34. Ciclo PDCA de proceso de mantenimiento industrial.....</b>	<b>85</b>
<b>Gráfico 35. Replanteo del subproceso de planificación del mantenimiento. .</b>	<b>88</b>
<b>Gráfico 36. Replanteo de subproceso de mantenimiento preventivo.....</b>	<b>91</b>
<b>Gráfico 37. Replanteo de subproceso de mantenimiento correctivo.....</b>	<b>94</b>
<b>Gráfico 38. Subproceso análisis de averías.....</b>	<b>96</b>
<b>Gráfico 39. Impacto del modelo de mantenimiento propuesto en los objetivos de producción .....</b>	<b>99</b>



## Índice de Tablas

Tabla 1. <b>Sistemas integrales de mantenimiento</b> .....	26
Tabla 2. <b>Maquinaria de apertura</b> .....	48
Tabla 3. <b>Maquinaria de cardas</b> .....	52
Tabla 4. <b>Maquinaria de estirajes</b> .....	55
Tabla 5. <b>Indicadores de producción</b> .....	58
Tabla 6. <b>Tiempos de ejecución de planificación de mantenimiento</b> .....	70
Tabla 7. <b>Tiempos de ejecución del subproceso de mantenimiento preventivo</b> .....	72
Tabla 8. <b>Tiempos de ejecución de subproceso de mantenimiento correctivo</b> .....	73
Tabla 9. <b>Recursos humanos del proceso de energía y fluidos</b> .....	74
Tabla 10. <b>Subproceso de planificación del mantenimiento</b> .....	87
Tabla 11. <b>Tiempos reformulados de ejecución de planificación de mantenimiento</b> .....	89
Tabla 12. <b>Subproceso de mantenimiento preventivo</b> .....	90
Tabla 13. <b>Subproceso replanteado de mantenimiento correctivo</b> .....	92
Tabla 14. <b>Tiempos reformulados de ejecución de subproceso mantenimiento correctivo</b> .....	93
Tabla 15. <b>Subproceso de análisis de averías</b> .....	95
Tabla 16. <b>Indicadores planteados para el proceso de mantenimiento industrial</b> .....	97



## Introducción

Hoy en día las empresas se encuentran en la obligación de innovar o corren el riesgo de desaparecer, esto sucede porque los mercados exigen productos de alta calidad y de bajo coste. La falta de disponibilidad de los bienes productivos de las empresas puede provocar retrasos y encarecimiento de los productos. Con estas premisas, se considera necesario disponer de herramientas administrativas que permitan mejorar y mantener los principales indicadores de productividad y calidad de las empresas.

Como parte de sus objetivos establecidos en el 2007, la empresa Vicunha Ecuador se propuso duplicar el volumen de producción en un plazo no mayor a los 5 años, situación que se ha cumplido; pero que es muy difícil de mantener en determinadas áreas, las que se han convertido en auténticos cuellos de botella. Entre las áreas con mayores problemas se cuenta a la preparación hilatura, que acarrea diversos problemas, tales como: maquinaria con varios años en producción, un plan de mantenimiento obsoleto, escasa capacitación del personal del área productiva y del área de mantenimiento, dispersa y escasa información de sus procesos, entre otros.

Para esta investigación se utilizó la gestión de procesos, que permite tener una visión sistemática de la organización y de sus procesos. También se empleó la definición de macroprocesos, procesos, subprocesos y actividades lo cual permitió establecer la situación actual de la organización en especial de la preparación hilatura y del mantenimiento industrial.

El resultado del análisis de procesos posibilitó encontrar las falencias y debilidades de los procesos analizados, además de la identificación de oportunidades de mejora para los mismos. Los principales problemas hallados en el sector producción son: un bajo índice de utilización de la capacidad instalada y un alto aporte en los problemas de calidad de la tela. En el análisis de los procesos del mantenimiento industrial se evidenció que no existían procesos formalizados, por consiguiente, no se disponía ni de objetivos ni de indicadores estandarizados. Por ello fue necesario realizar el levantamiento de los procesos presentes en el mantenimiento industrial; después de un análisis de los mismos se detectaron problemas tales como: falta de integración de los procesos, bajo cumplimiento de planes de mantenimiento y prolongados tiempos de espera en la entrega de equipos y maquinaria, que finalmente afectan a los objetivos de producción.

Al modelo de mantenimiento industrial se integraron los procesos básicos del ciclo de *Deming*, con la finalidad de establecer un sistema de mejora continua, esto permitirá una operación adecuada de los procesos del mantenimiento, que se verá reflejado en un elevado índice de disponibilidad de máquinas y en un apropiado índice de cumplimiento del plan de mantenimiento, estos dos indicadores están asociados a los principales objetivos o índices del área productiva en estudio.

Un modelo de mantenimiento industrial basado en procesos permitió establecer y desdoblar los procesos básicos del mantenimiento del área de preparación hilatura, los mismos están alineados con los indicadores de producción, de esta manera la empresa puede generar una ventaja competitiva al ofrecer productos de mejor calidad a menores costos.

## **Capítulo uno**

### **Marco teórico**

En este capítulo se analizarán y presentarán los diferentes conceptos y metodologías que se utilizarán para sustentar el modelo de mantenimiento industrial basado en procesos.

El mantenimiento industrial y la administración de procesos son los ejes principales del presente estudio; es importante, por consiguiente, tener bien claros sus conceptos y definiciones.

#### **1. Mantenimiento industrial**

Se iniciará con el estudio del mantenimiento industrial, por lo cual se presentarán sus conceptos, su evolución histórica, los modelos más conocidos y sus principales características. El objetivo será conocer y evaluar los distintos modelos, esto permitirá escoger un modelo que se adapte a la realidad de la empresa.

##### **1.1. Definición**

El concepto de mantenimiento industrial ha sido muy difundido, y en la mayoría de los casos los autores concuerdan en su definición. Por ejemplo, se tienen los siguientes conceptos: “El mantenimiento es la actividad humana que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas” (Newbrough, Administración de mantenimiento Industrial: organización y control en el mantenimiento industrial, 1998, pág. 25). Otro autor, doce años más tarde, define al mantenimiento como: “Es el conjunto de técnica destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible y con el máximo rendimiento” (García, Organización y gestión integral de mantenimiento, 2010, pág. 27).

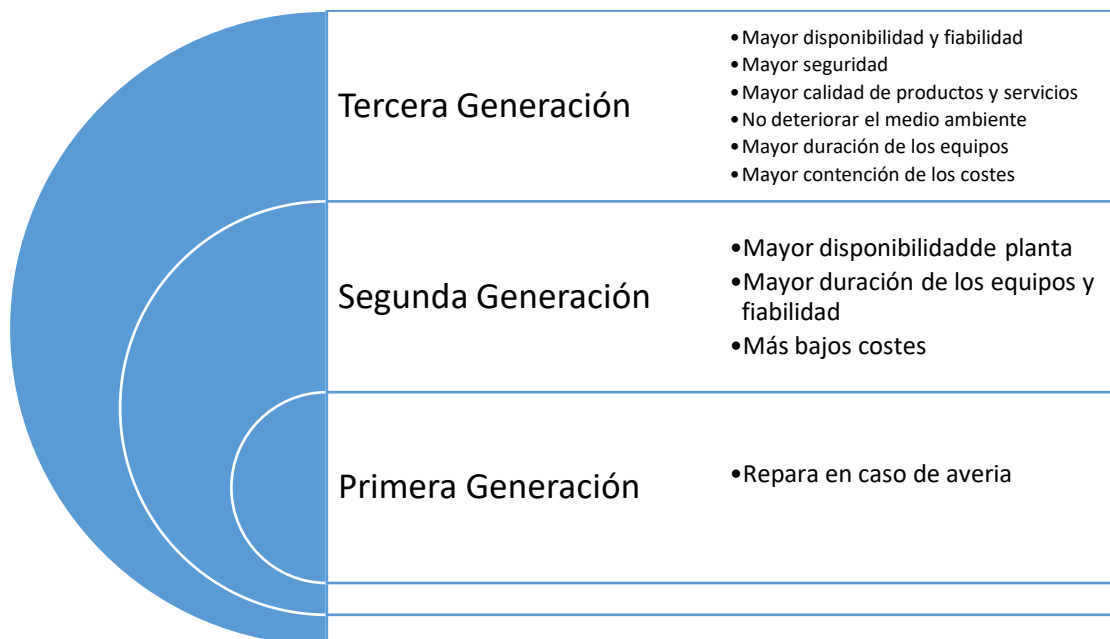
Como se puede observar se han utilizado dos definiciones de distintas etapas cronológicas y de dos autores distintos, en las cuales se coincide en que el mantenimiento industrial en una empresa tiene como objetivo mantener en funcionamiento un sistema o los bienes productivos, el mayor tiempo posible y con el menor costo.

## 1.2. Evolución del mantenimiento industrial

La evolución del mantenimiento industrial está ligada a la Revolución Industrial, de los siglos XVIII y XIX, es así que en este contexto se podría afirmar que el mantenimiento industrial evolucionó a la par de esta revolución, principalmente porque los objetivos de producción así lo requerían: “La Revolución Industrial marca un punto de inflexión en la historia, modificando e influenciando todos los aspectos de la vida cotidiana de una u otra manera. La producción tanto agrícola como de la naciente industria se multiplicó a la vez que disminuía el tiempo de producción” (Lucas, *The industrial Revolution: Past and future*, 1998, pág. 18).

Hasta aproximadamente el año 2000 varios autores hablaban de los impactos de la tercera Revolución Industrial en la sociedad, hasta esa fecha se conocía de tres generaciones de mantenimiento industrial, tal como describen varios actores: “Desde 1930, la evolución del mantenimiento puede ser trazada por medio de tres generaciones. Primera, segunda y tercera generación” (Moubray, *Reliability-centered Maintenance*, 1997, pág. 2). En el gráfico siguiente se describe cómo han evolucionado los objetivos del Mantenimiento Industrial, esta evolución está marcada por las tres revoluciones industriales.

Gráfico 1.  
**Evolución del mantenimiento industrial**



Fuente: Gonzáles Fernández  
Elaboración: Propia

Las tres generaciones de la revolución se encuentran plenamente definidas y difundidas, pero desde el 2010, aproximadamente, se ha comenzado a hablar sobre una cuarta Revolución Industrial, y el principal fundamento de esta es la revolución digital. Como menciona Schwab (2016, pág. 10), “la cuarta revolución se caracteriza por un internet más ubicuo y móvil, por sensores más pequeños y potentes que son cada vez más baratos, y por la inteligencia artificial y el aprendizaje de la máquina”.

La cuarta Revolución Industrial es reciente, tanto que “en Alemania se debate sobre la <industria 4.0>, un término acuñado en la Feria de Hannover de 2011 para describir cómo esta revolucionará la organización de las cadenas de valor globales” (Schwab, La cuarta revolución industrial, 2016, pág. 11).

Al igual que en las anteriores revoluciones industriales, el mantenimiento industrial tiene su cuarta generación o revolución. La expresión mantenimiento industrial 4.0 recién se está acuñando, y se la está asociando principalmente a la tecnología que se tendrá disponible, como son el *big data* o la inteligencia artificial, que permitirá monitorizar los equipos en tiempo real e inclusive predecir posibles fallas. “Los desarrollos en herramientas tecnológicas, incluso aquellos desarrollados para otros fines, terminan beneficiando al Mantenimiento Industrial. En el Mantenimiento Industrial, es importante mencionar el uso de tecnologías disruptivas como nanotecnología, algoritmos, componentes de auto reparación y el concepto de detección permanente” (Baptista J. , 2016, pág. 7).

### **1.3. Modelos de mantenimiento industrial**

Existe una gran cantidad de modelos de mantenimiento industrial, por lo que dependerá del autor u obra en estudio el modelo que se adopte. Es importante mencionar que está relacionado con la evolución del mantenimiento industrial. A la primera generación se la vincula con el modelo de mantenimiento correctivo, a la segunda generación con el modelo de mantenimiento preventivo, y la tercera generación con un sistema integral de mantenimiento. A continuación, se definen los mismos:

- Mantenimiento correctivo

Este modelo de mantenimiento está asociado a la primera generación del mantenimiento industrial, porque se ejecuta solo si se presenta una falla en la máquina. Actualmente se sigue utilizando, pero en menor medida y en muy pocas industrias, en

las que los recursos son limitados. Se define a la misma como “la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa cuando a consecuencias de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada. Este tipo de mantenimiento se divide en dos ramas” (Dounce, La productividad en el mantenimiento industrial, 2014, pág. 43).

Se conocen dos tipos de mantenimiento correctivo: correctivo contingente y correctivo programable. La diferencia entre estos dos radica en la urgencia de la atención, porque dependerá del servicio que esté prestando el equipo o bien productivo en ese instante.

Utilizar este modelo de mantenimiento representa más desventajas que ventajas. La principal desventaja por la que no se recomienda utilizar es:

- Cuando una falla se presenta y detiene la máquina, esto significa que un componente está destruido, lo cual puede provocar que más componentes se dañen e inclusive existen fallas que se presentan cuando la máquina esté inservible. Si se asocia a costos este inconveniente, resulta muy oneroso para una organización.
- Mantenimiento preventivo

En la segunda generación del mantenimiento industrial los requerimientos de producción aumentaron, pues además se requería de mayor disponibilidad de la maquinaria. Con este argumento se desarrolló el modelo de mantenimiento preventivo, el mismo que tenía como objetivo disminuir los paros de máquina para intentar anticiparse a los daños. Se define como “la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, con el fin de garantizar que la calidad de servicio que estos proporcionan continúe dentro de los límites establecidos. Este tipo de mantenimiento siempre es programable y existen en el mundo muchos procedimientos para llevarlo a cabo” (Dounce, La productividad en el mantenimiento industrial, 2014, pág. 44).

Al igual que en el mantenimiento correctivo, se dispone de diferentes tipos de mantenimiento preventivo, los cuales dependerán de las herramientas que se utilicen para establecer los límites del mantenimiento.

- Preventivo predictivo
- Preventivo periódico



- Preventivo analítico
- Preventivo progresivo
- Preventivo técnico

Se puede decir que este modelo de mantenimiento también ha evolucionado de acuerdo con las técnicas que se han ido aplicando. Es así que en el modelo más básico se tiene al mantenimiento preventivo periódico, en el cual se ejecutan tareas de forma periódica, que pueden ser diarias, semanales, mensuales, etc., ello va a depender de las recomendaciones de los fabricantes o diseñadores de las máquinas.

- Sistema integral de mantenimiento

Conforme evolucionaron los requerimientos de producción, también tuvieron que evolucionar las técnicas y herramientas de mantenimiento, hoy en día al mantenimiento industrial se lo puede considerar como un sistema integral.

Un mercado global más competitivo exige que los sistemas productivos funcionen casi a la perfección. Estos requerimientos productivos exigen, a su vez, a los departamentos de mantenimiento un mayor compromiso. Un sistema integral de mantenimiento controlará y gestionará diversas variables, como son:

- Control de variables de mantenimiento
- Control de personal
- Control de inventarios
- Control de costos
- Control de indicadores
- Control de calidad

Estos modelos de mantenimientos son considerados de tercera generación, en la tabla 1 se puede encontrar y describir a dos de los más difundidos, tanto en la región oriental como en la occidental, en los mismos se tienen diversas técnicas y normas de control que permiten administrar el mantenimiento acorde a los nuevos y desafiantes requerimientos de producción.

Tabla 1.

**Sistemas integrales de mantenimiento**

<b>País</b>	<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Sistema de mantenimiento</b>
EE UU	United Airlines, Stanley Nowlan y Howard Heap	1968	<b>RCM</b> - Reliability Centered Maintenance Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
Japón	Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta	1960	<b>TPM</b> - Total Productive Maintenance Mantenimiento Productivo Total

Fuente: Gonzáles Fernández

Elaboración: Propia

Como se mencionó anteriormente, los modelos de mantenimiento industrial están asociados a las generaciones de la Revolución Industrial, por consiguiente, es importante considerar que: “La segunda revolución industrial todavía debe ser plenamente experimentada por el 17% de la población mundial, pues casi 1300 millones de personas carecen de acceso a la electricidad. Al igual que la tercera revolución industrial, con más de la mitad de la población mundial sin acceso a internet” (Schwab, La cuarta revolución industrial, 2016, pág. 12). Un punto muy importante a tener en cuenta es que los países, y dentro de ellos las diferentes regiones, desarrollan sus economías a velocidades distintas

El mantenimiento industrial de cuarta generación es un término reciente y está asociado a la industria 4.0, por lo que sus definiciones están en proceso. Los beneficios de este mantenimiento muy pocas industrias del primer mundo lo han obtenido o esperan obtenerlo, por estar en fase de implementación.

Al igual que la adopción de las distintas etapas de la Revolución Industrial en la población mundial, los modelos de mantenimiento industrial de tercera y cuarta generación requieren que las organizaciones dispongan de sistemas de gestión implementados, sobre los cuales puedan sustentarse. Tanto TPM, como RCM son dos modelos de mantenimiento ampliamente difundidos, sobre todo en Europa y EEUU, pero que requieren de un alto compromiso de toda la organización, tanto en lo estructural como en lo financiero. En Latinoamérica, donde los recursos son más limitados, su implantación en muchas ocasiones no ha concluido con éxito.

La gran mayoría de las organizaciones no son capaces de acometer con éxito la implantación del TPM (Bamber et al., 1999; Mora, 2002), al considerarse una tarea difícil, cargada de muchos obstáculos que estorban su desarrollo (Ahuja y Khamba,

2008; Cooke, 2000; Herrmann, 2004). Para superar esta dificultad, existen autores que consideran necesario aprender de experiencias pasadas y entender la situación de la empresa y su organización (Bamber et al., 1999; Chan et al., 2005), presentando la necesidad de su análisis, en relación con los factores críticos que afectan a la implantación del TPM (Bamber et al., 1999), después de la exhaustiva revisión de la bibliografía, aunque hay estudios que presentan modelos enfocados a la revitalización del TPM (Bamber et al., 1999), no se ha encontrado ninguna publicación que integre las diferentes visiones de los autores en relación con la metodología de implantación del TPM e incluya esta necesidad. (Marín y otros 2010, 905)

Es necesario considerar, además, que para iniciar la implementación de un modelo de estas características es necesario disponer de un modelo ya establecido, sobre el cual se puedan incorporar las nuevas características.

#### **1.4. Principales indicadores de mantenimiento**

Fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad son los tres conceptos que permiten interpretar el desempeño del mantenimiento industrial, son los principales o más importantes indicadores, relacionan los objetivos que se buscan en el mantenimiento industrial, es importante definirlos.

- **Fiabilidad**

Gonzales Fernández (2012, pág. 75) define “fiabilidad como la probabilidad, durante un período de tiempo especificado, de que el equipo en cuestión pueda realizar su función o su actividad en las condiciones de utilización, o sin avería.” La medida de fiabilidad es el MTBF (Mean Time Between Failure), o tiempo medio entre fallos.

- **Mantenibilidad**

El siguiente indicador, mantenibilidad, se puede definir como “la probabilidad de que el equipo, después del fallo o avería sea puesto en estado de funcionamiento en un tiempo dado” (González Fernández, Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, 2012, pág. 76). La medida de la mantenibilidad es el MTTR (Mean Time To Repair), o tiempo medio para reparación.

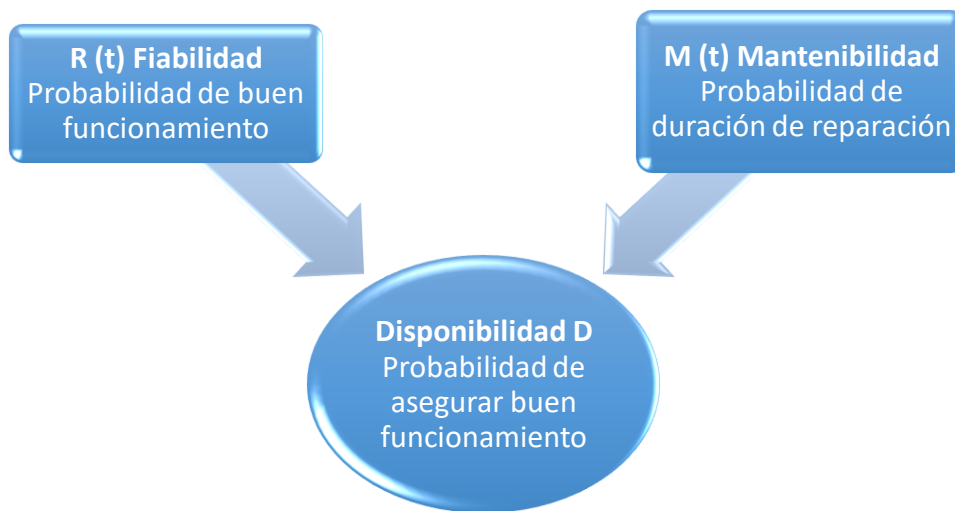
- **Disponibilidad**

Si se combina ambos conceptos, fiabilidad y mantenibilidad, es posible llegar al concepto de disponibilidad, tal como se observa en el gráfico 2; el mismo se describe a

continuación: “Disponibilidad es la probabilidad, en el tiempo, de asegurar un servicio requerido. También se puede definir como el porcentaje de equipos o sistemas útiles en un determinado momento, frente al parque total de equipos o sistemas” (González Fernández, Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, 2012, pág. 76).

Gráfico 2.

### Indicadores de mantenimiento



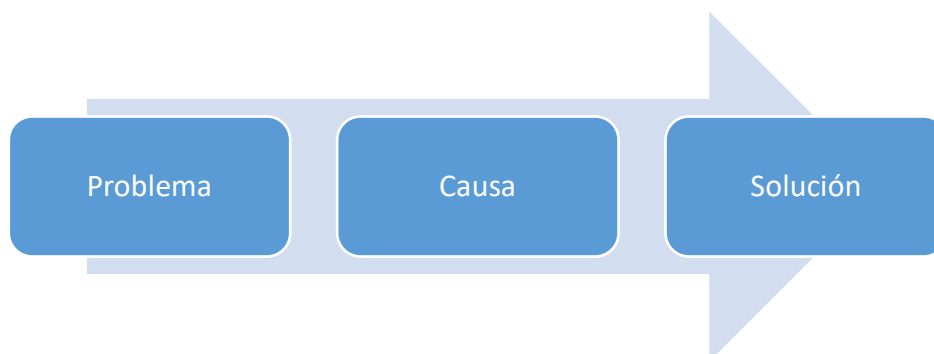
Fuente: González Fernández  
Elaboración: Propia

### 1.5. Análisis de averías

Según García (2010, pág. 157), el “análisis de averías se podría definir como el conjunto de actividades de investigación que, aplicadas sistemáticamente, trata de identificar las causas de las averías y establecer un plan que permita su eliminación”.

Esta herramienta ayudará en la mejora continua del mantenimiento industrial, debido a que si se logra establecer la causa raíz de una avería, se podrán tomar acciones oportunas, las mismas que permitirán aumentar la disponibilidad de los activos de la empresa. El análisis de averías involucra una metodología para su análisis y solución, tal como se muestra en el gráfico 3.

Gráfico 3.  
**Análisis de averías**



Fuente: García 2010  
Elaboración: Propia

Como se muestra en la anterior gráfica, es necesario primero analizar el problema, para este análisis existen muchas herramientas o metodologías. Y una vez que se ha encontrado el problema, es necesario hallar y categorizar sus posibles causas. Establecidas y categorizadas las principales causas, se definirá un plan que permita solucionar o corregir estas anomalías.

### **1.6. Herramientas para el análisis de averías**

Para la identificación y análisis de averías existen varios métodos, pero en general las técnicas gráficas son las más extendidas por su facilidad de interpretación.

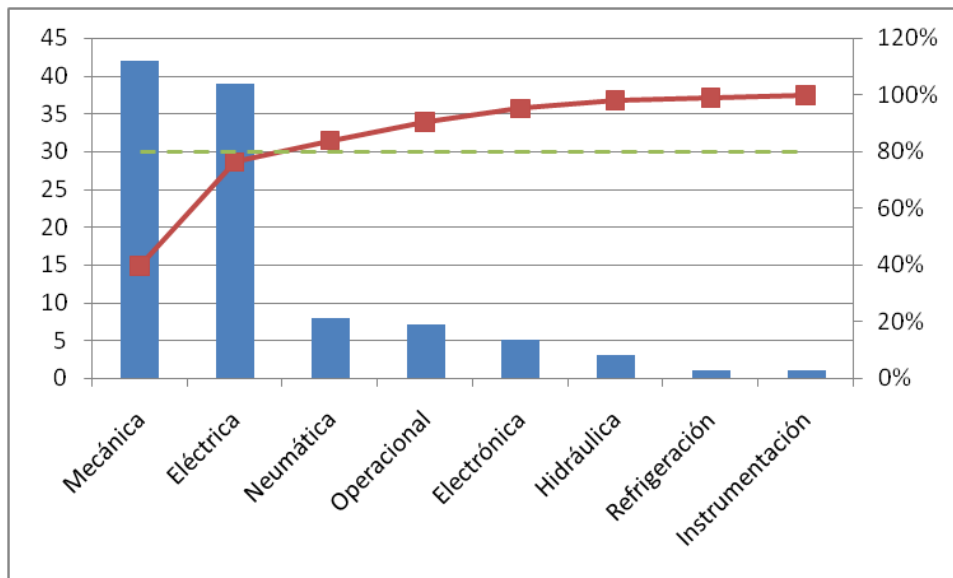
Mediante estas herramientas se analizará el problema, las posibles causas y solución.

- Diagrama de Pareto

Esta herramienta gráfica se utiliza para el análisis de problemas, porque permite categorizar los mismos y establecer los más importantes o los que requieren de un análisis más exhaustivo.

El diagrama de Pareto es un método gráfico sencillo, que utiliza un diagrama de barras donde se muestran por orden de importancia los principales problemas presentes en un sistema. “El concepto de Pareto, conocido como la regla 80-20, sostiene que el 80% de la actividad es causada por el 20% de los factores” (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, Administración de operaciones, 2008, pág. 168).

Gráfico 4.

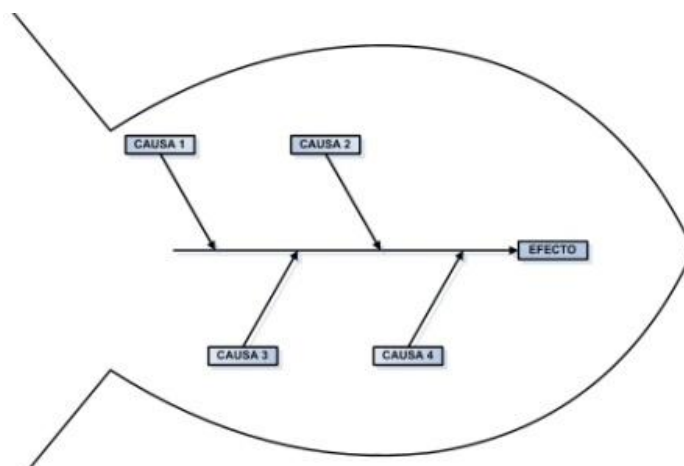
**Diagrama de Pareto**

Fuente: Krajewski, Ritzman y Malhotra  
Elaboración: Propia

- Diagrama causa-efecto

Torres asegura que “Los diagramas causa-efecto se construyen para ilustrar con claridad cuáles son las posibles causas que producen el problema. Un eje central se dirige al efecto. Sobre el eje se dispone las posibles causas.” Este método gráfico servirá en el Mantenimiento Industrial para determinar las causas asociadas a una determinada avería o problema (2007, pág. 39).

Gráfico 5.

**Diagrama causa-efecto**

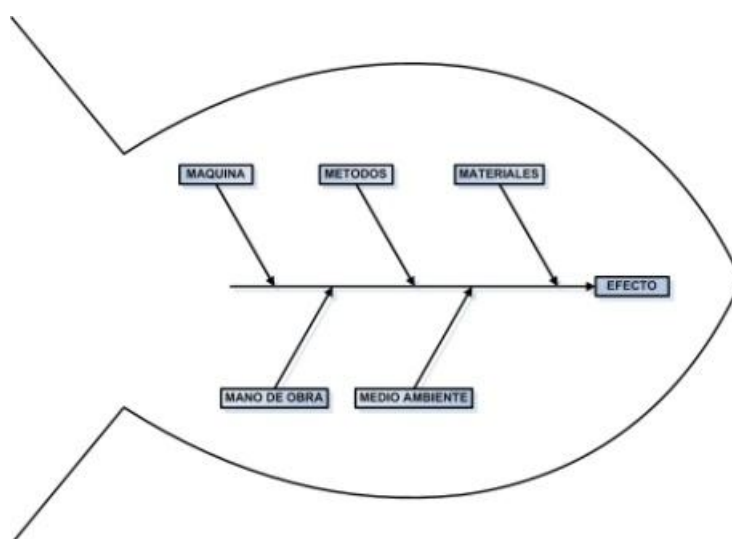
Fuente: Torres  
Elaboración: Propia

- Método de las 5M

“Para la aplicación de este método se sigue un orden para considerar las causas de los problemas, partiendo de la premisa que estas están agrupadas según 5 criterios y por ellos se las denomina las 5M: Máquina, Mano de obra, Métodos, Materiales, Medio Ambiente” (Torres, Mantenimiento - Su implantación y la introducción de mejoras en la producción, 2007, pág. 41). En el Mantenimiento Industrial este método gráfico es popular porque constantemente se interactúa con las 5M, las mismas que por lo general están presentes en el mantenimiento.

Gráfico 6.

### Método de las 5M



Fuente: Torres  
Elaboración: Propia

## 1.7. Confiabilidad

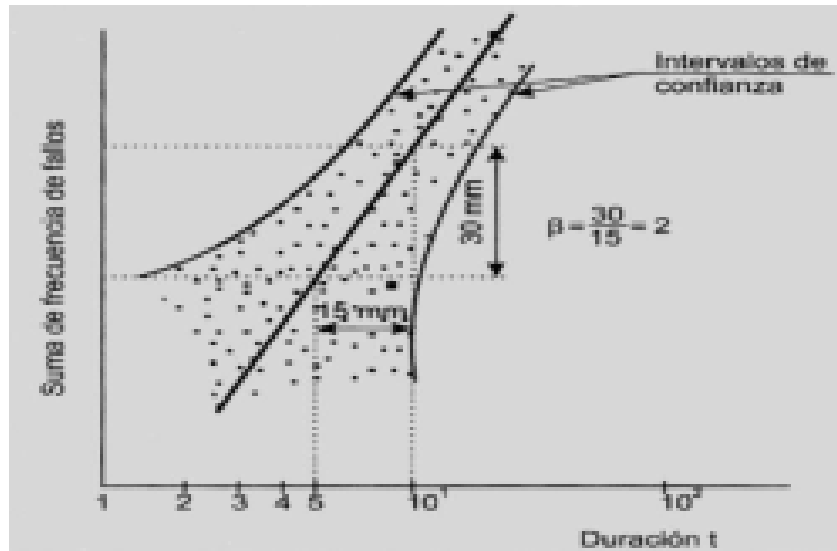
El término confiabilidad se utiliza en el estudio de tiempos de vida de componentes de una máquina, en 1939 Wallodi Weibull demostró que la mayoría de las formas de distribución y, concretamente, la de los mecanismos o distribución de fallos, se pueden aproximar con un elevado grado de exactitud a una distribución o función universal (González Fernández, Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, 2012, pág. 81).

La metodología estadística permite al personal encargado de mantenimiento determinar la etapa en ciclo de vida en que se encuentra el equipo. Está basado en la

estadística e histórico de fallos de los equipos. Si es posible predecir las fallas de un sistema, es posible planificar los recursos del mantenimiento o determinar las políticas óptimas de mantenimiento.

Gráfico 7.

### Confiabilidad



Fuente: Gonzáles Fernández

Elaboración: Gonzáles Fernández

## 2. Gestión de procesos

El siguiente pilar sobre el cual se sustentará el presente estudio es la gestión de procesos, y al igual que el mantenimiento industrial, es un concepto ampliamente difundido. Según Bravo (2009, pág. 21) “la gestión de procesos es una forma sistemática de identificar, comprender y aumentar el valor agregado de los procesos de la empresa para cumplir con la estrategia de negocio y elevar el nivel de satisfacción de los clientes”. Actualmente según la norma ISO 9000:2015, 22 se define proceso como: “Conjunto de actividades relacionadas que utilizan entradas para proporcionar resultados previstos” (ISO Norma Internacional, 2015).

### 2.1. Elementos de un proceso

De acuerdo a varios autores, y de forma general, se puede afirmar que un proceso está compuesto por los siguientes elementos:



**Entrada o insumo:** Producto con unas características objetivas que respondan al estándar o criterio de aceptación definido. La entrada es un producto que proviene de un suministrador: es la salida de otro proceso, o del cliente.

**Proceso:** La secuencia de actividades propiamente dicha que precisan de medios y recursos con determinados requisitos para ejecutarlos bien a la primera: Una persona con la competencia y autoridad necesaria para asentar el compromiso de pago.

**Salida o producto:** Una salida es un producto con la calidad exigida por el estándar del proceso: el impreso diario con el registro de factura y del nivel de satisfacción del usuario.

**Sistemas de medida o control:** Conocido con indicadores de funcionamiento del proceso y medidas de resultados del producto del proceso y del nivel de satisfacción del usuario.

**Factores de un proceso:** Los factores de un proceso se podría considerar a:

1) Personas: Un responsable y los miembros del equipo de procesos, todas ellas con los conocimientos, habilidades y actitudes adecuados.

2) Materiales: Materias primas o semielaboradas, información con las características adecuadas para su uso.

3) Recursos físicos: Instalaciones, maquinaria, hardware, software, etc., que han de estar siempre en adecuadas condiciones de uso.

4) Métodos / Planificación del proceso: Método de trabajo, Procedimientos. Hoja de proceso, gama, instrucción técnica, instrucción de trabajo, etc.

5) Medio ambiente: o entorno en el que se lleva a cabo el proceso (Pérez, Gestión por procesos, 2010, págs. 55-6).

## 2.2. Cadena de valor

Es un concepto desarrollado por Michael Porter, un especialista en diversas áreas de estrategia empresarial. León dice que “La Cadena de Valor es esencialmente una forma de análisis de la actividad empresarial mediante la cual descompone una empresa en sus partes constitutivas, buscando identificar fuentes de ventaja competitiva en aquellas actividades generadoras de valor” (2004, pág. 31).

El análisis de la cadena de valor permitirá ubicar el tipo de actividad que representa el mantenimiento industrial en la empresa. Si se conoce el tipo de actividad que representa en la empresa, será posible establecer cuál es su aporte en la consecución de los objetivos empresariales.

- Actividades primarias

Las actividades primarias “son procesos que corresponden con las líneas de actividad de la organización. Estos procesos afectan de forma directa a la calidad del producto o del servicio prestado y por ende, a la satisfacción del cliente” (López Lemos, Como hacer el manual de calidad según la norma ISO 9001:2008, 2011, pág. 58).

- Actividades de apoyo

De acuerdo con Porter, también se tienen actividades de apoyo, que: “son procesos necesarios para el desarrollo de los procesos clave o actividades primarias. Son actividades que se realizan prácticamente en todas las empresas pues son imprescindibles para el funcionamiento de la organización en su conjunto, aunque no inciden directamente en la calidad del producto o la satisfacción del cliente” (López Lemos, Como hacer el manual de calidad según la norma ISO 9001:2008, 2011, pág. 59).

### **2.3. Modelamiento de procesos**

Una imagen vale más que mil palabras. Una frase bastante difundida y que en la gestión por procesos permitirá una representación descriptiva de los procesos de una organización. En el presente estudio aportará para describir los procesos productivos y de mantenimiento. “Los modelos son herramientas para poder entender, analizar y visualizar un proceso y los mapas de proceso. Para poder administrar un proceso es necesario desarrollar modelos formales para representar tanto la situación actual de un proceso como la situación futura” (Harrington H. , 1993, pág. 92).

Existen diferentes maneras de modelar un proceso, empezando por los más simples o estándar, que son el diagrama de bloque y los diagramas de flujos, tanto detallados como funcionales. Un forma más global y simplificada de modelar es el diagrama SDAT/ IDEF0, de la misma forma también se tienen los diagramas SIPOC.

En el presente estudio se utilizarán los diagramas SADT/IDEF0 y SIPOC, que servirán para describir los procesos macros de la empresa; el diagrama de bloque, que aportará con la descripción de actividades del mantenimiento; y el diagrama detallado, que permitirá describir los elementos que interactúan en el mantenimiento.

- Diagramas SADT/ IDEF0

IDEF, cuyas siglas en inglés significan Integration Definition for Function Modelling (traducido al español: Definición de la integración para la modelización de las funciones), es una forma completa y compleja de modelar. “La familia IDEF consiste en un gran número de técnicas, entre las cuales se destaca IDEF0 e IDEF3, que son aquellas relacionadas con los procesos de negocio. La técnica IDEF0 está diseñada

para modelar las decisiones, acciones y actividades de una organización u otro sistema” (Freund, Ruker, & Hitpass, BPM Manual de referencia y guía práctica, 2017, pág. 131).

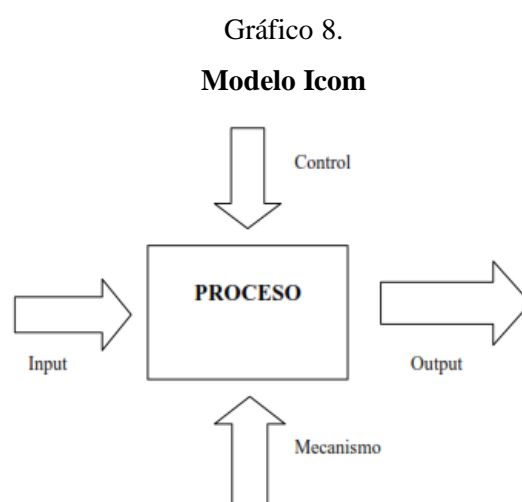
Para la representación gráfica de los procesos IDEF0 utiliza solo un tipo de anotación, conocido este como ICOM (Input-Control-Output-Mechanism), que fue deducido de los diagramas de análisis estructurado donde:

Input: Entrada o insumo

Control: Restricciones, estándares, normas, procedimientos

Output: Salida o resultado

Mecanismo: Persona, máquina



Fuente: Freund, Ruker y Hitpass  
Elaboración: Propia

Con esta herramienta se modelarán las actividades o procesos primarios y, si es necesario, la actividad secundaria o proceso de apoyo donde se encuentren establecidos la preparación hilatura y el mantenimiento industrial.

- Diagrama SIPOC

De acuerdo con Tobar y Mota (2007, pág. 38), SIPOC “es una herramienta que consiste en un diagrama, que permite visualizar los procesos de manera sencilla y general. Este esquema puede ser aplicado a procesos de todos los tamaños y a todos los niveles”.

SIPOC proviene de sus siglas en inglés, Supplier-Input-Process-Output-Customer (Tobar & Mota, CPIMC: Un modelo de administración por procesos, 2007, págs. 38, 39) donde:

**Proveedor (Supplier)** es cualquier persona o procesos que suministran algún insumo.

**Insumo (Input)** es todo aquello que se requiere para llevar a cabo nuestro proceso, puede ser información, materiales, actividades o recursos.

**Proceso (Process)** son las actividades básicas para convertir las entradas en salidas.

**Salida (Output)** es el resultado del proceso.

**Cliente (Customer)** es la persona o procesos que se ve afectado por el resultado del proceso.

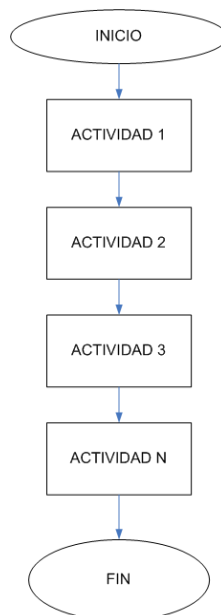
- Diagrama de bloque

Es una forma más básica de representar un proceso, “conocido también como diagrama de flujo de bloque, es el tipo más sencillo y frecuente de diagrama de flujo. Este proporciona una visión rápida y no compleja del proceso” (Harrington H. , 1993, pág. 98).

Mediante la utilización de los diagramas de bloque se pretende describir los principales procesos de mantenimiento de forma genérica. Esta herramienta es útil para describir las actividades, y en el mantenimiento es necesario establecer actividades y su secuencia de operación.

Gráfico 9.

**Diagrama de bloque**



Fuente: Harrington  
Elaboración: Propia

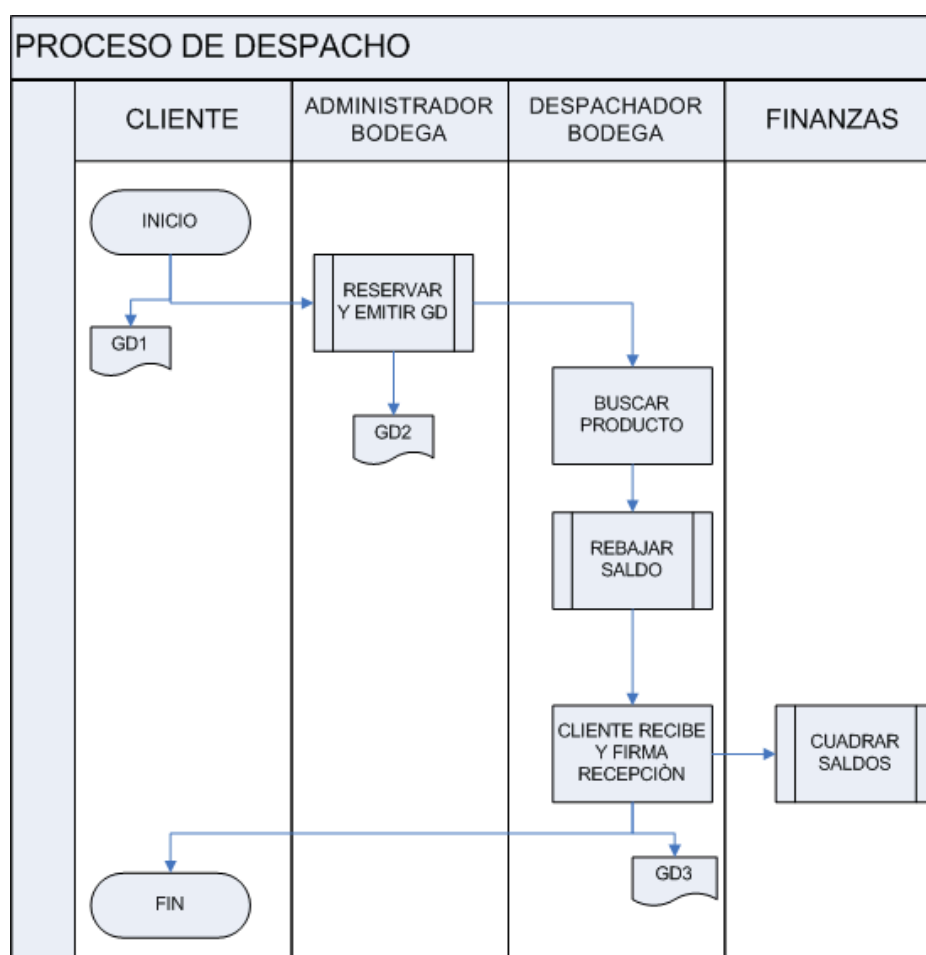
- Diagrama de flujo detallado

“El diagrama de flujo describe y representa una guía de las actividades del proceso. Es un tipo de modelo que proporciona amplia información acerca de varios aspectos del proceso: flujo, mensaje, actividades y tecnología” (Bravo, Gestión de Procesos, 2009, pág. 377).

Un poco más detallado, este diagrama aporta información del personal responsable, tecnología, etc. Con esa herramienta se pretende describir los procesos críticos del mantenimiento industrial.

Gráfico 10.

**Diagrama de flujo detallado**



Fuente: Bravo  
Elaboración: Propia

## 2.4. Mejora continua

Los constantes desafíos de los mercados impulsan en las industrias el mejoramiento continuo para ser y mantenerse competitivos. El mantenimiento industrial ha tenido que adaptarse a estos cambios, por consiguiente, se vuelve indispensable disponer de una herramienta administrativa que permita cumplir con este propósito.

Con el objetivo de establecer un proceso de mejoramiento continuo o modalidad circular, W. Edwards Deming desarrolló el ciclo Deming o ciclo PHVA.

- Ciclo Deming

Según Cuatrecasas (2010, pág. 65) “el ciclo Deming o ciclo de mejora, actúa como guía para llevar a cabo la mejora continua y lograr de una forma sistemática y estructurada la resolución de problemas. Está constituida sobre cuatro actividades: Planificar, hacer, verificar y actuar”.

El ciclo PHVA, según la ISO 9001:2015, 10 se define estas actividades como:

**Plan o planificar:** Establecer los objetivos del sistema y sus procesos, y los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización, e identificar y abordar los riesgos y oportunidades.

**Do o hacer:** Implementar lo planificado

**Check o verificar:** Realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos y servicios resultantes respecto a las políticas, los objetivos, los requisitos y las actividades planificadas, e informa sobre los resultados.

**Act o actuar:** Tomar acciones para mejorar el desempeño cuando sea necesario (ISO Norma Internacional, 2015).

Se han analizado diversos modelos de gestión del mantenimiento industrial, a los que se los ha clasificado según la generación de mantenimiento a la que pertenecen. Se ha podido determinar, de esta manera, que los modelos de tercera generación suponen varias ventajas respecto a los anteriores, pero es necesario considerar que estos modelos fueron desarrollados por las industrias de EE-UU y Japón, industrias con un alto grado de desarrollo tecnológico y gran compromiso con los sistemas de gestión. Actualmente se está empezando a hablar de modelos de cuarta generación basados en inteligencia artificial, donde prima la predicción de los fallos.

La gestión de procesos presenta varias herramientas para un manejo sistemático y ordenado de las actividades, lo cual permitirá establecer el estado actual de la empresa y el mantenimiento industrial, con esta información se podrá establecer las oportunidades de mejora.

El mantenimiento industrial y la gestión de procesos son dos conceptos altamente compatibles e integrables, lo cual posibilitará establecer un modelo de gestión basado en procesos para el mantenimiento industrial.





## **Capítulo dos**

### **Situación actual de la empresa**

En el presente capítulo se utilizará el concepto de gestión de procesos para el análisis de la estructura de procesos de la organización, esto permitirá establecer la situación actual de la organización. Se pondrá especial atención a los procesos que estén presentes en la preparación hilatura, en la cual es necesario conocer el estado actual en lo referente a productividad, operatividad y calidad.

#### **1. Descripción de la empresa**

Vicunha Ecuador es una compañía dedicada a la elaboración y comercialización de productos textiles. Inicialmente, y con el nombre La Internacional, se constituye legalmente el 21 de junio de 1921. El 1 de junio del 2007 **VICUNHA TEXTIL**, empresa brasileña, compra acciones a La Internacional S.A., una de las cinco empresas más grandes de todo el mundo en producción de Denim (índigo).

En la actualidad es la empresa textil más grande del Ecuador, reconocida como la marca de **VICUNHA ECUADOR**. En el 2011 se realiza una inversión muy alta para triplicar la producción de Denim, con un estimado producido de 1 millón 800 mil metros lineales por mes. La estructura organizacional de Vicunha se encuentra delimitada de acuerdo con el organigrama del gráfico 11.

#### **2. Cadena de valor de la organización**

Se busca establecer la cadena de valor de la empresa, con la finalidad de conocer los procesos de valor y de procesos de soporte; además, es necesario determinar los procesos involucrados en el presente estudio.

Vicunha Ecuador es una empresa netamente productiva, sus actividades primarias engloban desde el aprovisionamiento o logística, las actividades productivas en sí mismas y la comercialización de los bienes producidos. Estos serán los procesos que generen valor a los clientes de la organización.

Gráfico 11.

**Organigrama de Vicunha Ecuador**

Fuente: Material capacitación RR-HH Vicunha Ecuador  
 Elaboración: Propia

Los procesos o actividades de apoyo son la gestión administrativa, administración de recursos humanos, energía y fluidos, gestión de tecnología de la información. En el gráfico 12 se puede visualizar la cadena de valor de Vicunha Ecuador.

Gráfico 12.

**Cadena de valor de Vicunha Ecuador**

Fuente: Material capacitación - Vicunha Ecuador  
Realización: Propia

**2.1. Principales procesos involucrados**

En el presente estudio se analizarán el macroproceso de producción y el macroproceso de energía y fluidos, el objetivo es detallar los procesos que interactúan en estos macroprocesos.

- Procesos de producción

Producción consta de varios procesos, los mismos están integrados secuencialmente tal cual una cadena de producción.

- Preparación hilatura
- Hilatura
- Preparación tejeduría
- Tejeduría
- Acabados

El proceso que se analizará es la preparación hilatura, por lo que será necesario establecer y desdoblar los principales subprocesos que los componen, esto permitirá

conocer las necesidades que requiere este proceso cliente, además es necesario conocer su estado actual en lo referente a productividad, operatividad y calidad.

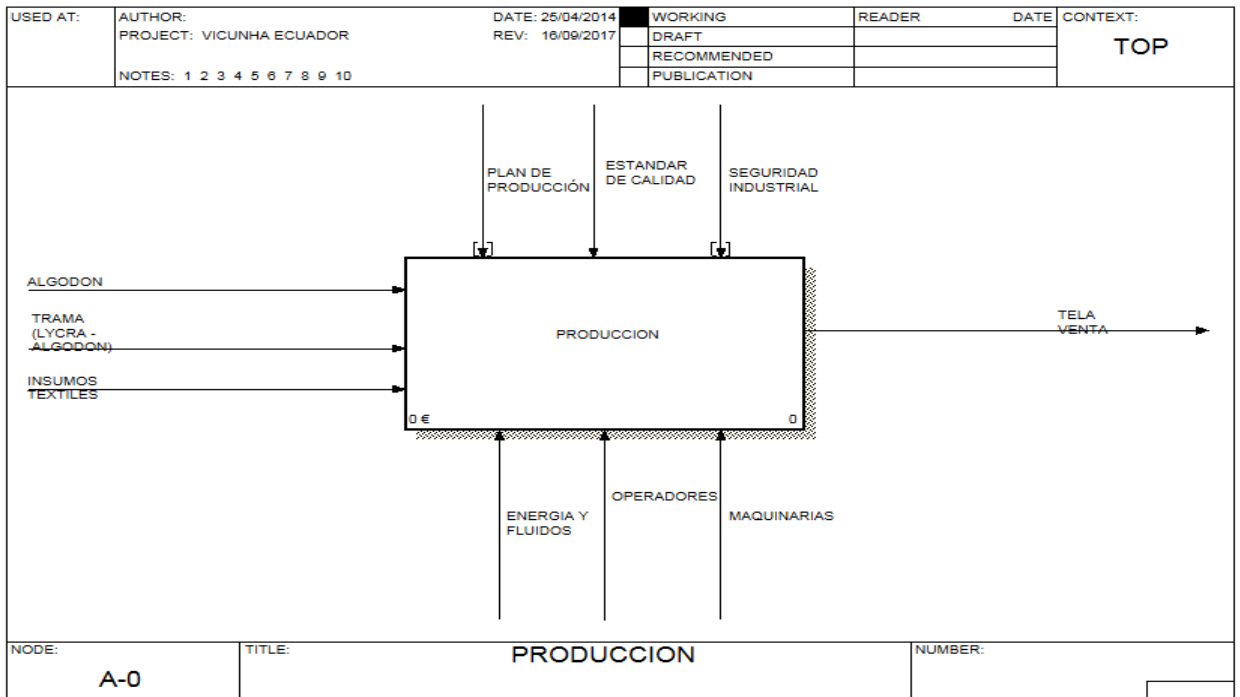
- Procesos de energía y fluidos
  - Mantenimiento industrial
  - Provisión de servicios industriales

El macroproceso de energía y fluidos involucra varios procesos, el análisis se realizará al proceso de mantenimiento industrial, que es el ámbito del presente estudio. Como se mencionó anteriormente, se iniciará con el análisis del macroproceso de producción.

En el gráfico 13 se establece el IDEF0 de este macroproceso, en el cual se describen sus entradas, salidas, controles e insumos.

Gráfico 13.

**Macroproceso de producción**



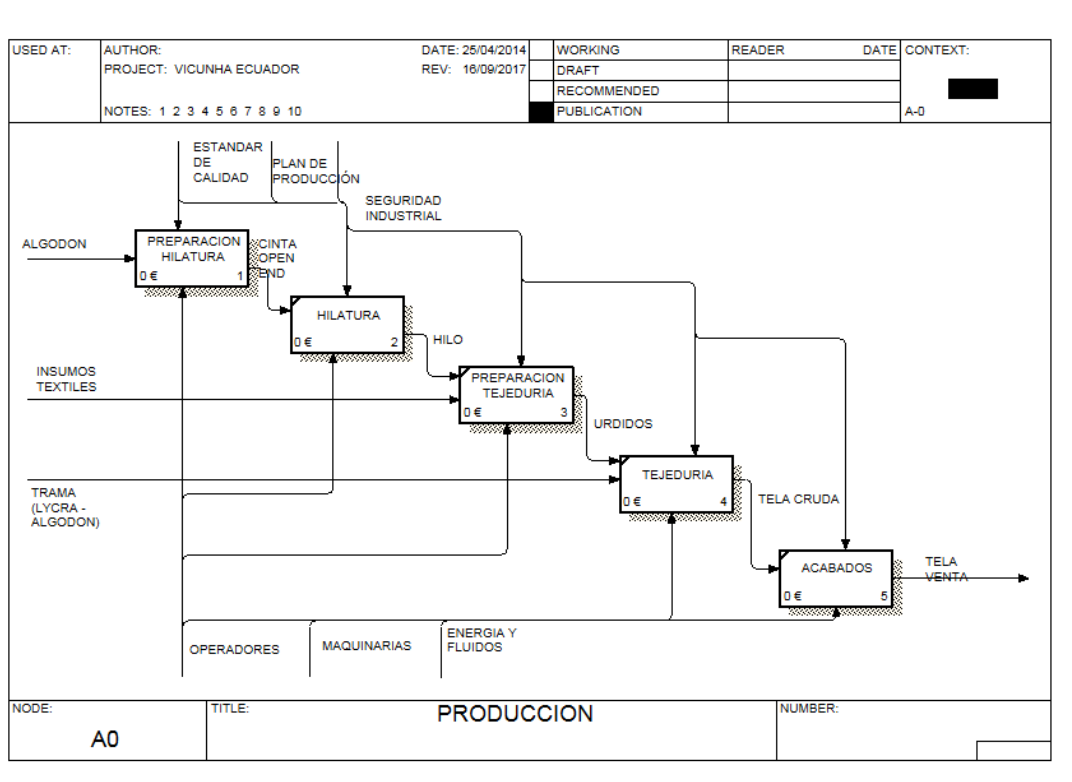
Fuente: Material capacitación Vicunha Ecuador  
 Elaboración: Propia

El macroproceso de producción abarca varios procesos, los mismos siguen una secuencia lineal, por lo cual son interdependientes. Si un proceso falla, se detendrá todo el macroproceso de producción.

En el gráfico 14 se puede observar cómo está compuesto todo este macroproceso.

Gráfico 14.

### Macroproceso de producción

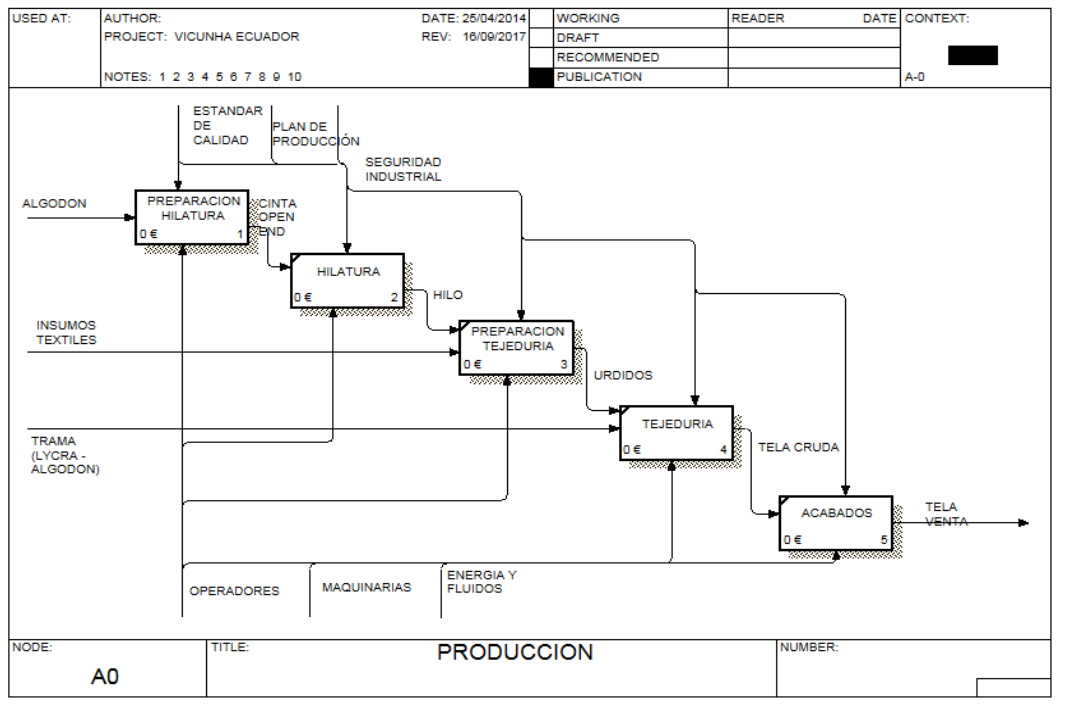


Fuente: Material capacitación Vicunha Ecuador  
Realización: Propia

El proceso de hilatura se encuentra representado en dos componentes que son: preparación hilatura e hilatura como tal. Preparación hilatura involucra tres subprocesos a su vez, que son detallados en el gráfico 15. En el mismo se puede observar que tiene como entrada pacas de algodón y como salida cinta, que a su vez será la entrada del proceso de hilatura.

Gráfico 15.

**Proceso de preparación hilatura**

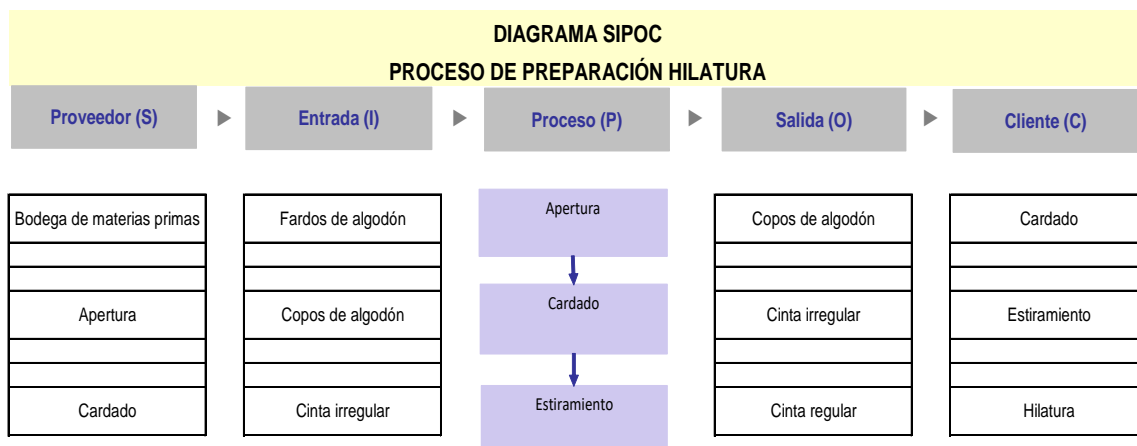


Fuente: Material capacitación Vicunha Ecuador  
 Realización: Propia

Con la finalidad de establecer más en detalle los componentes del proceso de preparación hilatura, en el gráfico 16 se incorpora un diagrama SIPOC de este proceso, en el mismo se describen sus proveedores, entradas, proceso, salida y cliente.

Gráfico 16.

**Diagrama SIPOC. Preparación hilatura**



Fuente: Material capacitación Vicunha Ecuador  
 Elaboración: Propia

### **3. Procesos de preparación de hilatura**

Se describirá a todo el proceso de la preparación hilatura, el mismo está compuesto por el subproceso de apertura, el subproceso de cardado y el subproceso de estiramiento.

#### **3.1. Subproceso de apertura**

Este subproceso es el inicio del proceso de preparación hilatura, este proceso tiene como objetivo la apertura y limpieza del algodón, el producto o salida de este subproceso son copos de algodón, que servirán de entrada para el subproceso de cardado.

Se describirá este proceso de acuerdo con los factores del proceso o mecanismos de acción de los procesos los cuales están vinculados a las 9M como son.

- Mano de obra

Los participantes involucrados en el subproceso de apertura son las personas que se encargan de la operación y control de la maquinaria de apertura. Existe poco personal en este subproceso, esto se debe principalmente a que la mayoría de acciones de esta maquinaria esta automatizada. Adicionalmente, la mayor parte del tiempo del personal se utiliza para el tendido y control de pacas de algodón que serán procesadas en las abridoras automáticas de la apertura. Al tener maquinaria automatizada, el trabajo del operador es monitorear posibles fallas e informar a mantenimiento para su pronta solución.

- Materiales



Como materia prima de este subproceso se tiene a las pacas de algodón, el cual ingresará al proceso para su limpieza y apertura.

- Maquinaria

La apertura consiste en un conjunto de máquinas interconectadas con la finalidad de abrir y limpiar las fibras de algodón, estas serán enviadas al siguiente proceso, que es el de las cardas. Como se mencionó anteriormente, esta maquinaria posee un alto grado de automatización, por lo cual se requiere de operador solo para su monitoreo.

En la tabla 2 se describe toda la maquinaria que se utiliza en este subproceso.

Tabla 2.  
Maquinaria de apertura

MÁQUINA	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	AÑO FABRICACIÓN	POTENCIA INSTALADA	PROD MAX.
	BO-A Abridora automática de balas	Trutzschler	2014	18,2 Kw	2000 kg/h
	SP-MF Separador multifunción	Trutzschler	2014	9,0 Kw	800 kg/h
	CL-P Pre limpiador	Trutzschler	2014	8,0 Kw	1000kg/h
	MX-I10 Mezcladora	Trutzschler	2014	6,6 Kw	2000kg/h
	CL-C3 Limpiador en fino	Trutzschler	2014	9,0 Kw	1000kg/h
	SP-DX Separador de polvo	Trutzschler	2014	0,5 Kw	1000kg/h

Fuente: Manual de operación de apertura Trutzschler  
Elaboración: Propia



- Métodos

Como método, en este subproceso se tiene la distribución o disposición física de la maquinaria.

Se dispone de dos líneas de apertura, cada línea tiene una disposición en serie que significa que las máquinas están dispuestas unas tras otra. Esto representa una desventaja para el cumplimiento de producción, porque si una máquina se detiene, se frena todo el proceso. Asimismo, el límite de producción está dado por el equipo de menor capacidad, que en este caso es el SP-MF y su límite de producción es 800Kg/h. Si se suman la producción de las dos líneas se tiene 1600 Kg/h.

- Medioambiente

El ambiente en el que se desarrolla este subproceso es una sala cubierta, la misma que esta climatizada a 25 °C, con una humedad relativa de 55%.

- Medición

Como puntos de control textil se tienen:

- Eficiencia de limpieza de polvo
- Fibra corta e impurezas.
- Generación de Neps.

- Mejora

Para el punto de mejora se podría proponer el cambio en el control de climatización de la sala de apertura, porque actualmente no realiza un trabajo adecuado debido a los años de servicio que lleva operando, los que son aproximadamente treinta.

- Money

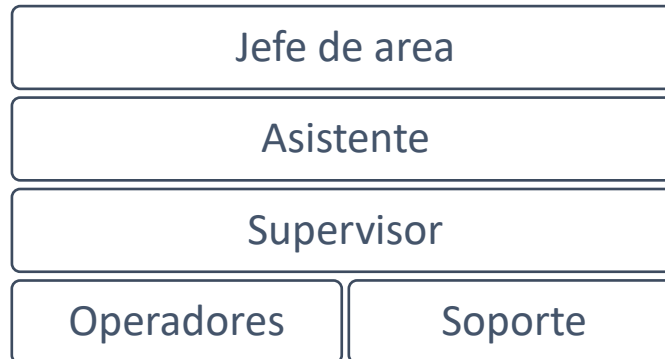
En este punto se puede considerar la depreciación de la maquinaria y los sueldos. Es necesario controlar los mismos para optimizar estos recursos.

- Management

Para la administración se considerarán los cargos y niveles en las tomas de decisiones. Los cargos en Vicunha Textil siguen una jerarquía vertical, lo cual se ve reflejado en el esquema de toma de decisiones del gráfico 17.

Gráfico 17.

**Cargos y niveles de toma de decisión en producción**



Fuente: Recursos Humanos Vicunha Ecuador  
Elaboración: Propia

### 3.2. Subprocesos de cardado

El subproceso de cardado consiste en la limpieza más profunda y selectiva del algodón. Aquí se paralelizan las fibras y se pasa de copos de algodón a cinta de carda, este subproceso es el que mayor valor agrega al proceso de preparación hilatura. Al ser un subproceso con muchos puntos de control, de este dependerá en su mayoría el desempeño final en calidad del proceso. Existe un dicho textil que reza: un buen cardado produce un buen hilado, por este motivo se asigna gran cantidad de controles.

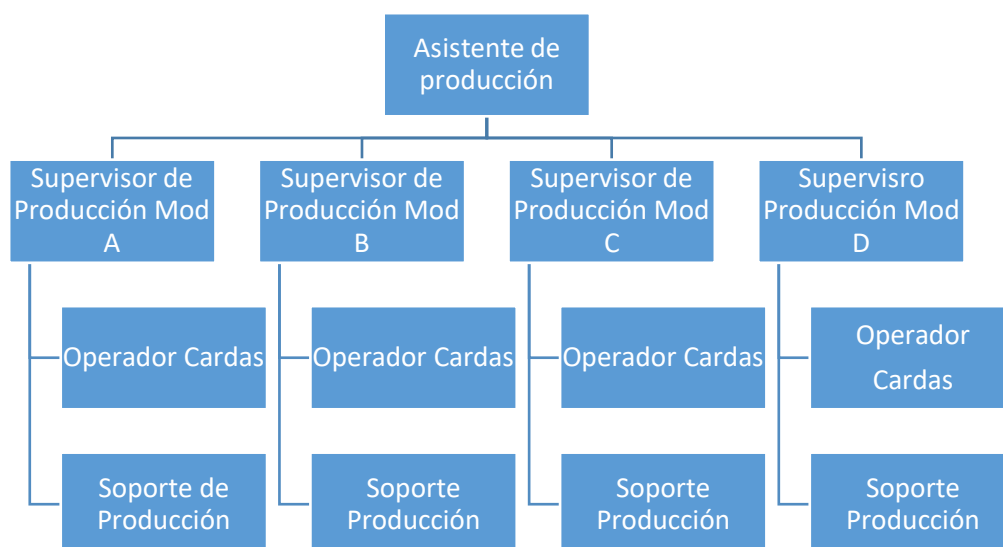
- Mano de obra

Los participantes involucrados en el subproceso de cardado son las personas que se encargan de la operación y control las cardas. Al ser un proceso muy importante, se tiene la estructura mostrada en el gráfico 18.

- Materiales

Como materia prima de este subproceso se tiene algodón abierto y limpio, que se obtuvo en el subproceso de apertura.

Gráfico 18.

**Personal de producción de cardas**

Fuente: Recursos Humanos Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

- Maquinaria



En las cardas se realiza un solo tipo de actividad, este es el cardado, pero en la empresa se tiene disponibles tres modelos de cardas de dos fabricantes. En esencia, realizan el mismo trabajo. En la tabla 3 se describe toda la maquinaria que se utiliza en este subproceso.

- Métodos

Al igual que en la apertura, se tiene disposición física de trabajo de la maquinaria que en este caso son las cardas. En este subproceso se usan 20 cardas, que tienen una disposición en paralelo y están distribuidas de a 10 por cada línea de apertura. Con una velocidad de producción máxima de 120 Kg/h por cada carda, en el conjunto de las 10 cardas por línea se tiene una producción máxima de 1200 Kg/h.

El subproceso de cardado está atado directamente al subproceso de apertura, por ser una línea de producción secuencial, para que las cardas produzcan necesariamente tiene que operar la línea de apertura, si el subproceso apertura se detiene, el subproceso de cardado también lo hará. En este esquema, la producción máxima que se espera en cardas será de 800 Kg/h por línea, si se tienen dos líneas de cardas, finalmente se tendrán 1600 Kg/h.

Tabla 3.  
Maquinaria de cardas

MÁQUINA	Descripción	Fabricante	Año fabricación	Potencia instalada	Producción Max
	Carda C51	Rieter	2001	12 Kw	120 kg/h
	Carda DK 803	Trutzschler	1996	12 Kw	120kg/h
	Carda DK 903	Trutzschler	2001	12 Kw	120kg/h

Fuente: Manual de operación cardas Rieter y Trutzschler  
Elaboración: Propia

- Medioambiente

El ambiente en el que se desarrolla este subproceso es una sala cubierta, la misma que esta climatizada a 25 °C, con una humedad relativa de 55%.

- Medición

Como puntos de control textil se tiene:

- Eficiencia de limpieza de polvo, fibra corta e impurezas
- Eficiencia de retiro de Neps
- Uniformidad de cinta CV
- Uniformidad de peso-título

- Mejora

Para el punto de mejora se podría proponer aumentar la disponibilidad de esta maquinaria, porque se observa que la misma tiene una vida útil superior a 10 años. En

muchas ocasiones el paro de estas máquinas dificulta cumplir con los objetivos de producción.

- Money

Se tendrá la misma consideración que en el caso de la apertura, depreciación de la maquinaria y sueldos. E igualmente, se considera necesario controlar los mismos para optimizar estos recursos.

- Management

En este caso también se tomará como referencia al subproceso de apertura.

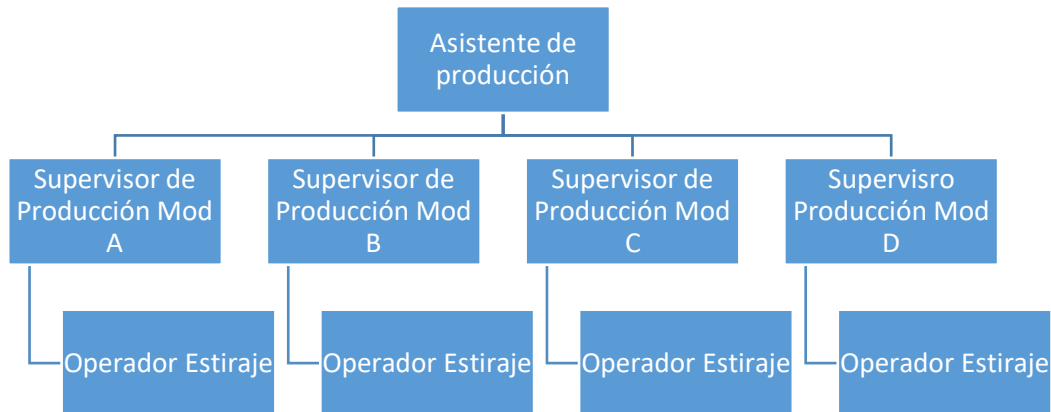
### **3.3. Subprocesos de estiramiento**

En este subproceso se busca el estiramiento de fibras en la cinta, también se espera una mezcla uniforme de la cinta, la finalidad es obtener una cinta lo más uniforme posible debido a que será la entrada del proceso de hilatura; por lo tanto, esta cinta es el producto final del Proceso de preparación hilatura, y como tal gestión de calidad y producción evalúan el desempeño de este producto, el cual sirve para evaluar a todo el proceso de preparación hilatura tanto en volumen como en calidad de producción.

- Mano de obra:

Los participantes involucrados en el subproceso de estiramiento son las personas que se encargan de la operación y control de los estirajes y su estructura está dada tal como se muestra en el gráfico 19.

Gráfico 19.  
**Personal de producción de estirajes**



Fuente: Recursos humanos Vicunha Ecuador  
 Elaboración: Propia

- Materiales

Como materia prima de este subproceso se tiene la cinta que fue procesada en las cardas, la misma recibió un proceso de paralelización de fibras, retiro de neps, limpieza profunda y un estiramiento previo.





- Maquinaria

Al igual que en las cardas, se ejecuta la misma actividad, pero realizada en dos etapas, que son: el estiraje de primer paso y el estiraje de segundo paso. También se tienen varios modelos de pasadores y dos fabricantes. En la tabla 4 se describe toda la maquinaria que se utiliza en este subproceso.

- Métodos

Este subproceso consta de dos métodos de operación para sus equipos: estirajes de primer paso y estirajes de segundo paso. Para el primer paso se mantiene la disposición en paralelo, se tienen 3 estirajes a 240 kg/h y 3 estirajes a 360 kg/h con producción máxima de 1800 kg/h. Para el segundo paso también se tiene una disposición en paralelo con 7 estirajes a 360 kg/h. Esto significa que para el segundo paso de estiramiento se tiene una capacidad instalada de 2520 kg/h.

Tabla 4.  
Maquinaria de estirajes

MÁQUINA	Descripción	Fabricante	Año fabricación	Potencia instalada	Producción Max
	RSB 51 (Primer Paso)	Rieter	1996	10 Kw	240 kg/h
	D10 (Primer Paso)	Rieter	2001	8 Kw	360 kg/h
	D30 (Segundo Paso)	Rieter	2001	8 Kw	360kg/h
	TD8 (Segundo Paso)	Trutzschler	2014	7 Kw	360kg/h

Fuente: Manual de operación estirajes Rieter y Trutzschler  
Elaboración: Propia

- Medioambiente

El ambiente en el que se desarrolla es similar al subproceso de apertura, se requiere una sala climatizada a 25 °C, con una humedad relativa de 55%.

- Medición

En este subproceso se utilizan los siguientes controles:

- Uniformidad de cinta CV.
- Uniformidad de peso-título.

- Mejora

En este subproceso casi la mitad de los equipos ya han sido modernizados, se considera que es necesario actualizar la otra parte de la maquinaria y realizar un adecuado mantenimiento de los equipos modernos.

- Money

Se tendrá la misma consideración que en el caso de la apertura; depreciación de la maquinaria, sueldos. Es necesario controlar los mismos para optimizar estos recursos.

- Management

En este caso también se tomara como referencia al subproceso de apertura.

#### **4. Recursos tecnológicos**

Para el control de producción, el proceso de la preparación hilatura dispone de varias herramientas tecnológicas o software, las cuales sirven para programar la producción y registrar las novedades suscitadas en el día a día. Se puede ingresar datos como el volumen de producción, los paros de máquinas, los registros de calidad de la producción obtenida, entre otros. Este sistema se llama Sistema de gestión textil-SGT.

Actualmente este registro no es usado adecuadamente, muchas veces no se registran los paros que se producen en la máquina, y ello se debe a dos causas principalmente:

- Los operadores de producción no informan al supervisor de producción del paro de una máquina porque primero notifican al técnico, y si se repara en un tiempo prudencial no comunican de este daño al supervisor.
- Falta de involucramiento de los supervisores de producción con el proceso de mantenimiento industrial. Ellos registran en el sistema un paro solo si ese daño va a involucrar un tiempo de paro considerable, lo cual puede afectar sus cumplimientos de producción.

#### **5. Indicadores de producción**

Si bien los registros de paros no están adecuadamente justificados, lo referente a registros de producción y calidad sí están llevados de forma adecuada en el sistema SGT. Los registros de producción se realizan cada 8 horas, y se evalúa la producción con periodicidad semanal y mensual, los puntos de control son en cardas y estirajes. En



lo referente a calidad se toman muestras aleatorias en cardas y estirajes cada semana, y en especial después de cada mantenimiento.

La empresa mantiene dos objetivos para el proceso de producción de preparación hilatura. El primer objetivo es el volumen de producción de los estirajes, que en este caso es la cinta, que estará establecido en 1200 kg/h o 768 toneladas mensuales. Si se analiza, este requerimiento de producción es fácilmente alcanzable, porque de acuerdo con el análisis de operatividad la capacidad instalada del área está en 1600 kg/h. Para la capacidad efectiva, si se considerara un 15% de suplementos, se tienen 1360 Kg/h, que sigue siendo mayor que los 1200 kg/h planificados. Por lo tanto, un indicador adecuado de producción, será el porcentaje de utilización de capacidad que está definido como:

$$\% \text{ Utilización} = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Capacidad instalada}} * 100$$

Se considera importante comparar este porcentaje con el índice de cumplimiento de producción, definido por:

$$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Producción planificada}} * 100$$

El segundo objetivo se relaciona con la calidad de la cinta y está establecido en la regularidad de la cinta y limpieza de las fibras, para su medición se establece como porcentaje de tela de segunda clase que se vio afectada por los factores mencionados con anterioridad. Se pide el aporte de telas de segunda calidad por defectos de preparación hilatura no sea mayor al 1,5%.

Según los registros de SGT, en el período de enero a diciembre del 2016 se tuvieron los siguientes cumplimientos que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5.

**Indicadores de producción**

Mes	Producción				Calidad	
	% Utilización capacidad		% Cumplimiento (planificado)		% Afectación Tela de segunda	
	Meta	Real	Meta	Real	Meta	Real
Enero	85%	79%	100%	99%	1.50%	2.50%
Febrero	85%	80%	100%	101%	1.50%	2.65%
Marzo	85%	78%	100%	98%	1.50%	2.73%
Abril	85%	81%	100%	101%	1.50%	2.68%
Mayo	85%	76%	100%	96%	1.50%	3.50%
Junio	85%	70%	100%	90%	1.50%	2.40%
Julio	85%	77%	100%	97%	1.50%	2.90%
Agosto	85%	71%	100%	91%	1.50%	2.76%
Septiembre	85%	77%	100%	97%	1.50%	2.80%
Octubre	85%	74%	100%	94%	1.50%	2.40%
Noviembre	85%	76%	100%	96%	1.50%	2.20%
Diciembre	85%	73%	100%	93%	1.50%	2.10%

Fuente: Repositorio de producción SGT 2016 Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

Según los datos mostrados en la tabla anterior, se puede notar que si bien el cumplimiento de la producción es el adecuado, e inclusive en determinados meses se llega a sobrepasar la meta establecida, no sucede lo mismo cuando se analiza en función de la utilización de la capacidad instalada. Esto evidencia un problema de sobrecapacidad del proceso productivo, que se verá reflejado en costos elevados de funcionamiento. Esta sobrecapacidad puede estar dada por las condiciones del mercado, las que fueron críticas en el 2016.

En el presente estudio resulta adecuado usar el índice de utilización de capacidad para el objetivo de producción, en el mismo no se consideran las restricciones en la planificación de producción, la misma que pueden estar atada a restricciones del mercado en el año 2016.

Se revisó el macroproceso de producción en el cual se encuentra el proceso de preparación de hilatura, el mismo que es objeto del presente estudio. Este proceso está

conformado por tres subprocesos interrelacionados y que se ejecutan en secuencia, lo cual significa que si un subproceso se detiene, se para todo el proceso.

Según el análisis de método, el subproceso más crítico es el de apertura, del cual se dispone solo dos líneas de producción, muy contrario a los subprocesos de cardado y estiramiento, en los cuales se dispone de varias máquinas en paralelo.

La estructura de los recursos humanos en el proceso está bien balanceada, se tiene un número adecuado de personas para llevar a cabo el proceso, con operadores y colaboradores de soporte que pueden intercambiar roles, un supervisor encargado de vigilar el cumplimiento de los objetivos de producción; ellos evalúan y registran los paros de producción y alimentan el repositorio de producción SGT.

En el siguiente capítulo se realizará una evaluación similar al proceso de mantenimiento industrial, también importante para el presente estudio.



## Capítulo tres

### Situación actual del mantenimiento industrial

Establecida la situación actual de la empresa y del proceso de preparación hilatura, lo siguiente es analizar la situación actual del proceso de mantenimiento industrial en Vicunha Ecuador, y de manera especial el que se realiza en la preparación hilatura.

Se busca establecer el rol del proceso de mantenimiento industrial en el macroproceso de energía y fluidos. También es necesario conocer qué otros procesos están involucrados.

Mediante el análisis de los subprocesos que lo componen, la interacción con los demás procesos de la empresa, los recursos humanos que lo conforman y los recursos tecnológicos disponibles, indicadores, etc., se establecerá la situación actual del proceso del mantenimiento industrial.

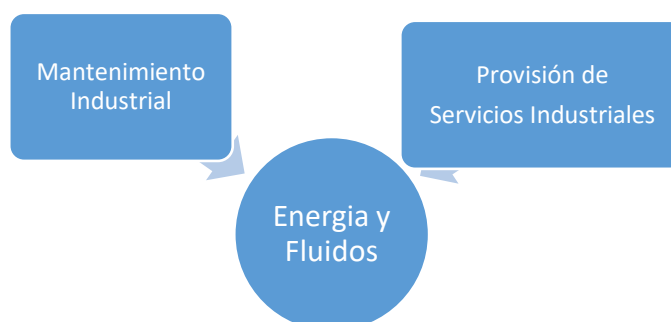
#### 1. Procesos involucrados en energía y fluidos

Para ubicar al mantenimiento industrial en la cadena de valor de la empresa, es necesario inicialmente describir el macroproceso de energía y fluidos, como se observó en el anterior capítulo, este es un macroproceso de apoyo.

En este macroproceso se observa que se tienen a los procesos de provisión de servicios industriales y mantenimiento industrial, tal como se observa en el gráfico 20:

Gráfico 20.

#### Procesos de energía y fluidos



Fuente: Material capacitación 2013 de RR-HH Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

## 2. Proceso de provisión de servicios industriales

Este proceso busca garantizar la operatividad de la empresa por medio de la disponibilidad de las energías y fluidos requeridos por la maquinaria industrial.

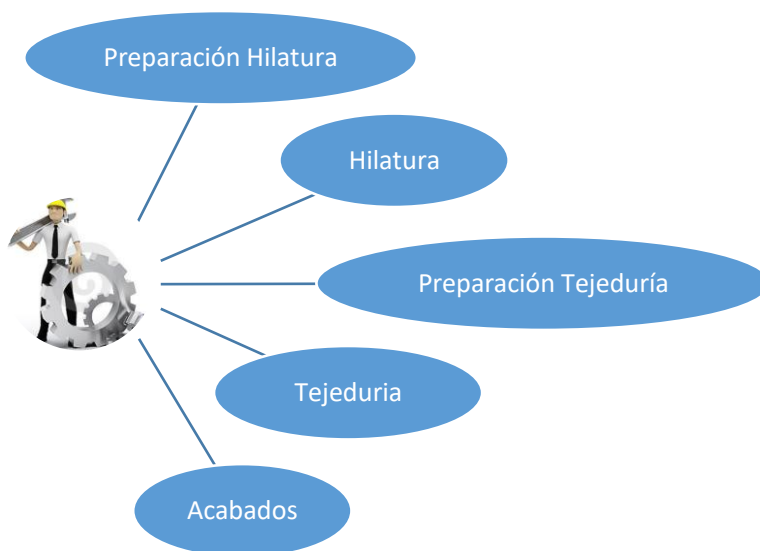
Como energías se consideran el vapor, energía eléctrica, aire comprimido, entre otros. Además, se incluyen las centrales de climatización y de aire acondicionado. En fluidos se considera el tratamiento de agua para el consumo en la empresa por parte de los procesos productivos y el tratamiento de las aguas residuales generadas en los procesos de producción.

## 3. Proceso de mantenimiento industrial

Es un proceso de apoyo que proporciona soporte a las áreas productivas, en el cual se da mantenimiento a las instalaciones y edificios. En el gráfico 21 se detalla el soporte que da el Proceso de Mantenimiento Industrial a los procesos productivos. Como se observa, este soporte no es exclusivo al Proceso de Preparación Hilatura, sino que incluye a todos los procesos de Producción.

Gráfico 21.

### Soporte del mantenimiento industrial



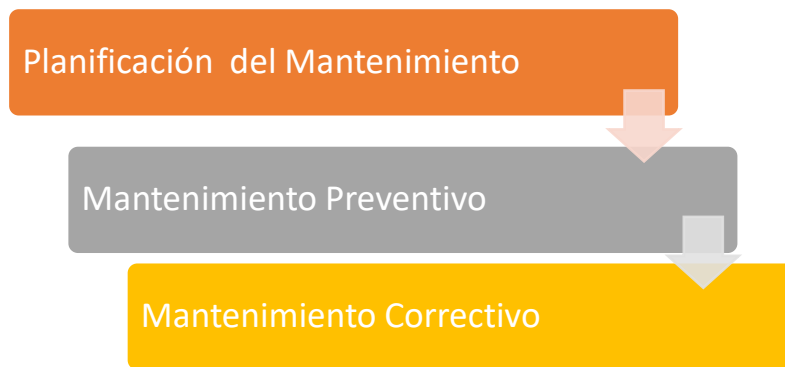
Fuente: Material capacitación 2013 de RR-HH Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

Es necesario analizar los principales subprocesos que componen actualmente el mantenimiento industrial, con el objetivo de comprender cómo interactúan con otros procesos de la empresa. Como subprocesos se dispone de los dos tipos de mantenimiento utilizados en la mayoría de industrias, estos son el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo o cíclico; adicional a estos, se hallan los subprocesos de planificación del mantenimiento. A continuación se detallan como se relacionan estos subprocesos:

Gráfico 22.

**Subprocesos de mantenimiento industrial**



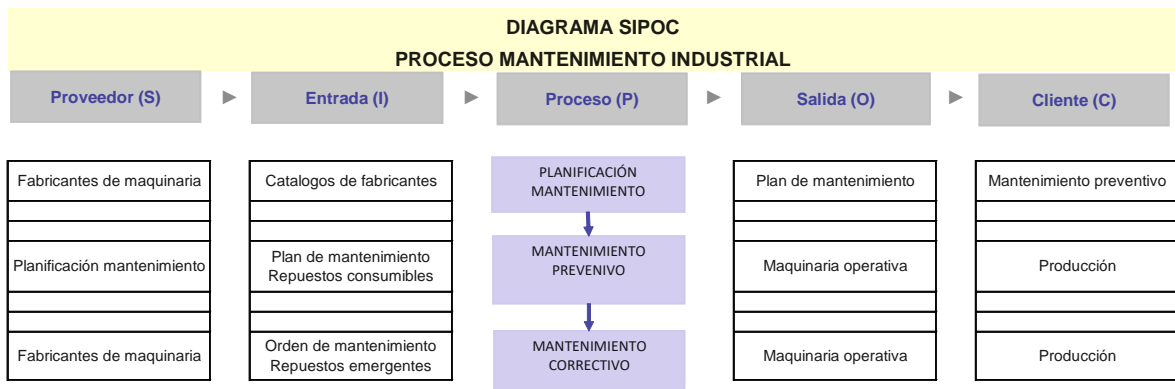
Fuente: Relevamiento de procesos Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

Al igual que en el proceso de preparación hilatura, se describen mediante un diagrama SIPOC los componentes de este proceso, además, se detalla en el gráfico 23.

Gráfico 23.

**Diagrama SIPOC de mantenimiento industrial**



Fuente: Relevamiento de procesos Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

### **3.1. Subproceso de planificación del mantenimiento**

Este subproceso inicia por pedido del proceso de producción, el cual requiere mayor disponibilidad de las máquinas. Con este antecedente, el asistente de mantenimiento planifica las tareas de mantenimiento que se realizarán anualmente, con la finalidad de evitar paros imprevistos de máquinas.

Las labores de mantenimiento se planifican a partir de las tareas que se encuentran establecidas en los catálogos de los fabricantes de la maquinaria, de la misma forma se procede con los períodos de mantenimiento. En el ANEXO 1 se pueden observar estas recomendaciones. Por lo tanto, el asistente de mantenimiento elabora un listado de tareas para cada máquina, con su respectiva frecuencia de mantenimiento. Son trabajos básicamente de ajustes y revisiones periódicas, que no implican cambios de repuestos o consumibles.

Con el listado y frecuencias de mantenimiento, el asistente de mantenimiento coloca las mismas en el calendario anual, de esta manera genera un plan de mantenimiento provisional, que posteriormente es enviado a la jefatura de mantenimiento para su aprobación. Si es aprobado, se documenta el plan de mantenimiento final que se utilizará durante el año y que, posteriormente, será aplicado en el subproceso de mantenimiento preventivo.

Este plan de mantenimiento servirá además para realizar el presupuesto anual del proceso de mantenimiento industrial, el mismo será enviado al proceso de contabilidad para ser aprobado.

### **3.2. Subproceso de mantenimiento preventivo**

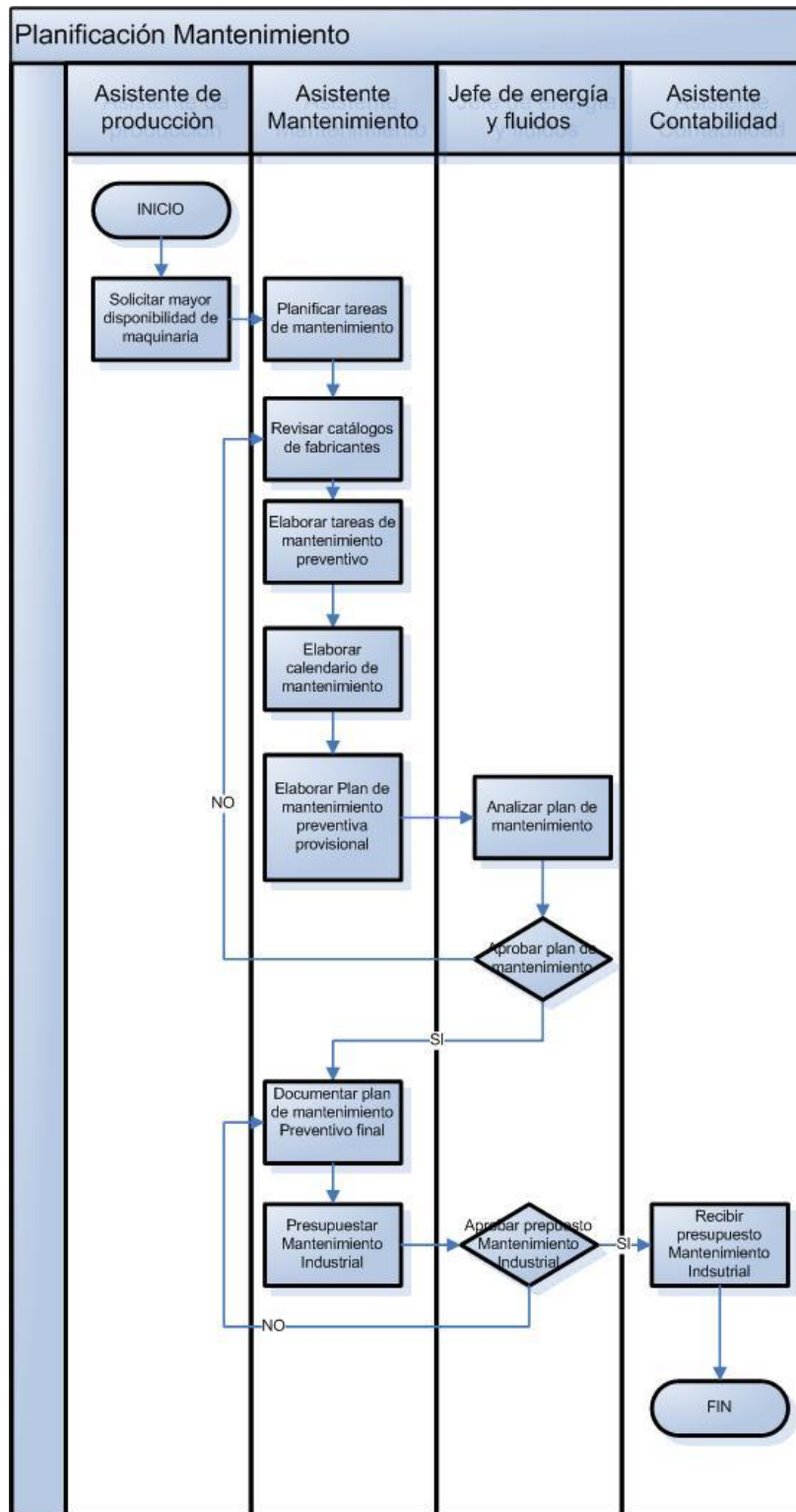
Con un plan de mantenimiento aprobado, el asistente de mantenimiento evalúa semanalmente que tareas de mantenimiento se tienen programadas y las comparte con el personal de mantenimiento y producción.

Para empezar las tareas del mantenimiento preventivo, el asistente de mantenimiento solicita el paro de la máquina al supervisor de producción. El personal de producción, antes de autorizar el paro de máquina, evalúa si esto no generará problemas con el cumplimiento del plan de producción.



Gráfico 24.

## Subproceso de planificación del mantenimiento

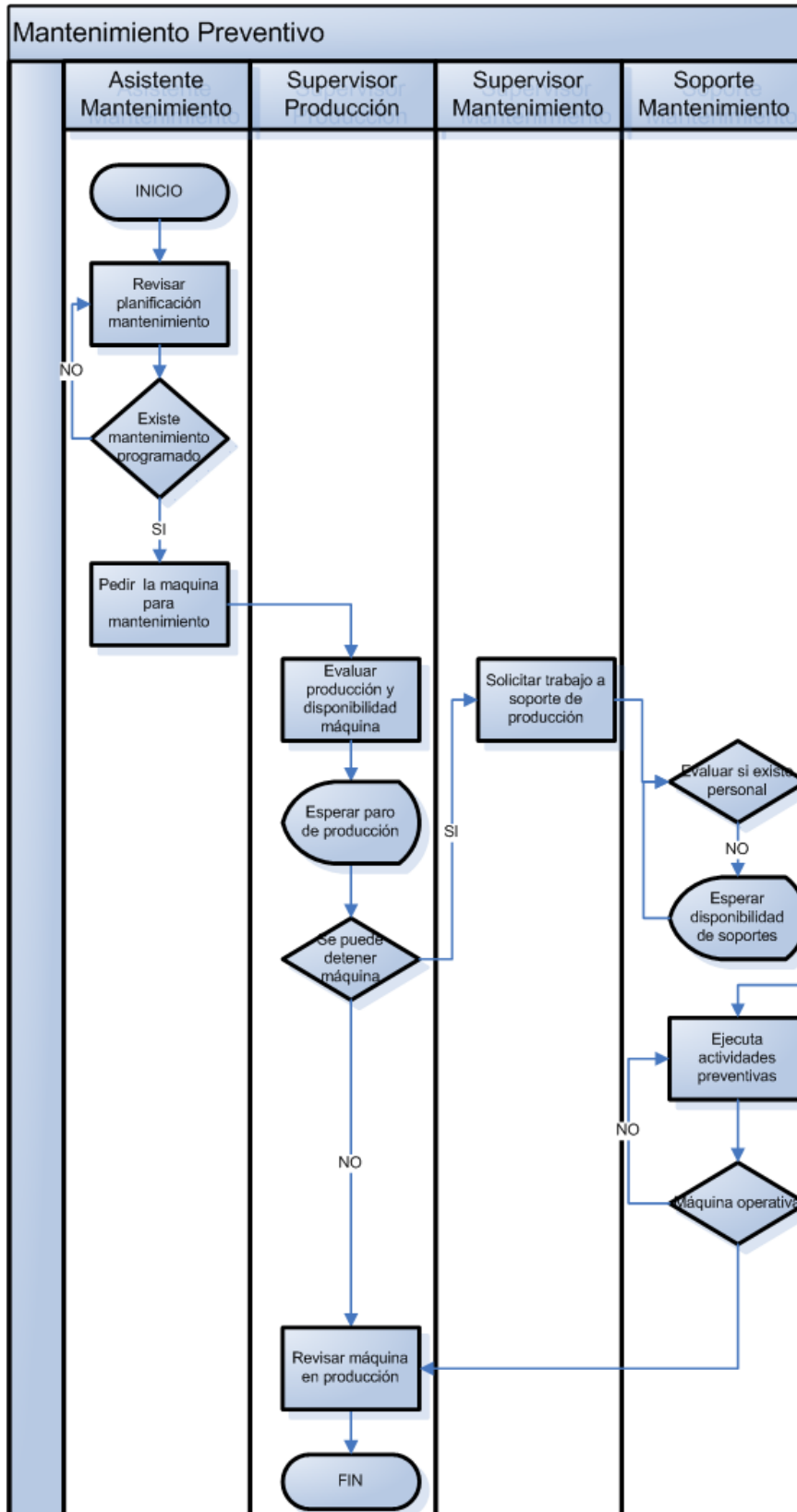


Fuente: Relevamiento de procesos Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

Gráfico 25.

## Subproceso de mantenimiento preventivo



Fuente: Relevamiento de procesos Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

Si se autoriza el paro de máquina, el supervisor de mantenimiento evaluará la disponibilidad de personal que ingresará al mantenimiento, para posteriormente ejecutar las tareas programadas en el plan de mantenimiento.

Una vez que se tiene disponible la maquinaria y el personal de mantenimiento, se ejecutan las actividades de mantenimiento preventivo, las que como se mencionó en la planificación, consisten de tareas que el fabricante recomienda. Estos trabajos, en su mayoría consisten en limpiezas, lubricación y ajuste de determinados componentes de la máquina.

Una vez finalizadas las tareas del mantenimiento preventivo, se revisa el funcionamiento adecuado de la máquina para proceder a entregarla al personal de producción.

### **3.3. Subproceso de mantenimiento correctivo**

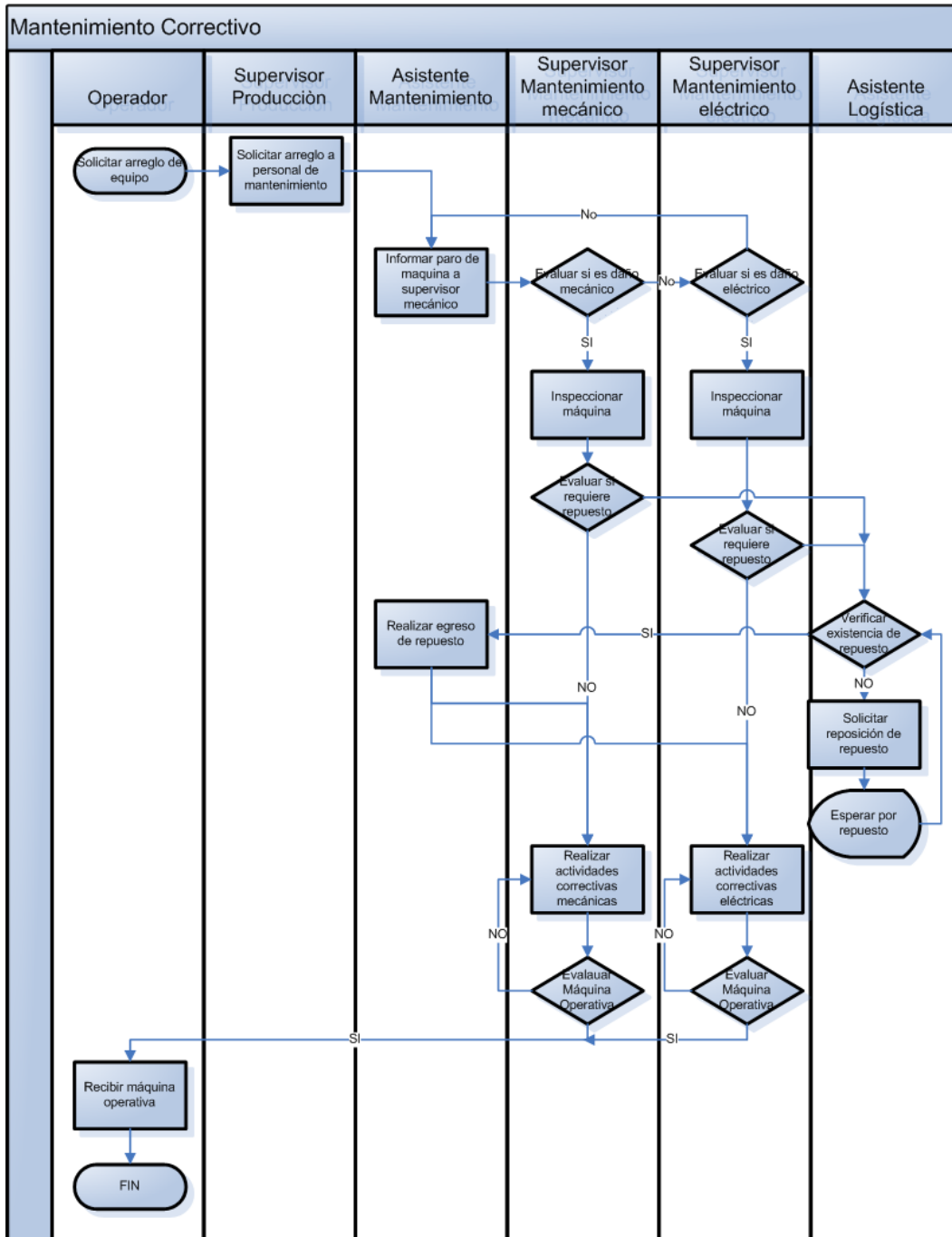
Este subproceso inicia si se produce un paro no programado de alguna máquina; entonces el operador de máquina informa al supervisor de producción del inconveniente suscitado, el mismo que informa al asistente o supervisor de mantenimiento, ya sea del equipo mecánico o equipo eléctrico del problema con la máquina. El personal que recibe el mensaje acude a la máquina y analiza el problema, luego determina si el problema es mecánico o eléctrico, para informar inmediatamente al equipo de mantenimiento correspondiente.

Una vez que se estableció el tipo de daño, el equipo de mantenimiento direcciona a la persona o grupo de personas que atenderán la actividad encomendada por el cliente interno. Ya en la actividad se realizará el análisis del problema presente en la máquina o instalación, se avalúa si es necesario el cambio o no de un repuesto para solicitarlo a bodega. En este punto se puede generar una pausa al proceso de mantenimiento correctivo, porque el repuesto no puede estar disponible o tener que esperar prolongada para su entrega.

Una vez que se dispone del repuesto solicitado, se ejecutan las actividades correctivas necesarias. Finalizadas las actividades de mantenimiento y verificando el correcto funcionamiento de la máquina, se entrega la misma al operador de la máquina. A continuación se puede observar cómo se desarrolla este subproceso.

Gráfico 26.

**Subproceso de mantenimiento correctivo**



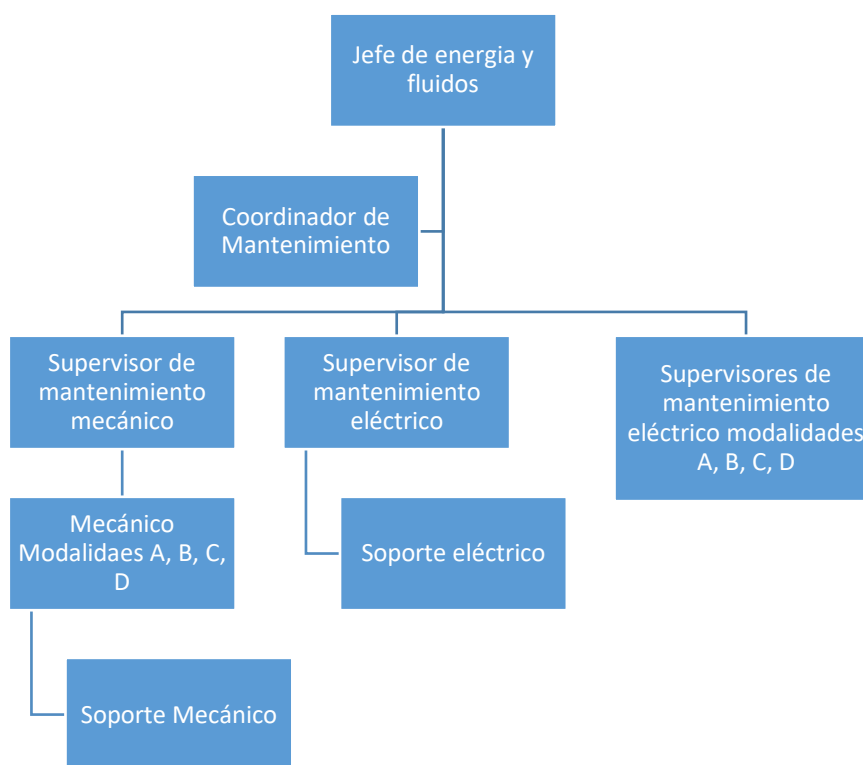
Fuente: Relevamiento de procesos Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

**3.4. Cargos y niveles de toma de decisión**

Al igual que en el Proceso de Producción, se maneja una estructura vertical a escala de cargos y de toma de decisiones. En el gráfico 27 se detalla la estructura del personal o recursos humanos que está presente en el proceso de energía y fluidos.

Gráfico 27.

**Personal de energía y fluidos**

Fuente: Material capacitación 2013 Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

#### 4. Recursos tecnológicos

En el proceso de mantenimiento industrial se utiliza un repositorio digital, en el cual se almacenan los registros de los mantenimientos realizados. Esta base de datos reposa en un servidor de la empresa.

##### 4.1. Repositorio digital de mantenimiento

Actualmente se dispone de una base de datos para el registro de mantenimientos efectuados, ya sean preventivos o correctivos. Esta base de datos permite el registro y consulta de los principales paros de máquina. Los encargados del registro son los supervisores de mantenimiento mecánico y eléctrico.

La administración de este repositorio está a cargo del coordinador de energía y fluidos, quien también es el encargado de la actualización de los registros de maquinaria.

## 4.2. Sistema de gestión textil

Este sistema es también utilizado por personal de los procesos productivos, mediante el mismo se realiza una especie de evaluación de los paros provocados por el proceso de mantenimiento industrial.

Los registros que se utilizan en el proceso de mantenimiento industrial son los de paros por mantenimiento correctivo eléctrico y mecánico; y de mantenimiento preventivo eléctrico y mecánico.

## 5. Análisis de la situación actual del proceso de mantenimiento industrial

De acuerdo a la información de los procesos detallados, los recursos tecnológicos y el personal involucrado, se analizará la situación actual del Proceso de Mantenimiento Industrial por medio del análisis de sus tres Subprocesos:

### 5.1 Situación actual del subproceso de planificación del mantenimiento

En primera instancia se evaluará los tiempos y ciclos del Subproceso de Planificación del Mantenimiento; según lo definido en el diagrama de flujo se dispone de las actividades mostradas en la tabla 6 con sus respectivos tiempos y ciclos.

Tabla 6.

**Tiempos de ejecución de planificación de mantenimiento**

#	Actividad	Tiempo	Ciclo
1.	Planificar tareas de mantenimiento	5 días	
2.	Revisar catálogo de fabricante	3 días	1 año
3.	Elaborar tareas de mantenimiento preventivo	3 días	
4.	Elaborar calendario de mantenimiento	5 días	
5.	Elaborar plan de mantenimiento preventivo provisional	3 días	
6.	Analizar plan de mantenimiento	1 día	
7.	Aprobar plan de mantenimiento	1 día	1 año
8.	Documentar plan de mantenimiento preventivo final	2 días	
9.	Presupuestar plan de mantenimiento preventivo	5 días	
10.	Aprobar plan de mantenimiento preventivo	2 días	
11.	Entregar a contabilidad plan de mantenimiento preventivo	1 día	

Fuente: Relevamiento de procesos Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

Este subproceso se ejecuta cada año, con una duración aproximada de un mes. No se observan demoras en este proceso. El ciclo del proceso es demasiado largo, y no es posible realizar mejoras a corto plazo, toda mejora se realizará para el próximo ciclo.

Los principales responsables son el jefe y asistente de mantenimiento. No están involucrados para el levantamiento de la información ni los supervisores ni los técnicos ejecutores.

La planificación de mantenimiento, por lo general se realiza de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes, sin tomar en consideración algunas herramientas de gestión del mantenimiento, como son jerarquización de equipos, análisis de fallas, fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, recursos humanos necesarios, etc. En estas condiciones no se realiza una adecuada planificación del mantenimiento industrial.

Para la planificación del mantenimiento tampoco se está involucrando al personal de producción, y por este motivo la mayoría de veces no es posible cumplir con la planificación realizada en este subproceso. En la mayoría de casos se tiene que el proceso de producción planifica los paros de máquina con unas frecuencias muy diferentes a las del proceso de mantenimiento industrial, y esto complica al subproceso de planificación de mantenimiento.

Se observa, además, que no existe una planificación de repuestos o consumibles; esto genera que en el subproceso de mantenimiento correctivo se realice el cambio de repuestos y consumibles, generando demoras en ese subproceso.

## **5.2. Situación actual del subproceso de mantenimiento preventivo**

Para el subproceso de mantenimiento preventivo se tienen las siguientes actividades, con sus respectivos tiempos y ciclos que se muestran en la tabla 7. En este subproceso se observa que existen dos actividades de espera que involucran mucho tiempo para el proceso. La primera es la espera que se genera hasta que producción autorice el paro de máquina; esta demora se puede relacionar a dos causas, que son:

- Una comunicación inadecuada entre el proceso productivo y el proceso de mantenimiento al momento de planificar los paros de producción.
- Paros de máquina por daños imprevistos.

La segunda espera se genera por la falta de personal que ejecutará las tareas de mantenimiento preventivo. Este problema está asociado a:

- Inadecuada planificación de la mano de obra para las tareas preventivas.
- Personal que está destinado al subproceso de mantenimiento preventivo no está disponible porque se encuentra ejecutando actividades del subproceso de mantenimiento correctivo.

Los responsables de este subproceso son los supervisores de mantenimiento en conjunto con los técnicos ejecutores.

Tabla 7.

**Tiempos de ejecución del subproceso de mantenimiento preventivo**

#	Actividad	Tiempo	Ciclo
1.	Revisar planificación diaria de mantenimiento	30 min	1 día
2.	Evaluar si se tiene tareas planificadas	20 min	
3.	Solicitar paro de máquina a Supervisor de producción	10 min	
4.	Evaluar producción y disponibilidad de máquinas	10 min	
5.	Esperar que producción autorice parada de máquina	60 min	
6.	Organizar personal de mantenimiento	10 min	
7.	Evaluar disponibilidad de personal	20 min	
8.	Esperar hasta encontrar el personal requerido para mantenimiento	60 min	
9.	Ejecutar tareas preventivas de mantenimiento	120 min	
10.	Verificar Funcionamiento de máquina	20 min	
11.	Revisar operatividad de máquina	10 min	

Fuente: Relevamiento de procesos Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

### 5.3. Situación actual del subproceso de mantenimiento correctivo

Finalmente, para el subproceso de mantenimiento correctivo se tienen las siguientes actividades, cada una de ellas con sus respectivos tiempos de ejecución. Se muestran en la tabla 8.

En este subproceso se toma en cuenta el cambio de repuestos. Como se observa en las actividades, se tiene tiempos de espera de hasta 28 días, lo cual es muy preocupante, puesto que ello significa perder la producción de todo un mes de una máquina. Este período de espera se produce por una falta de coordinación con los procesos de logística. Como se mencionó anteriormente en el subproceso de mantenimiento preventivo, no están planificados cambios de repuestos o insumos.



Tabla 8.

**Tiempos de ejecución de subproceso de mantenimiento correctivo**

#	Actividad	Tiempo (min)	Ciclo
1.	Solicitar arreglo de máquina a personal de mantenimiento	10	2 horas
2.	Informar paro de máquina a supervisor mecánico	10	
3.	Evaluar si es daño mecánico	20	
3.a	Inspeccionar máquina	10	
3.b	Evaluar si se requiere repuestos	20	
3.c	Realizar actividades correctivas en máquina	180	
4.	Evaluar si es daño eléctrico	20	
4.a	Inspeccionar máquina		
4.b	Evaluar si se requiere repuestos		
4.c	Realizar actividades correctivas en máquina		
5.	Verificar stock de repuestos	10	
6.	Solicitar reposición de repuesto	1 día	
7.	Esperar que repuesto llegue	28 días	
8.	Realizar egreso de bodega	1 día	
9.	Verificar funcionamiento de máquina	10	
10.	Recibir máquina operativa	10	

Fuente: Relevamiento de procesos Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

La ejecución del subproceso de mantenimiento correctivo debería ser evitada al máximo, porque involucra un paro de máquina no programado que genera costos por paros de producción y daños de componentes de la máquina.

Los responsables del subproceso son los mismos supervisores y técnicos ejecutores que realizan el subproceso de mantenimiento preventivo. Por lo tanto, involucra recursos de personal que podría ser utilizado en el Subproceso de Mantenimiento Preventivo y que muchas veces no se realiza porque un paro correctivo requiere una atención urgente.

#### 5.4. Recursos humanos

A nivel de formación, se observa que se cumple con lo requerido e inclusive se dispone de personal con formación superior a la requerida para el puesto de supervisor de mantenimiento, por tanto, se concluye que este recurso esta subutilizado.

En la tabla 9 se muestra el equipo de trabajo para el proceso de energía y fluidos; en el mismo se observa un equipo bien equilibrado.

Tabla 9.

#### Recursos humanos del proceso de energía y fluidos

PUESTO	INTEGRANTES	FORMACIÓN REQUERIDA	FORMACIÓN PRESENTE
JEFE DE ENERGÍA Y FLUIDOS	1	INGENIERÍA	INGENIERÍA
COORDINADOR MANTENIMIENTO	1	INGENIERÍA	INGENIERÍA
ASISTENTE MANTENIMIENTO	1	TECNOLOGÍA	TECNOLOGÍA
SUPERVISOR MANTENIMIENTO	3	TECNOLOGÍA	INGENIERÍA
MECÁNICO	6	BACHILLER	BACHILLER
SOPORTE MECÁNICO Y ELÉCTRICO	6	BACHILLER	BACHILLER

Fuente: Material capacitación 2013 Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

#### 5.5. Recursos tecnológicos

Se tienen dos repositorios de mucha utilidad para el mantenimiento industrial, como son el repositorio SGT o de registros de producción y paros de producción, además del repositorio del mantenimiento industrial; pero ambos no se encuentran interrelacionados, por lo que se puede tener información muy dispereja de cada repositorio.

Los registros del repositorio digital de mantenimiento no se encuentran actualizados, asimismo, muchos trabajos no se registran por falta de compromiso de los supervisores de mantenimiento y la falta de seguimiento de la persona encargada de administrar el repositorio.

En el repositorio SGT tampoco se tiene un adecuado registro de los paros de máquinas y esto se debe principalmente a que los operadores de producción no informan a los supervisores de producción de los paros por Mantenimiento Correctivo.

## 5.6. Indicadores

Pese a que no se dispone de una información confiable, por la falta de compromiso del personal del área de producción y mantenimiento en la actualización de los registros de los repositorios, se ha podido obtener de los mismos los siguientes indicadores, que corresponden al período de enero a diciembre del 2016, de los repositorios SGT y de mantenimiento.

- Cumplimiento del plan de mantenimiento

Este indicador permite evaluar tanto el subproceso de planificación de mantenimiento, cuanto al subproceso de mantenimiento preventivo. Este cumplimiento se obtiene de la relación de las tareas de mantenimiento ejecutadas frente a las programadas y que han sido registradas en el sistema, solo se ha evaluado ejecución, no se incluye si fue realizada dentro o fuera de plazo.

### *Cumplimiento Plan de Mantenimiento*

$$= \frac{\text{Ordenes de mantenimiento Ejecutadas}}{\text{Ordenes de mantenimiento Planificadas}} * 100$$

Gráfico 28.

### **Cumplimiento del plan de mantenimiento**



Fuente: Repositorio digital mantenimiento 2016 Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

Como se observa, existe un cumplimiento demasiado bajo de las tareas preventivas, que pueden relacionarse con los siguientes motivos:

- Mantenimientos ejecutados y no registrados por parte del personal de mantenimiento.
  - Mantenimientos no realizados porque producción no entregó las máquinas.
  - Mantenimientos no realizados por falta de personal de mantenimiento.
  - Mantenimientos no realizados por una inadecuada planificación.
- Desviación en tiempos de ejecución de mantenimiento preventivo

Producción no realiza la entrega de la máquina inmediatamente, por lo general lo hace después de un período de tiempo prolongado, lo que afecta los tiempos de ejecución del subproceso, el que es registrado por los técnicos de mantenimiento en el repositorio digital de mantenimiento.

Un mantenimiento preventivo está previsto se realice en 4 horas, pero actualmente se requiere de un mínimo de 5; esto implica que se tiene una desviación del 25% del tiempo planificado.

$$\text{Desviación tiempo ejecución mtto preventivo} = \frac{\text{Tiempo planificado} - \text{Tiempo real}}{\text{Tiempo Planificado}} * 100$$

- Porcentaje de mantenimientos preventivos

Este indicador muestra la cantidad de mantenimientos correctivos que se generan en relación con la cantidad de mantenimientos preventivos. Este índice evalúa si se están ejecutando adecuadamente las tareas preventivas.

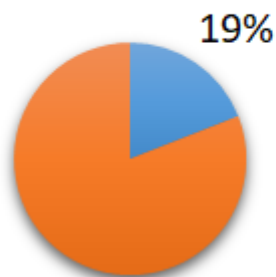
Si se realiza un adecuado mantenimiento preventivo, las novedades correctivas tenderían a disminuir, pero para el estudio presente se observa que las tareas de mantenimiento correctivo están muy elevadas, lo cual indica que no se está cumpliendo y realizando de forma adecuada las labores de mantenimiento preventivo.

$$\% \text{ Preventivos} = \frac{\# \text{ Paros Preventivos}}{\# \text{ Paros preventivos} + \# \text{ Paros correctivos}} * 100$$

Gráfico 29.

Porcentaje de mantenimientos preventivos

## PREVENTIVOS 19%



Fuente: Sistema de gestión textil 2016 Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

- Indicadores de clase mundial del mantenimiento

Actualmente hay que analizar estos indicadores con precaución, debido a que en el repositorio SGT no están registrados todos los paros de producción, sobretodo los defectos o averías imprevistas, no obstante, muestran un indicio del estado del mantenimiento industrial. Estos indicadores son la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

Para el levantamiento de esta información se ha trabajado con datos de paros de la apertura, Línea 1, que corresponden al período de enero a diciembre del 2016 del repositorio SGT, debido a que, al ser un conjunto de máquinas interconectadas, detienen todo el proceso de preparación hilatura, los supervisores de producción lo consideran grave y registran estos paros con sus respectivos tiempos.

- Fiabilidad

Muestra en un período de tiempo la probabilidad de una falla, en el presente estudio el período de análisis será mensual, así el máximo tiempo posible es de 744 horas.

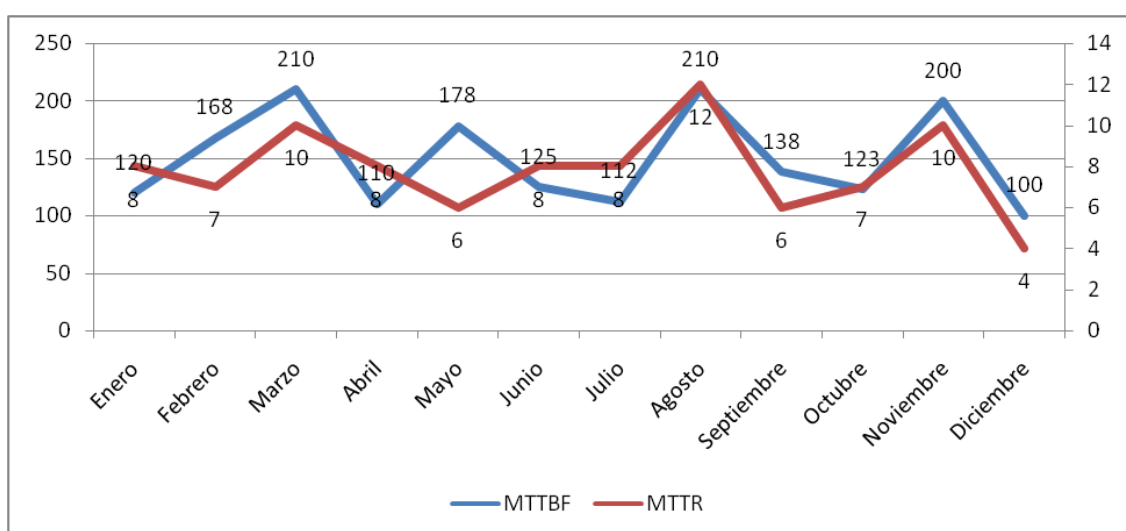
$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total Operación}}{\text{Número de Fallas}}$$

- **Mantenibilidad**

Este indicador muestra el tiempo promedio requerido para levantar una falla y volver nuevamente operativa la maquinaria. Un tiempo prudente es máximo 8 horas, que representa un turno laboral de los técnicos.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de Reparación}}{\text{Número de Fallas}}$$

Gráfico 30.

**MTTBF y MTTR de máquinas apertura**

Fuente: Sistema de gestión textil 2016 Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

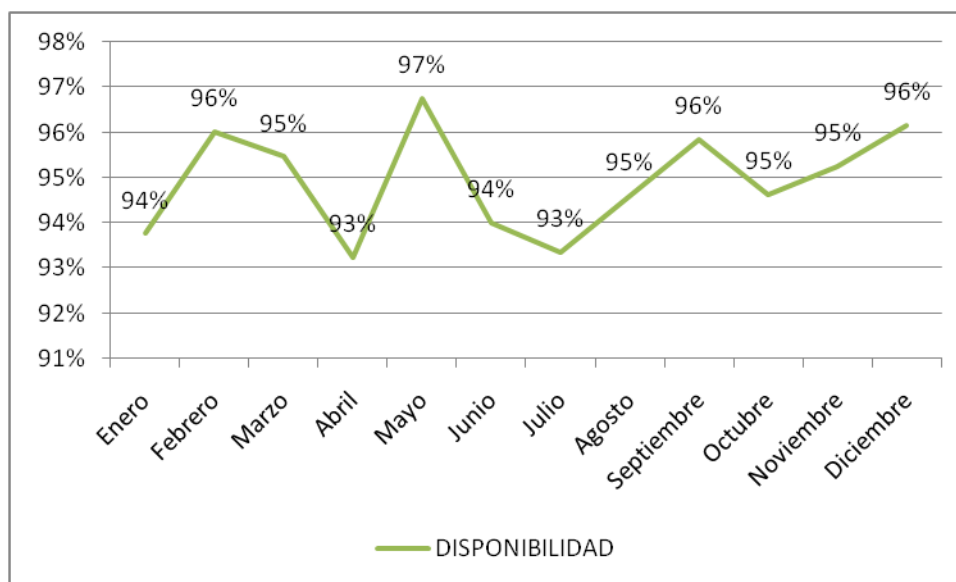
De acuerdo con el gráfico anterior, se observa que se han producido en promedio 3 fallas mensuales, las que implican un tiempo de reparación de 7 horas en promedio.

- **Disponibilidad**

Este indicador muestra la probabilidad en el tiempo de garantizar la operación de un equipo o sistema. Al igual que los indicadores anteriores, el período de análisis es un mes. Está dada por la relación de la fiabilidad MTBF y mantenibilidad MTTR.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

Gráfico 31.

**Disponibilidad de apertura línea 1**

Fuente: Sistema de gestión textil 2016 Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

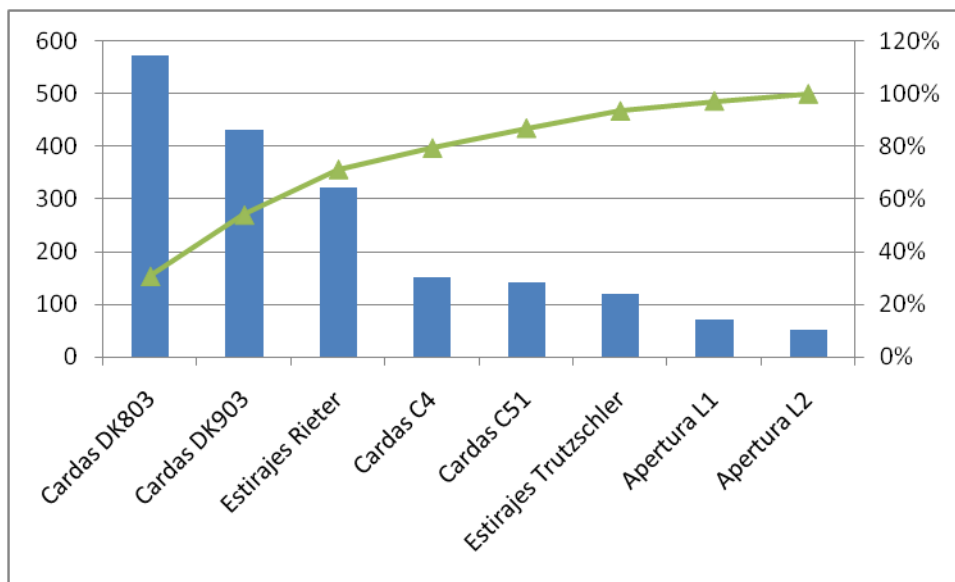
Contrario a las demás máquinas de preparación hilatura, se observa que la apertura línea 1 tiene una alta disponibilidad de sus equipos o componente, esto puede estar relacionado con el hecho de que estos equipos son nuevos.

- Diagrama de Pareto

Este gráfico clasifica los principales problemas de un equipo o sistema, y lo distribuye en un esquema 80/20, que significa que el 80% de los problemas está presente en un 20% de los componentes o equipos. Esta información será de gran utilidad para establecer prioridades de mantenimiento porque muestra donde están concentrados los problemas.

En el gráfico se puede concluir que la mayor cantidad de problemas en el área de preparación hilatura se encuentran presentes en tres tipos de maquinaria, que son cardas y estirajes. Revisando la antigüedad de estas máquinas, resulta comprensible que sean las que más problemas presentan.

Gráfico 32.

**Diagrama de Pareto: eventos de paros 2016 en preparación hilatura**

Fuente: Sistema de Gestión Textil 2016 Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

Resumiendo, la situación actual del proceso de mantenimiento industrial, se muestra que existen muchas deficiencias en los subprocesos, que se ven reflejadas en un escaso cumplimiento de las actividades previstas del mantenimiento preventivo. Al no realizar mantenimiento preventivo, se generan paros imprevistos en los equipos, esto provoca que el proceso de producción tenga paradas inesperadas de sus medios productivos, lo que se verá reflejado en la caída de producción o el incumplimiento del objetivo de producción. En mantenimiento esto se verá evidenciado en un aumento en el índice de paros de mantenimiento correctivo.

Con la finalidad de evitar incumplimientos en el objetivo de producción, los supervisores de producción no autorizan el paro de máquinas para el mantenimiento preventivo, esto provoca nuevamente un escaso cumplimiento de los preventivos, que se verá reflejado nuevamente en paros inesperados de los medios productivos. Por lo tanto, se genera un círculo de incumplimiento.

El subproceso de planificación del mantenimiento programa los mantenimientos en función de recomendación de los fabricantes, en el mismo se observan actividades de ajustes y limpieza. Estos ajustes están asociados al control de calidad de los productos que entregan los equipos, al mantenerse bajo el cumplimiento del plan preventivo, esto provoca que no se realicen las actividades planificadas de ajustes textiles. Lo que



finalmente provoca que bajen los índices de calidad de los productos entregados, lo cual derivara en un incumplimiento del objetivo de calidad de la producción.

En el siguiente capítulo se propondrá las mejoras que se requieren implementar para optimizar los subprocesos de mantenimiento industrial.



## **Capítulo cuatro**

### **Mantenimiento basado en procesos**

En el capítulo dos se describe cómo el proceso de producción de preparación hilatura presenta inconvenientes para cumplir con sus objetivos de calidad y producción, es así como en lo referente a producción, después de examinar su infraestructura y operatividad, se observó que en el período de análisis se tiene una sobrecapacidad instalada, lo cual oculta de cierta forma las deficiencias que tiene el proceso de mantenimiento industrial; por tal motivo, en el presente estudio se utilizará el índice de utilización de capacidad para evaluar el cumplimiento de producción. Este índice mide el uso adecuado que se da a las instalaciones, independiente de la planificación de producción. Al evaluar con este índice el volumen generado por el proceso de producción, se exigirá una disponibilidad real de los equipos al proceso de mantenimiento industrial.

En lo relativo al tema de la calidad existen parámetros para cada subproceso, el cumplimiento de los mismos requiere seguir los ajustes y las limpiezas encomendados por el fabricante, estas recomendaciones están descritas en el plan de mantenimiento.

Al analizar el capítulo tres se pueden ver muchas deficiencias en los subprocesos que componen el mantenimiento industrial, no existe una adecuada integración de todos los subprocesos, no están establecidos indicadores ni metas de cumplimiento.

Los problemas en el proceso de mantenimiento industrial se ven reflejados finalmente en el proceso de producción. Los incumplimientos del plan de mantenimiento, generan parones de producción imprevistos, estos paros provocan incumplimiento del objetivo de producción. Otro problema del incumplimiento del plan de mantenimiento es que se dejan de ejecutar los ajustes textiles de calidad planificados, lo que se ve reflejado en la caída de los índices de calidad de los productos, que deriva finalmente un incumplimiento del objetivo de calidad.

Actualmente el proceso de mantenimiento industrial consta de tres subprocesos que están claramente definidos y descritos en el capítulo tres, cada subproceso se gestiona de forma independiente.

El subproceso de planificación del mantenimiento inicia de forma independiente de cualquier subproceso y su principal entrada es la recomendación del fabricante. Los subprocesos de mantenimiento preventivo o correctivo se ejecutan de acuerdo con la

disponibilidad de tiempo y personal, no existe un sistema de priorización de ejecución. El subproceso de planificación del mantenimiento no tiene ninguna relación con el subproceso de mantenimiento correctivo.

Con la finalidad de mejorar los indicadores de producción y calidad en el proceso de producción de preparación hilatura, se diseñará y establecerá un modelo de gestión de mantenimiento industrial basado en procesos.

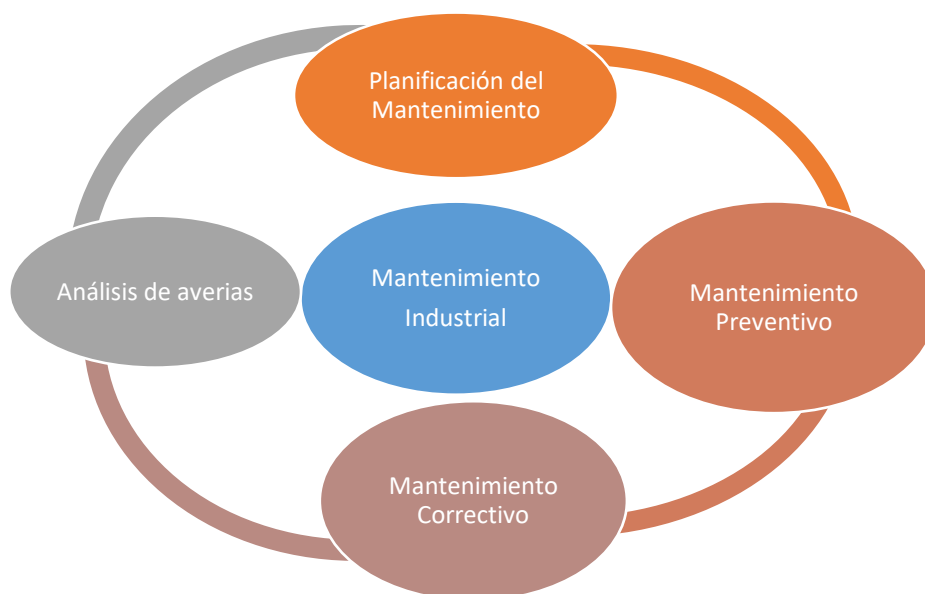
### 1. Modelo de gestión de mantenimiento industrial

El modelo de Mantenimiento Industrial estará integrado por los subprocesos del mantenimiento descritos en el capítulo tres, los mismos que tendrán que ser reformulados para que puedan formar parte de este modelo. Con la finalidad de integrar un sistema de realimentación al modelo de mantenimiento, se considera importante adicionar un nuevo subproceso de análisis de averías a los anteriores subprocesos descritos páginas atrás.

Este modelo de mantenimiento tendrá como principal característica la integración de todos los subprocesos, por medio de una realimentación continua de los mismos, tal como se observa en el gráfico 33.

Gráfico 33.

#### Subprocesos del modelo de mantenimiento industrial



Fuente: Relevamiento de procesos Vicunha Ecuador

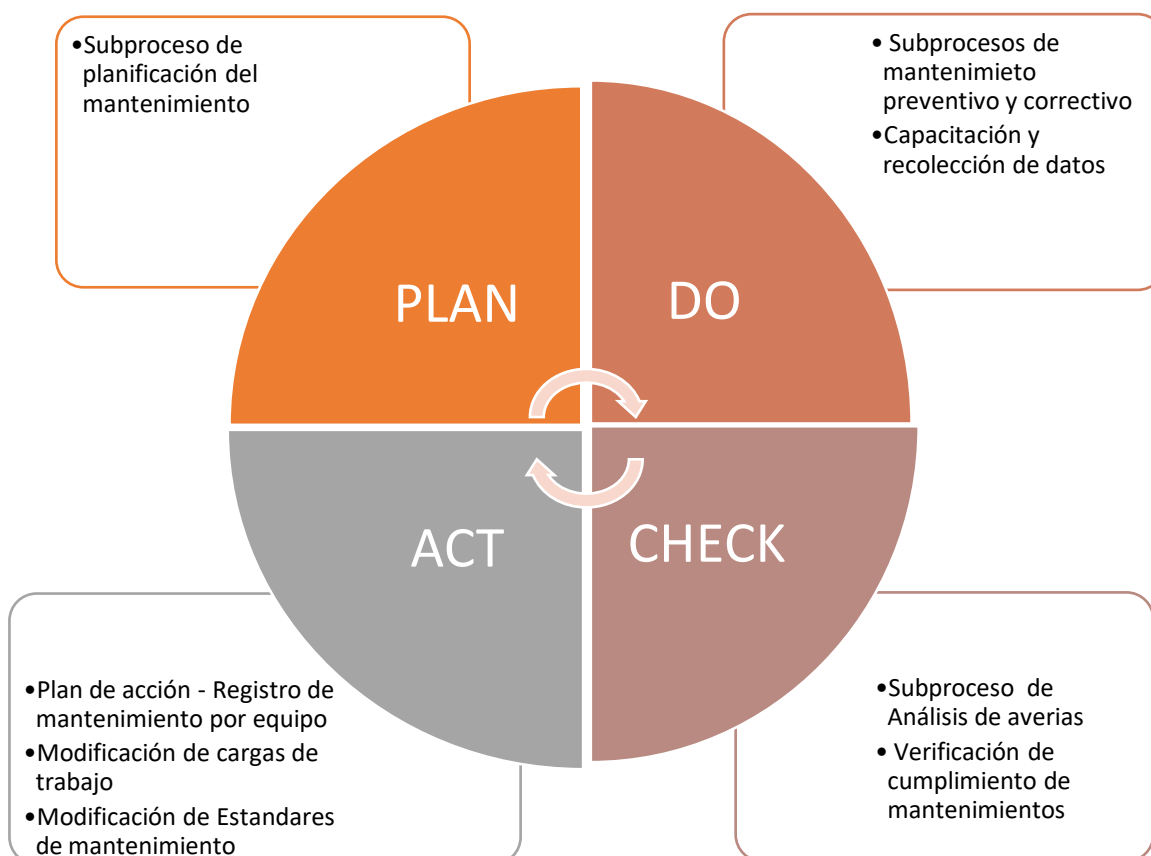
Elaboración: Propia

El modelo de mantenimiento industrial se fundamentará en el ciclo de Deming con la finalidad de establecer una metodología de mejora continua a los subprocesos del mantenimiento industrial.

El ciclo de Deming se compone de cuatro etapas cíclicas, en el mismo se integrarán los subprocesos replanteados del mantenimiento industrial que se mencionó anteriormente, se asociará de acuerdo con las características comunes entre el subproceso y el ciclo de Deming correspondiente. Integrados los subprocesos en el ciclo de Deming, es importante que este se vuelva dinámico, lo cual implica que una vez que se finalice la última etapa, se repita el ciclo de forma que los Subprocesos sean evaluados continuamente para incorporar mejoras. En el gráfico 34 se observa la integración de los subprocesos al ciclo de Deming.

Gráfico 34.

#### Ciclo PDCA de proceso de mantenimiento industrial



Fuente: Cuatrecasas

Elaboración: Propia

## **1.1. Plan**

Como primer punto de este ciclo se establecerán los objetivos del modelo de mantenimiento industrial:

- Ofrecer un servicio de mantenimiento de manera segura, oportuna y eficaz, de tal manera que satisfaga las necesidades de los clientes, preservando la vida de los equipos y preservando el medioambiente.
- Mantener un adecuado nivel de disponibilidad de los equipos por medio de la disminución de paros imprevistos de la producción y la reducción de los tiempos de reparación.
- Mantener un apropiado nivel de capacitación del personal de mantenimiento industrial.
- Evaluar y mejorar periódicamente el servicio prestado.
- Actualizar continuamente los procedimientos del servicio de mantenimiento.

Establecido los objetivos del mantenimiento industrial, es necesario asociar a este ciclo un mecanismo de control o subproceso de mantenimiento industrial.

El ciclo plan del modelo de Deming establece que es necesario utilizar herramientas de planificación para establecer una ruta de trabajo, el subproceso que se puede asociar a este ciclo es el de planificación del mantenimiento. Actualmente en este proceso se han encontrado muchas deficiencias, por lo cual es importante primero replantear este proceso, para poder asociarlo al ciclo Deming.

### **1.1.1 Replanteo del subproceso de planificación del mantenimiento**

Un subproceso de planificación del mantenimiento en el cual solo se disponga como entrada las recomendaciones del fabricante, entregará como producto un plan de mantenimiento poco práctico y difícilmente ejecutable.

El modelo de Deming se basa en un círculo de mejora continua de los procesos, por consiguiente, se requiere que el proceso de planificación del mantenimiento pueda ser actualizado continuamente.

Un mecanismo de integración relativa al subproceso de planificación del mantenimiento será la inclusión de nuevas entradas, las mismas que a continuación se describen:

- Se asumirá como entrada el análisis de fiabilidad descrito en el anexo 2, que tendrá como objetivo priorizar recursos del proceso de mantenimiento industrial.
- Otra entrada será la información del proceso de producción para el establecimiento de tiempos de paro de máquinas y la organización del calendario de mantenimiento. Se elaborará un plan de mantenimiento que se defina de acuerdo con el plan de producción de la preparación hilatura.
- Este proceso recibirá además retroalimentación del plan de acción.
- Adicionalmente, el subproceso incorporará nuevas características.
- Se adicionará al proceso el cambio de consumibles y repuestos de acuerdo con el tiempo de vida útil de los elementos.
- Tendrá un tiempo de ciclo del proceso de un año, pero con revisiones mensuales que permitirá tener un proceso más dinámico, que permita evaluar periódicamente las actividades para incorporar correcciones al plan de mantenimiento en un menor tiempo posible.

Tabla 10.

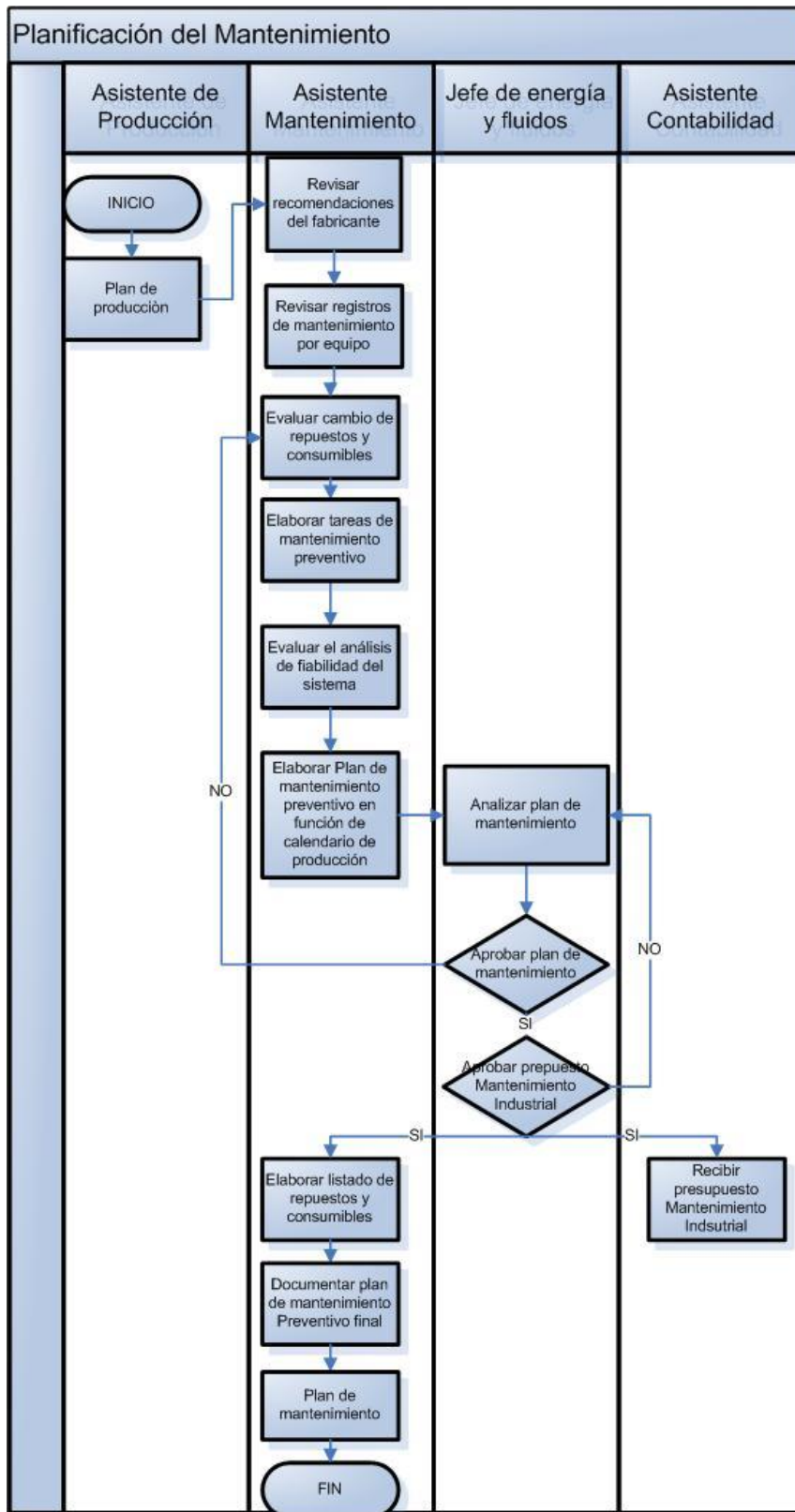
**Subproceso de planificación del mantenimiento**

<b>Proceso</b>	Mantenimiento Industrial
<b>Subproceso</b>	Planificación del Mantenimiento
<b>Responsables</b>	Asistente de Mantenimiento
<b>Objetivo</b>	Disponer de un plan de mantenimiento alineado a los requerimientos del Plan de Producción, que permita lograr un elevado porcentaje de cumplimiento, superior al 90%
<b>Indicador de gestión</b>	Índice de cumplimiento del plan de mantenimiento $\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\# \text{ de Mantenimientos Ejecutados}}{\# \text{ de Mantenimientos Planificados}} * 100$
<b>Meta</b>	90%
<b>Limite inicial</b>	Recepción de plan de producción
<b>Limite final</b>	Emisión de plan de mantenimiento
<b>Recursos humanos</b>	Asistente de Mantenimiento
<b>Tiempos</b>	Ciclo: 1 año - Actividades: 30 días

Fuente y elaboración: Propias

Gráfico 35.

**Replanteo del subproceso de planificación del mantenimiento**



Fuente: Desarrollo del autor

Elaboración: Propia



Tabla 11.

**Tiempos reformulados de ejecución de planificación de mantenimiento**

#	Actividad	Tiempo	Ciclo
1.	Planificar tareas de mantenimiento	5 días	
2.	Revisar catálogo de fabricante	3 días	1 año
3.	Elaborar tareas de Mantenimiento Preventivo	3 días	
4.	Elaborar calendario de mantenimiento	5 días	
5.	Elaborar plan de Mantenimiento Preventivo provisional	3 días	
6.	Analizar plan de mantenimiento	1 día	
7.	Aprobar plan de mantenimiento	1 día	1 año
8.	Documentar plan de mantenimiento preventivo final	2 días	
9.	Presupuestar plan de mantenimiento preventivo	5 días	
10.	Aprobar plan de mantenimiento preventivo	2 días	
11.	Entregar a Contabilidad plan de Mantenimiento Preventivo	1 día	
12.	Realimentación ciclo ACT (Rediseño)	3 horas	28 días

Fuente y elaboración: Propias

Con estas nuevas características, se espera que este proceso opere de acuerdo con el esquema descrito.

## 1.2. DO

En esta parte del ciclo se preparan y ejecutan las actividades de los subprocesos de mantenimiento preventivo y correctivo, se operará con procedimientos establecidos que permitan estandarizar las actividades y faciliten la ejecución de los mismos. Los procedimientos y documentación tienen mayor sentido en las actividades del subproceso de mantenimiento preventivo, debido a que se realizan tareas repetitivas. En el subproceso de mantenimiento correctivo es importante la recolección de datos por medio del registro de las causas de las averías ocurridas.

### 1.2.1. Replanteo del subproceso de mantenimiento preventivo

El nuevo enfoque se fundamenta en una sólida planificación del mantenimiento realizada a partir del plan de producción que permitirá que existan máquinas disponibles

para mantenimiento de acuerdo con el calendario planificado; esto posibilitará que se tengan disponibles los equipos para el mantenimiento preventivo en el momento oportuno.

Este subproceso operará con las siguientes características:

- Conocimientos estandarizados de los supervisores y técnicos ejecutores del mantenimiento.
- Se requiere gestionar el conocimiento en el mantenimiento industrial.
- Operación con procedimientos establecidos de las actividades de mantenimiento.
- Incorporación de documentación de experiencias y conocimientos de los especialistas.

Tabla 12.

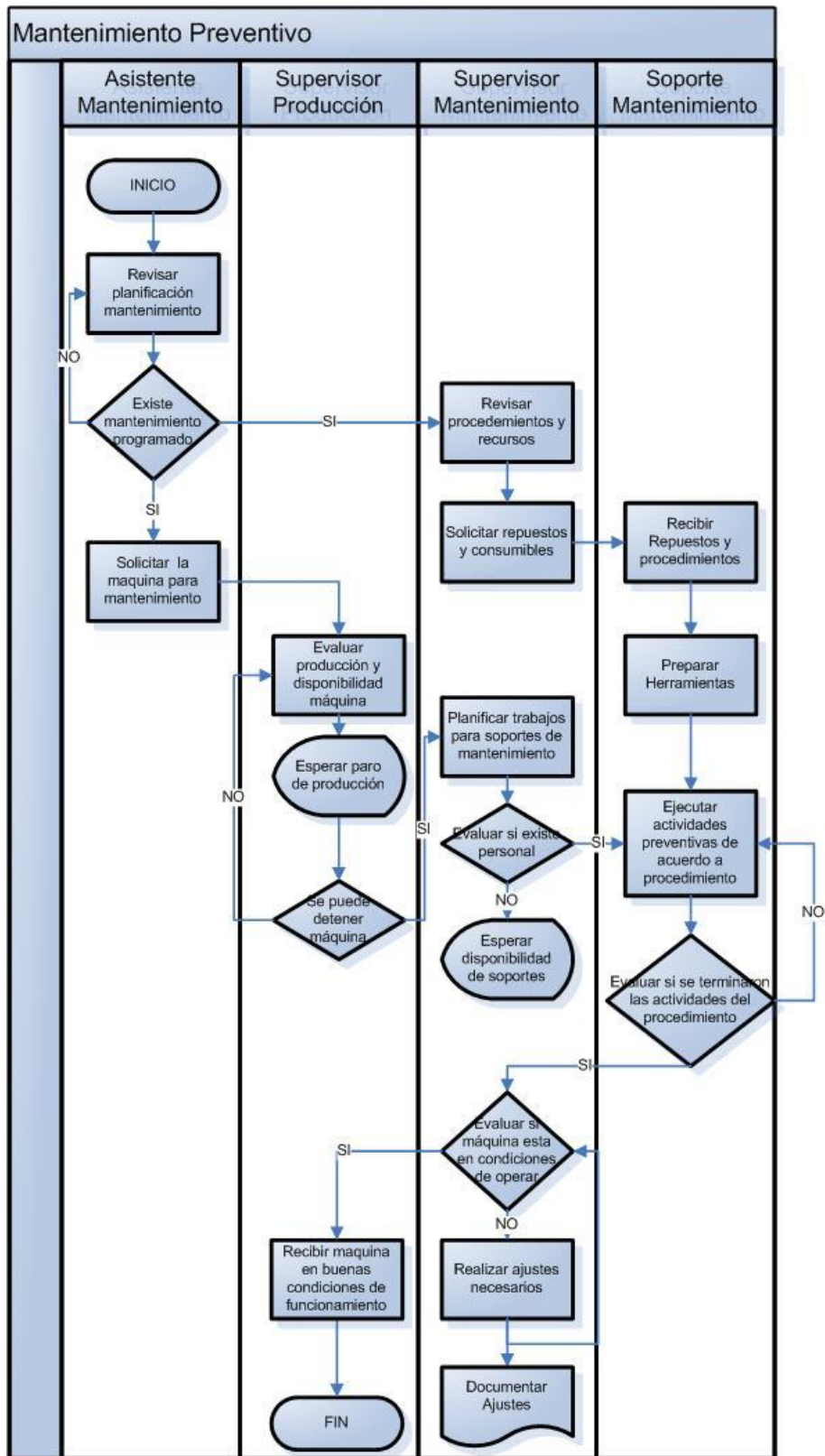
**Subproceso de mantenimiento preventivo**

<b>Proceso</b>	Mantenimiento Industrial
<b>Subproceso</b>	Mantenimiento Preventivo
<b>Responsables</b>	Supervisores de Mantenimiento Mecánicos y soportes mecánico y eléctrico
<b>Objetivo</b>	Minimizar paros imprevistos de máquinas
<b>Indicador de gestión</b>	Índice de Mantenimiento Preventivo $\% Mto\ preventivo = \frac{\#Mto\ preventivo}{\#Mto\ prevent + \#Mto\ Correct} * 100$
<b>Meta</b>	> 90%
<b>Limite inicial</b>	Revisión de plan de mantenimiento
<b>Limite final</b>	Entrega de Máquina en condiciones operativas
<b>Recursos humanos</b>	Asistente de Mantenimiento Supervisores de Mantenimiento Mecánicos y soportes mecánico y eléctrico
<b>Tiempos</b>	Ciclo: 28 días Actividades: 3 horas

Fuente y elaboración: Propias

Gráfico 36.

**Replanteo de subproceso de mantenimiento preventivo**



Fuente y elaboración: Propias

### 1.2.2 Replanteo del subproceso de mantenimiento correctivo

Se conoce que este subproceso aparece de forma imprevista y es resultado de una mala planificación del mantenimiento, si el modelo de mantenimiento elimina las deficiencias de esta planificación, será muy improbable que se tenga que ejecutar este subproceso.

Uno de los objetivos de la implementación del modelo de mantenimiento industrial será el de eliminar o minimizar la ejecución del subproceso de mantenimiento correctivo. Esto implica que este subproceso será considerado como una oportunidad de mejora, para lo cual es de vital importancia la documentación y registro de todos los procedimientos utilizados en este subproceso.

Para la operación de este subproceso en el ciclo de Deming se requerirá que cumpla con las siguientes características:

- Se establecerán estándares de atención según criticidad de máquina.
- Se requerirá registro y documentación obligatoria de todas las novedades correctivas por parte de los supervisores de manteniendo.
- Documentación obligatoria en repositorio SGT, es importante el registro de los tiempos de paro.
- Se disminuirán los tiempos de espera que se generaban en el cambio o reposición de repuestos y consumibles. Esto se ha trasladado al subproceso de planificación del mantenimiento.

Tabla 13.

#### Subproceso replanteado de mantenimiento correctivo

<b>Proceso</b>	Mantenimiento Industrial
<b>Subproceso</b>	Mantenimiento Correctivo
<b>Responsables</b>	Supervisores de Mantenimiento Supervisores de Mantenimiento Mecánicos y soportes mecánico y eléctrico
<b>Objetivo</b>	Solucionar daños imprevistos que se presenten, de forma oportuna y confiable, una vez finalizada es necesario se entregue información detallada del problema.
<b>Indicador de gestión</b>	Tiempo medio de solución de Mantenimiento correctivo $Tiempo\ medio = \frac{\# de\ Horas\ dedicadas\ al\ Mtto}{\# de\ Mtto\ Correctivo}$

<b>Meta</b>	< 2 horas
<b>Limite inicial</b>	Recepción de orden de mantenimiento Correctiva
<b>Limite final</b>	Entrega de máquina en condiciones operativas
<b>Recursos humanos</b>	Asistente de Mantenimiento Supervisores de Mantenimiento Mecánicos y soportes mecánico y eléctrico
<b>Tiempo de ciclo</b>	Ciclo: 1 - 5 días Actividades: 2-8 horas

Fuente y elaboración: Propias

Tabla 14.

**Tiempos reformulados de ejecución de subproceso mantenimiento correctivo**

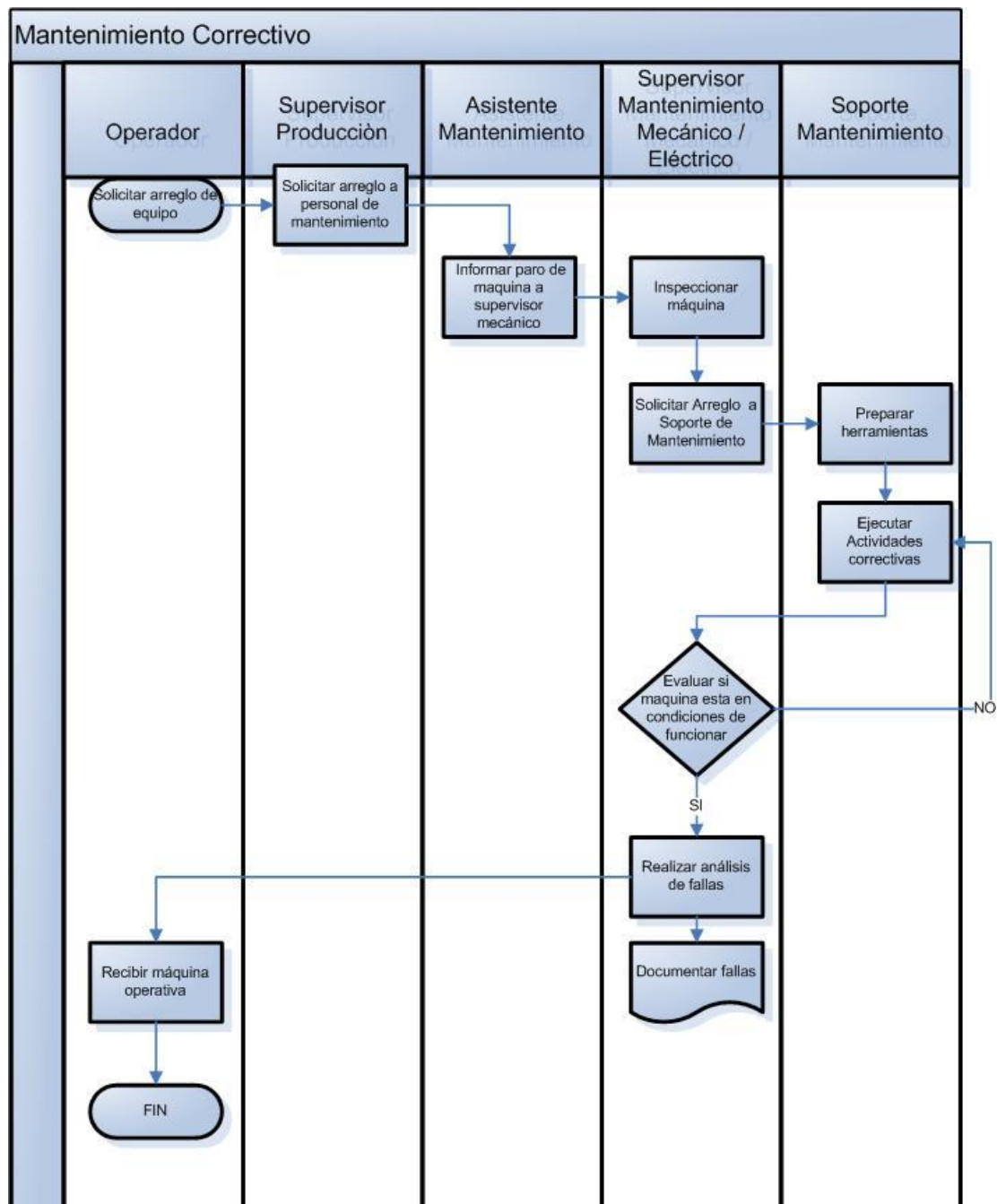
#	Actividad	Tiempo (min)	Ciclo
1.	Solicitar arreglo de máquina a personal de mantenimiento	7	4 horas
2.	Informar paro de máquina a supervisor mecánico	8	
3	Inspeccionar máquina	15	
4	Solicitar arreglo a soporte de mantenimiento	5	
5	Preparar herramientas	5	
6.	Realizar actividades correctivas en máquina	60	
7.	Verificar funcionamiento de máquina	10	
8	Realizar análisis de fallas	5	
9	Documentar fallas	5	
10.	Recibir máquina operativa	5	

Fuente: Relevamiento de procesos Vicunha Ecuador

Elaboración: Propia

Gráfico 37.

**Replanteo de subproceso de mantenimiento correctivo**



Fuente y elaboración: Propias

**1.3. CHECK**

En este punto del ciclo es importante considerar dos requerimientos: el control de las actividades y el análisis de averías. En este ciclo se integrará el nuevo subproceso

de análisis de averías. Este subproceso será de evaluación y control del mantenimiento correctivo. Mediante este subproceso se buscará eliminar o minimizar la ejecución del subproceso de mantenimiento correctivo.

Las características de este subproceso serán:

- Recepción de los registros de fallas que se encontraron en los equipos.
- Organización de datos y concentración de esfuerzos en las averías más importantes mediante un diagrama de Pareto.
- Localización de las causas de los problemas, por medio del método de las 5M.
- Documentación estandarizada de los resultados de análisis de averías y retroalimentación al subproceso de planificación del mantenimiento.

En el anexo 3 se puede ver un ejemplo de este análisis.

### 1.2.3 Subproceso de análisis de averías

Este subproceso operara con las siguientes características:

Tabla 15.

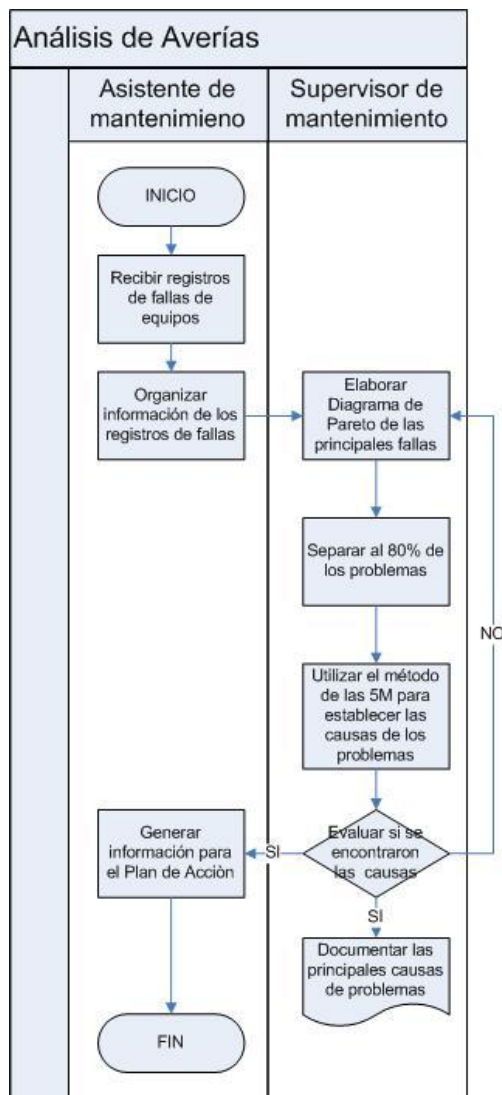
#### Subproceso de análisis de averías

<b>Proceso</b>	Mantenimiento industrial
<b>Subproceso</b>	Análisis de averías
<b>Responsables</b>	Asistente de mantenimiento
<b>Objetivo</b>	Optimizar intervalos de mantenimiento
<b>Indicador de gestión</b>	Índice de mantenimiento correctivo $\% \text{ Mtto correctivo} = \frac{\#Mttos \text{ Correctivos}}{\#Mtto \text{ prevent} + \#Mtto \text{ Correct}} * 100$
<b>Meta</b>	< 10%
<b>Limite inicial</b>	Análisis de registros de fallas de mantenimiento correctivo
<b>Limite final</b>	Determinación de causas de una avería y generación de información para el plan de acción.
<b>Recursos humanos</b>	Asistente de mantenimiento Supervisores de mantenimiento
<b>Tiempo de ciclo</b>	Ciclo: 1 - 5 días - Actividades: 2-8 horas

Fuente y elaboración: Propias

Gráfico 38.

**Subproceso análisis de averías**



Fuente y elaboración: Propias

**1.4. ACT**

Como parte final del ciclo de Deming es necesario implementar un plan de acción que permita incorporar las mejoras que se establecieron en el anterior ciclo. En este punto se definirán las mejoras a implementarse, como los intervalos de mantenimiento, la incorporación de nuevas actividades, períodos de cambios de repuestos y consumibles, entre otras mejoras.

Se utilizará un registro de mantenimiento por máquina, en el cual se establecerán las condiciones del mantenimiento. Esta información posteriormente será utilizada como retroalimentación para el subproceso de planificación del mantenimiento.



En el modelo de mantenimiento planteado el último ciclo proporcionará retroalimentación al Subproceso de Planificación del Mantenimiento, esto con la finalidad de reducir el número de novedades y tiempos de paro por Mantenimiento Correctivo.

## 2. Indicadores de gestión del mantenimiento industrial

Se han establecidos los indicadores de gestión para cada subproceso de mantenimiento; además, es importante tener indicadores que evalúen integralmente todo el proceso de mantenimiento. Estos indicadores mostrarán globalmente cómo se encuentra el mantenimiento, para lo cual se han establecido metas, las cuales difieren por el tipo de máquina, sobre todo porque no todas las maquinas tienen la misma antigüedad, ni la misma complejidad en su manejo. No obstante, de acuerdo con el análisis de operatividad y fiabilidad del sistema, es necesario dar mayor prioridad a determinados equipos.

Tabla 16.

### Indicadores planteados para el proceso de mantenimiento industrial

Indicador	Descripción / formula	Metas – Mensual		
		Apertura	Cardas	Estirajes
MTBF	Fiabilidad: (horas) Tiempo promedio (horas) de buen funcionamiento MTBF: Tiempo medio entre fallas	320	110	110
MTTR	Mantenibilidad: (horas) Tiempo promedio que se requiere para después del fallo o avería sea puesto en estado de funcionamiento MTTR: Tiempo medio de reparación	4	3	3
Disponibilidad	Disponibilidad: (%) Es la probabilidad, en el tiempo de asegurar un servicio requerido. Está en función del MTBF (tiempo medio entre fallas) y MTTR (tiempo medio de reparación)  $\% D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$	98%	97%	97%

Fuente: Gonzáles Fernández

Elaboración: Propia

El indicador que más importancia tendrá para el modelo de mantenimiento industrial planteado será el de disponibilidad. Este indicador estará atado a la fiabilidad y mantenibilidad, su desempeño se analiza en función de los paros de producción y los tiempos que estos requieren para solucionarlos, además, muestra el aseguramiento del servicio prestado. En este caso el mantenimiento de los medios productivos.

### **3. Impacto del modelo de mantenimiento propuesto en los indicadores de producción**

Es necesario aclarar que los índices de calidad y productividad del proceso de preparación hilatura no dependen exclusivamente del proceso de mantenimiento industrial, porque existen muchas variables que pueden afectar estos indicadores, los mismos pueden estar asociados a las 9M, estas son: mano de obra, materiales, maquinaria, métodos, medioambiente, *money*, mejora, *management* y medición.

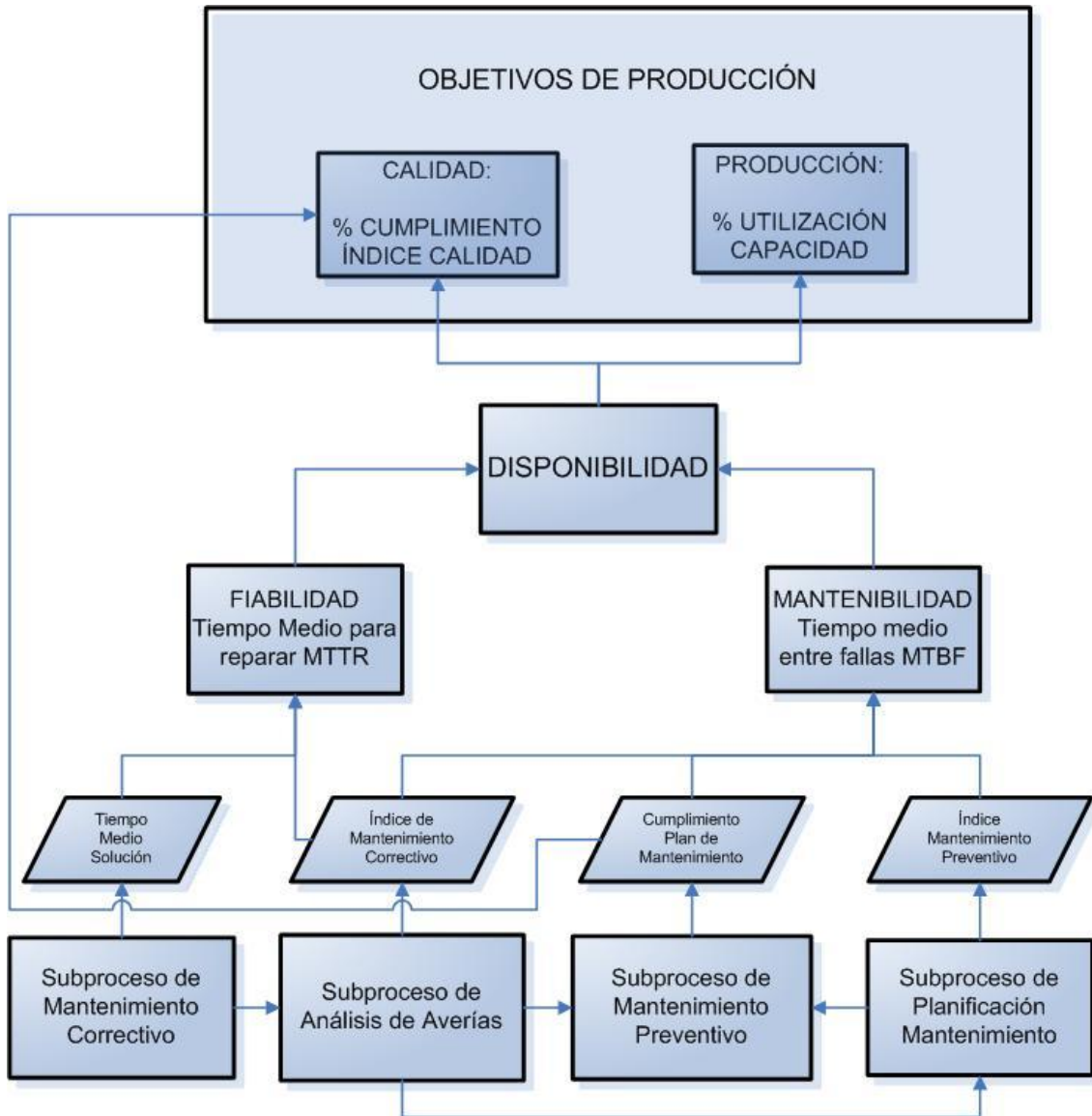
Sin embargo, se puede afirmar que un alto índice en disponibilidad de equipos, permitirá que los indicadores de producción y calidad mejoren notablemente y ayuden a cumplir los objetivos de producción. Esto se describe en el gráfico 39.

Como se observa, para obtener un buen índice de disponibilidad es necesario trabajar en los indicadores tiempo medio entre fallo (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR). Un alto MTBF muestra que no se están produciendo fallos imprevistos o no planificados, esto está relacionado con una disminución de novedades por mantenimiento correctivo. Además, se verá reflejado directamente en un aumento del volumen de producción.

Con la finalidad de minimizar las novedades de mantenimiento correctivo se propone incorporar un nuevo subproceso de análisis de averías; en este se dispone de herramientas de control que permitirán encontrar la causa raíz de los diferentes problemas presentados, con esta información se creará un plan de acción que posteriormente serán utilizados en el subproceso de planificación del mantenimiento

Si el subproceso de planificación del mantenimiento dispone de nuevas entradas y controles, como son plan de acción de averías, análisis de fiabilidad del sistema, plan de producción, entre otros, este proceso entregará una planificación más real y ejecutable, que se verá reflejada en el plan de mantenimiento con un mejor índice de cumplimiento.

Gráfico 39.

**Impacto del modelo de mantenimiento propuesto en los objetivos de producción**

Fuente: Gonzáles Fernández

Elaboración: Propia

Un buen plan de mantenimiento, y de acuerdo al plan de producción, permitirá que las actividades preventivas se puedan ejecutar con éxito. Se incorporan además procedimientos que permitirán estandarizar las actividades y los tiempos de ejecución de las mismas.

El cumplimiento del subproceso de mantenimiento preventivo y una mayor disponibilidad de equipos traerá como beneficios adicionales la disminución de paros imprevistos, mejores resultados en el índice de calidad de los productos de cada

subproceso productivo, en especial en cardado y estiramiento. Esto porque dentro de las recomendaciones del fabricante se incluye realizar ajustes textiles (calibración periódica) de las máquinas. Un cumplimiento adecuado del mantenimiento preventivo permitirá que el proceso de producción cumpla con los objetivos de calidad.

Pese a todo esfuerzo que se realice para eliminar los paros por mantenimiento correctivo, en ocasiones estos estarán presentes; en cuyo caso deben ser tomados además como una oportunidad de mejora por la cantidad de información que se puede obtener de ellos. También es importante minimizar su impacto en producción, y esto se logra con un bajo tiempo para reparación (MTTR). Un bajo MTTR se consigue por medio de un equipo de mantenimiento técnico altamente capacitado y procedimientos estandarizados con información actualizada.

Se puede observar como los indicadores presentes en el modelo de mantenimiento, están interrelacionados de acuerdo con el modelo de Deming, al igual que sus subprocesos. Por lo expuesto, el modelo de mantenimiento propuesto permitirá que los indicadores de producción y calidad del proceso de producción de preparación hilatura mejoren positivamente.

## Conclusiones

La gestión por procesos permite tener una visión sistemática de la organización y de sus procesos. En el presente trabajo, mediante la definición de macroprocesos, procesos, subprocesos y actividades, se pudo establecer la situación actual de la organización, en especial de la preparación hilatura y del mantenimiento industrial. Se pudo diagnosticar el nivel de operatividad del proceso de preparación hilatura, se identificaron problemas en los cumplimientos de producción e índices de calidad de la reparación hilatura. Asimismo, en el proceso de mantenimiento industrial se determinó la existencia de prolongados tiempos de espera, indicadores de mantenimiento no establecidos y procesos que operan de forma aislada. Este análisis de los procesos, además, permitió encontrar oportunidades de mejora.

El mantenimiento industrial ha experimentado una evolución continua, se ha pasado de un modelo de mantenimiento netamente correctivo a modelos robustos de gestión del mantenimiento; sin embargo, la implantación de un modelo de gestión de mantenimiento en muchas ocasiones fracasa. Con la finalidad de reducir riesgos en la implementación de un modelo de mantenimiento, es importante primero analizar la situación actual de la organización, como son sus procesos establecidos, la formación del personal y la tecnología de la maquinaria.

Al no disponer de un modelo de gestión del mantenimiento se consideró importante iniciar con un modelo que integre los procesos básicos del mantenimiento, los mismos que se vincularon al ciclo PDCA, esto permitirá al personal responsable del mantenimiento familiarizarse con las herramientas de gestión e iniciar con un ciclo de mejora continua. Este es el esquema planteado en el presente trabajo.

Se ha integrado a la planificación del mantenimiento el resultado de la planificación de Producción, con el objetivo de integrar los procesos de producción y mantenimiento; si a esto se suma la mejora continua de los procesos en el que se fundamenta el ciclo PDCA, será posible lograr una mejor planificación y un mayor cumplimiento del mantenimiento preventivo.

El modelo de mantenimiento propuesto está basado en procesos, los mismos que están integrados en el ciclo PDCA, lo cual permitirá una mejora continua de los procesos de mantenimiento involucrados. Al tener un sistema de mejora continua fundamentado en indicadores con metas alcanzables, se garantiza que cada proceso

cumpla con sus objetivos planteados; esto finalmente se verá reflejado en el desempeño global del mantenimiento que se evidencia en la disponibilidad de máquina. Un aumento en el nivel de disponibilidad implica directamente un aumento en el volumen de producción.

Una de las principales actividades del mantenimiento preventivo son los ajustes textiles (calibración de máquinas), lo cual está directamente relacionado a la calidad de los productos. Por lo tanto, un adecuado cumplimiento del plan de Mantenimiento preventivo permitirá aumentar el índice de calidad de producción.

Por lo expuesto, se ha demostrado la relación que existe entre disponibilidad y cumplimiento del plan mantenimiento con los principales indicadores de producción, por lo cual se espera que el modelo de mantenimiento industrial basado en procesos planteado genere un efecto positivo en los indicadores de producción y calidad que rigen al proceso de producción de preparación hilatura.

## Recomendaciones

- Es importante instaurar metas de mantenimiento que estén acordes a las metas del sistema productivo, por lo cual es necesario trabajar en conjunto para el establecimiento de las mismas.
- Los datos que se obtienen actualmente de los repositorios de mantenimiento y de producción no están completamente actualizados; esto se debe a la falta de compromiso de las personas involucradas. Se recomienda capacitar y concienciar al personal responsable de la importancia de manejar adecuadamente estos repositorios.
- La organización dispone de un sistema de incentivos, se recomienda que para el personal de mantenimiento esté asociado los indicadores de mantenimiento, con el objetivo de mejorar el compromiso del personal de mantenimiento.
- El siguiente paso que se puede dar a este estudio es la implementación de un proceso de mantenimiento predictivo, para lo cual es necesario invertir en equipos de diagnóstico y en capacitación del personal de mantenimiento.





## Bibliografía

Alfalla Luque, R., Garcia, M. R., Garrido, P., Gonzáles, M. d., & Sacristán, M. (2008). *Introducción a la Dirección de Operaciones Táctico - Operativa*. Madrid: Delta Publicaciones.

Alfalla Luque, R., Garcia, M. R., Garrido, P., Gonzáles, M. d., & Sacristán, M. (2008). *Introducción a la dirección de pperaciones táctico-operativa*. Madrid: Delta Publicaciones.

Baptista, J. (2016). Industrial Maintenance today and future trends. CRMP.

Baptista, J. (2016). Industrial Maintenance today and future trends. (pág. 6). CRMP.

Bravo, J. (2009). *Gestión de procesos*. Santiago de Chile: Evolución.

Bravo, J. (2009). *Gestión de Procesos*. Santiago, Chile: Evolución S.A.

Chase, R. B., Aquilano, N. J., & Robert, J. (2001). *Administración de producción y operaciones*. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana.

Chase, R. B., Aquilano, N. J., & Robert, J. (2001). *Administración de Producción y Operaciones*. Santa Fe de Bogota: McGraw-Hill Interamericana.

Cuatrecasas, L. (2010). *Gestión integral de calidad*. Barcelona: Profit Editorial.

Cuatrecasas, L. (2010). *Gestión integral de calidad*. Barcelona: Profit Editorial.

Dhillons, B. S. (2002). *Engineering Maintenance*. New York: CRC PRESS.

Dhillons, B. S. (2002). *Engineering Maintenance*. New York: CRC PRESS.

Dounce, E. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial*. Ciudad de México: Patria.

Dounce, E. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial*. México: Patria.

Freund, J., Ruker, B., & Hitpass, B. (2017). *BPM Manual de referencia y guía práctica*. Santiago de Chile: Dimacofi.

Freund, J., Ruker, B., & Hitpass, B. (2017). *BPM Manual de referencia y Guía Práctica Con una introducción a CMMN y DMN*. Santiago de Chile: Dimacofi.

García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Diaz de Santos.

García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Diaz de Santos.

González Fernández, F. J. (2012). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (Cuarta ed.). Madrid: FC.

González Fernández, F. J. (2012). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (Cuarta ed.). Madrid, España: FC Editorial.

Harrington, H. J. (1993). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. (G. E. Rosas, & M. A. Tiznado, Trads.) Santafé de Bogotá: McGraw-Hill.

Harrington, H. (1993). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. (G. E. Rosas, & M. A. Tiznado, Trads.) Bogotá: McGraw-Hill.

Hay, E. J. (1987). *Justo a tiempo*. Bogotá: Norma.

Hay, E. J. (1987). *Justo a Tiempo*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.

Heizer, J., & Render, B. (2003). *Principios de administración de operaciones*. Ciudad México: Pearson Educación.

Heizer, J., & Render, B. (2003). *Principios de Administración de Operaciones*. Mexico DC: Pearson Educación.

ISO Norma Internacional. (2015). ISO 9001:2015 Sistema de gestión de calidad - requisitos. (T. M. Group, Trad.) Ginebra, Suiza.

ISO Norma Internacional. (2015). ISO 9001:2015 Sistema de gestión de calidad-requisitos. (T. M. Group, Trad.) Ginebra.

Kaplan, R. S., & Norton, D. (2016). *El cuadro de mando Integral*. Barcelona, España: Gestión 2000.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2016). *El Cuadro de Mando Integral*. Barcelona, España: Gestión 2000.

Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones* (8.ª ed.). (M. d. Carril Villareal, Trad.) Ciudad de México: Pearson Educación.

Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones* (Octava ed.). (M. d. Carril Villareal, Trad.) México: Pearson Educación.

León, J. A. (2004). Modelo de competitividad global de la industria de piel de cocodrilo. Culiacán.

León, J. A. (Julio de 2004). Modelo de competitividad global de la industria de piel de cocodrilo. Culiacán.

Lockuán Lavado, F. E. (10 de Enero de 2013). *La Industria textil y su control de calidad*. Recuperado el 26 de 11 de 2015, de Libros textiles gratuitos: <http://fidellocuan.webs.com>

Lockuán Lavado, F. E. (10 de Enero de 2013). *La Industria Textil y su Control de Calidad*. Recuperado el 26 de 11 de 2015, de Libros textiles gratuitos: <http://fidellocuan.webs.com>

López Lemos, P. (2011). *Como hacer el annual de calidad según la norma ISO 9001:2008*. Madrid: Fundación Confemetal.

López Lemos, P. (2011). *Como hacer el manual de calidad según la norma ISO 9001:2008*. Madrid: Fundación Confemetal.

Lucas, R. E. (1998). *The industrial Revolution: Past and future*. New Haven: Econometrica.

Lucas, R. E. (1998). *The industrial Revolution: Past and future*. Yale: Econometrica.

Marín García, Juan; Perello Marín, Rosario; Maheut, Julien; Vidal, Pilar. (2010). Causas de fallo en la implantación del TPM y modelo de puesta en marcha integrador. *4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, (págs. 908 -921). Donostia - San Sebastian.

Mora, J. R. (2003). *Guía metodológica para la gestión clínica por procesos*. Madrid, España: Díaz de Santos.

Mora, J. R. (2003). *Guía metodológica para la gestión clínica por procesos*. Madrid, España: Díaz de Santos.

Moubray, J. (1997). *Reliability-centered Maintenance*. New York: Industrial Press Inc.

Moubray, J. (1997). *Reliability-centered Maintenance*. New York: Industrial Press Inc.

Newbrough, E. T. (1998). *Administración de mantenimiento Industrial: organización y control en el mantenimiento industrial*. Ciudad de México: Diana.

Newbrough, E. T. (1998). *Administración de Mantenimiento Industrial: organización y control en el mantenimiento industrial*. México: Diana.

Parra Márquez, C., & Crespo Márquez, A. (2012). *Técnicas de Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicados en el proceso de gestión de activos*. Sevilla: Ingeman.

Parra Márquez, C., & Crespo Márquez, A. (2012). *Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicados en el proceso de Gestión de Activos*. Sevilla: Ingeman.

Pérez, J. A. (2010). *Gestión por procesos* (4.ª ed.). Madrid: ESIC.

Pérez, J. A. (2010). *Gestión por procesos* (Cuarta ed.). Madrid: ESIC.

Rey Peteiro, D. (16 de febrero de 2016). *GestioPolis*. Recuperado el 25 de julio de 2016, de <http://www.gestioplois.com/gestion-por-procesos-y-modelado-de-procesos/>.

Rey Peteiro, D. (16 de Febreo de 2016). *GestioPolis*. Recuperado el 25 de Julio de 2016, de <http://www.gestioplois.com/gestion-por-procesos-y-modelado-de-procesos/>.

Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Madrid: Penguin Random House.

Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. España: Penguin Random House.

Tavares, L. (1998). *Administración moderna de mantenimiento*. Río de Janeiro: Novo Polo Publicaciones.

Tavares, L. (1998). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicaciones.

Tobar, A., & Mota, A. (2007). *CPIMC: Un modelo de administración por procesos*. Ciudad de México: Panorama.

Tobar, A., & Mota, A. (2007). *CPIMC: Un modelo de administración por procesos*. México: Panorama.

Torres, L. D. (2007). *Mantenimiento - Su implantación y la introducción de mejoras en la producción*. Buenos Aires: Universitas.

Torres, L. D. (2007). *Mantenimiento. Su implantación y la introducción de mejoras en la producción*. Buenos Aires: Universitas.

## **ANEXOS**



## ANEXO 1

### Recomendaciones fabricantes

En base a las recomendaciones del fabricante y el resultado del análisis de la información, se establecerá las principales tareas del mantenimiento para la Preparación Hilatura.

#### Máquina: BO-A #1 BDT1

##### Componente: Bastidor Móvil \_ BDT1.1

- Sistema Mecánico: BDT1.1.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
BDT1.1.M.1	30	0,5	6	Cadena de transmisión	Engrase / Tensión
BDT1.1.M.2	180	1	2	Resbaladeras	Inspección /cambio
BDT1.1.M.3	720	1	0,5	Motor accionamiento	Cambio aceite

- Sistema Eléctrico: BDT1.1.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
BDT1.1.E.1	7	0,10	5	Detectores de proximidad	Limpieza
BDT1.1.E.2	30	0,25	3	Motor accionamiento	Limpieza ventilador
BDT1.1.E.3	720	2	1	Motor accionamiento	Revisión /cambio Rodamientos

##### Componente: Desprendedor \_ BDT1.2

- Sistema Mecánico: BDT1.2.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
BDT1.2.M.1	7	0,25	13	Disco dentados	Limpieza
BDT1.2.M.2	7	0,25	13	Cadena cilindro de apoyo	Limpieza
BDT1.2.M.3	30	1	6	Cadena cilindro de apoyo	Engrase / Tensión
BDT1.2.M.4	30	1	6	Bandas cilindros abridores	Limpieza / Tensión
BDT1.2.M.4	720	1	0,5	Motor accionamiento cilindro de apoyo	Cambio aceite

- Sistema Eléctrico: BDT1.2.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
BDT1.2.E.1	7	0,10	5	Lentes y espejos	Limpieza
BDT1.2.E.2	7	0,10	5	Motor cilindro abridor	Limpieza ventilador
BDT1.2.E.3	7	0,10	5	Motor cilindro apoyo	Limpieza ventilador
BDT1.2.E.4	720	1	0,5	Motor cilindro abridor	Revisión /cambio Rodamientos
BDT1.2.E.5	720	1	0,5	Motor cilindro apoyo	Revisión /cambio Rodamientos

**Componente: Torre \_ BDT1.3**

- Sistema Mecánico: BDT1.3.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
BDT1.3.M.1	30	0,25	3	Cadena de accionamiento vertical	Engrase / Tensión
BDT1.3.M.2	30	0,25	3	Engranaje corona torre giratoria	Inspección /Engrase
BDT1.3.M.3	720	1	0,5	Motor accionamiento vertical	Cambio aceite
BDT1.3.M.4	720	1	0,5	Motor accionamiento Torre giratoria	Cambio aceite

- Sistema Eléctrico: BDT1.3.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
BDT1.3.E.1	7	0,10	5	Motor accionamiento alza	Limpieza ventilador
BDT1.3.E.2	7	0,10	5	Motor accionamiento giro torre	Limpieza ventilador
BDT1.3.E.3	720	1	0,5	Motor accionamiento vertical	Revisión /cambio Rodamientos
BDT1.3.E.4	720	1	0,5	Motor accionamiento Torre giratoria	Revisión /cambio Rodamientos

**Componente: Dispositivo enrollador \_ BDT1.4**

- Sistema Mecánico: BDT1.4.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
BDT1.4.M.1	30	0,25	3	Dispositivo estanquidad	Limpieza
BDT1.4.M.2	30	0,25	3	Enrollador	Limpieza
BDT1.4.M.3	30	0,25	3	Cadena de rodillo	Engrase /ajuste
BDT1.3.M.4	720	1	0,5	Motor accionamiento	Cambio aceite



- Sistema Eléctrico: BDT1.4.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
BDT1.4.E.1	30	0,10	1.2	Motor accionamiento	Limpieza ventilador
BDT1.4.E.2	30	0,10	1.2	Mecanismo contador	Limpieza
BDT1.4.E.3	720	1	0,5	Motor accionamiento banda	Revisión /cambio Rodamientos

**Componente: Conducto de aspiración \_ BDT1.5**

- Sistema Mecánico: BDT1.5.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
BDT1.5.M.1	7	0,10	5	Conducto aspiración	Limpieza

**Componente: Consola de mando y tablero torre \_ BDT1.6**

- Sistema Eléctrico: BDT1.6.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
BDT1.3.E.1	7	0,10	5	Tablero	Limpieza
BDT1.3.E.2	7	0.10	5	Consola mando	Limpieza
BDT1.3.E.3	30	0,10	1,2	Tablero / ventiladores	Limpieza
BDT1.3.E.5	30	0,10	1,2	Consola mando / vent	Limpieza
BDT1.3.E.6	360	1	1	Contactores	Ajuste y limpieza
BDT1.3.E.6	360	1	1	Variadores	Ajuste y limpieza

**Máquina: SP-MF #1 SPMF1**

**Componente: Transporte material\_ SPMF1.1**

- Sistema Mecánico: SPMF1.1.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.1.M.1	7	0,25	13	Admisión aire fresco	Limpieza
SPMF1.1.M.2	7	0.25	13	Tamices filtrantes	Limpieza
SPMF1.1.M.3	30	0.10	1.2	Boquillas volumétricas	Limpieza
SPMF1.1.M.4	180	1	2	Boquillas volumétricas	Lavar

- Sistema Eléctrico: SPMF1.2.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
--------	--------------------	---------------------	-------------------	-------	-------------

SPMF1.1.E.1	7	0,10	5	Motor ventilador	Limpieza ventilador
SPMF1.1.E.2	720	1	0,5	Motor ventilador	Revisión /cambio Rodamientos

**Componente: Separador materias extrañas\_ SPMF1.2**

- Sistema Mecánico: SPMF1.2.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.2.M.1	7	0,25	13	Perfil peinador	Limpieza
SPMF1.2.M.2	30	0.5	6	Junta compuerta regulación	Limpieza
SPMF1.2.M.3	30	0.25	3	Compuerta separador	Limpieza
SPMF1.2.M.4	360	1	1	Compuerta separador	Inspección / cambio

- Sistema Eléctrico: SPMF1.2.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.2.E.1	7	0,10	5	Lentes y espejos	Limpieza

**Componente: Detector de chispas\_ SPMF1.3**

- Sistema Eléctrico: SPMF1.3.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.3.E.1	30	1	12	Minimax	Inspección display
SPMF1.3.E.2	90	0.5	2	Sensor de chispas	Limpieza / Test
SPMF1.3.E.3	90	0.5	2	Baterías minimax	Inspección

**Componente: Detector de metales\_ SPMF1.4**

- Sistema Eléctrico: SPMF1.4.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.4.E.1	30	1	12	Mesutronic	Inspección display
SPMF1.4.E.2	90	0.5	2	Sensor de metales	Test

**Componente: Detector de calor\_ SPMF1.5**

- Sistema Mecánico: SPMF1.5.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.5.M.1	180	0.25	0.5	Extintor	Limpieza / inspección

- Sistema Eléctrico: SPMF1.5.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.5.E.1	90	0.5	2	Sensor de calor	Limpieza / Test

**Componente: Separador materias extrañas\_ SPMF1.6**

- Sistema Mecánico: SPMF1.6.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.6.M.1	30	0.25	3	Compuerta eliminación	Limpieza / Test
SPMF1.6.M.2	360	2	2	Compuerta eliminación	Inspección / cambio

- Sistema Eléctrico: SPMF1.6.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.6.E.1	7	0,10	5	Lentes y espejos	Limpieza

- Sistema Neumático: SPMF1.6.N

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.6.N.1	7	0,10	5	Unidad mantenimiento	Limpieza / drenar

**Componente: Consola de mando y tablero \_ SPMF1.7**

- Sistema Eléctrico: SPMF1.7.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPMF1.7.E.1	7	0,10	5	Tablero / ventiladores	Limpieza
SPMF1.7.E.2	7	0.10	5	Consola mando	Limpieza
SPMF1.7.E.3	7	0,10	5	Sensores depresión	Limpieza / manguera
SPMF1.7.E.5	360	1	1	Contactores	Ajuste y limpieza
SPMF1.7.E.6	360	1	1	Variadores	Ajuste y limpieza

**Máquina: CL-P #1 CLP1****Componente: BRCOI\_ CLP1.1**

- Sistema Mecánico: CLP1.1.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
CLP1.1.M.1	30	0,25	3	Paredes Interior	Limpieza
CLP1.1.M.2	30	0,25	3	Banda Ventilador	Limpieza / ajuste
CLP1.1.M.3	30	0.25	3	Banda Tambor perforado	Limpieza / ajuste
CLP1.1.M.4	30	0.5	6	Esclusa de cilindro compartimiento	Limpieza
CLP1.1.M.5	30	0.5	6	Tambor perforado	Limpieza
CLP1.1.M.6	180	0.5	1	Paletas ventilador	Limpieza
CLP1.1.M.7	180	1	2	Eje Ventilador	Controlar ruidos
CLP1.1.M.8	720	1	0.5	Eje Ventilador	Engrasar

- Sistema Eléctrico: CLP1.1.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
CLP1.1.E.1	7	0,10	5	Motor accionamiento ventilador	Limpieza ventilador
CLP1.1.E.2	7	0,10	5	Motor accionamiento tambor perforado	Limpieza ventilador
CLP1.1.E.3	720	1	0,5	Motor accionamiento ventilador	Revisión /cambio Rodamientos
CLP1.1.E.4	720	1	0,5	Motor accionamiento tambor perforado	Revisión /cambio Rodamientos

**Componente: Unidad limpiadora\_ CLP1.2**

- Sistema Mecánico: CLP1.2.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
CLP1.2.M.1	7	0,50	25	Rejillas	Limpieza
CLP1.2.M.2	30	0,5	6	Juntas de estanquidad de cilindros abridores	Limpieza
CLP1.2.M.3	30	0.5	6	Bandas de cilindros abridores	Limpieza / ajuste
CLP1.2.M.4	30	0.5	6	Esclusa de cilindro compartimiento	Limpieza
CLP1.2.M.5	30	0.5	6	Esclusa de rueda celular	Limpieza / Inspección
CLP1.2.M.6	720	1	0,5	Motor accionamiento rueda celular	Cambio aceite

- Sistema Eléctrico: CLP1.2.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
CLP1.1.E.1	7	0,10	5	Motor accionamiento cilindros abridores	Limpieza ventilador
CLP1.1.E.2	7	0,10	5	Motor accionamiento rueda celular	Limpieza ventilador
CLP1.1.E.3	720	1	0,5	Motor accionamiento ventilador	Revisión /cambio Rodamientos
CLP1.1.E.4	720	1	0,5	Motor accionamiento tambor perforado	Revisión /cambio Rodamientos

**Componente: Consola de mando y tablero \_ SPMF1.7**

- Sistema Eléctrico: CLP1.3.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
CLP1.3.E.1	7	0,10	5	Tablero / ventiladores	Limpieza
CLP1.3.E.2	7	0.10	5	Consola mando	Limpieza
CLP1.3.E.3	7	0,10	5	Sensores de depresión	Limpieza / manguera
CLP1.3.E.4	360	1	1	Contactores	Ajuste y limpieza

**Máquina: MX-I10 #1 MXI1**

**Componente: TRANSPORTE MATERIAL\_ MXI1.1**

- Sistema Mecánico: MXI1.1.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
MXI1.1.M.1	7	0.5	26	Válvulas rotativas	Limpieza / inspección
MXI1.1.M.2	7	0.5	26	Chapas perforadas silo	Limpieza

- Sistema Eléctrico: MXI1.1.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
MXI1.1.E.1	7	0,10	5	Motor accionamiento ventilador	Limpieza ventilador
MXI1.1.E.2	7	0,25	13	Electroválvulas cilindros	Limpieza / inspección
MXI1.1.E.3	7	0,25	13	Barrera de luz	Limpieza / inspección
MXI1.1.E.4	720	1	0,5	Motor accionamiento ventilador	Revisión /cambio Rodamientos

- Sistema Neumático: MXI1.1.N

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
MXI1.1.N.1	7	0,10	5	Unidad mantenimiento	Descargar condensado
MXI1.1.N.2	7	0,25	13	Sistema neumático electroválvulas	Inspección

**Componente: SISTEMA ALIMENTACIÓN\_ MXI1.2**

- Sistema Mecánico: MXI1.2.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
MXI1.2.M.1	7	0.10	6	Cilindros alimentadores	Limpieza / inspección
MXI1.2.M.2	7	0.10	6	Cilindros abridores	Limpieza / inspección
MXI1.2.M.3	7	0.10	6	Cadena transmisión cilindros	Limpieza
MXI1.2.M.4	30	1	12	Cadena transmisión cilindros	Ajuste / lubricación
MXI1.2.M.5	30	1	12	Bandas Cilindros alimentadores	Ajuste / inspección
MXI1.2.M.6	30	1	12	Cojinetes cilindros abridores	Limpieza / lubricación
MXI1.2.M.7	720	1	0,5	Motor accionamiento Cilindros alimentador	Cambio aceite

- Sistema Eléctrico: MXI1.2.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
MXI1.2.E.1	7	0,10	5	Motor accionamiento Cilindros alimentador	Limpieza ventilador
MXI1.2.E.2	7	0,10	5	Motor accionamiento Cilindros abridores	Limpieza ventilador
MXI1.2.E.3	720	1	0,5	Motor accionamiento Cilindros alimentador	Revisión /cambio Rodamientos
MXI1.2.E.4	720	1	0,5	Motor accionamiento Cilindros abridores	Revisión /cambio Rodamientos

**Componente: BANDA TRANSPORTADORA\_ MXI1.3**

- Sistema Mecánico: MXI1.3.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
--------	--------------------	---------------------	-------------------	-------	-------------

MXI1.3.M.1	7	0.10	6	Cinta de alimentación	Limpieza / inspección
MXI1.3.M.2	7	0.10	6	Cinta transporte ascendente	Limpieza / inspección
MXI1.3.M.3	7	0.10	6	Cinta de presión	Limpieza / inspección
MXI1.3.M.4	30	1	12	Artesa	Limpieza / inspección
MXI1.3.M.5	30	1	12	Cadena transmisión	Ajuste / inspección
MXI1.3.M.6	720	1	0,5	Motor accionamiento cinta	Cambio aceite

- Sistema Eléctrico: MXI1.3.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
MXI1.2.E.1	7	0,10	5	Motor accionamiento cinta	Limpieza ventilador
MXI1.2.E.3	720	1	0,5	Motor accionamiento cinta	Revisión /cambio Rodamientos

**Componente: Consola de mando y tablero \_ MXI1.4**

- Sistema Eléctrico: MXI1.4.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
MXI1.4.E.1	7	0,10	5	Tablero / ventiladores	Limpieza
MXI1.4.E.2	7	0.10	5	Consola mando	Limpieza
MXI1.4.E.3	7	0,10	5	Sensores de depresión	Limpieza / manguera
MXI1.4.E.4	360	1	1	Contactores	Ajuste y limpieza
MXI1.4.E.5	360	1	1	Variadores	Ajuste y limpieza

**Máquina: CL-C3 #1 CLC1**

**Componente: TRANSPORTE MATERIAL\_ CLC1.1**

- Sistema Mecánico: CLC1.1.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
CLC1.1.M.1	7	0.25	13	Cinta transportadora	Limpieza / inspección
CLC1.1.M.2	720	1	0,5	Motor accionamiento cinta	Cambio aceite

- Sistema Eléctrico: CLC1.1.E

Código	Frecuencia	Tiempo	Tiempo	Parte	Descripción
--------	------------	--------	--------	-------	-------------

	Días	tarea (H)	año (H)		
MXI1.1.E.1	7	0,10	5	Motor accionamiento cinta	Limpieza ventilador
MXI1.1.E.4	720	1	0,5	Motor accionamiento ventilador	Revisión /cambio Rodamientos

**Componente: SISTEMA DE LIMPIEZA\_ CLC1.2**

- Sistema Mecánico: CLC1.2.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
CLC1.2.M.1	7	0.25	13	Ductos de aspiración	Limpieza / inspección
CLC1.2.M.2	30	0,5	6	Compartimiento de desperdicios	Limpieza
CLC1.2.M.3	30	0,5	6	Bandas de cilindros de limpieza	Limpieza / ajuste
CLC1.2.M.4	30	0,5	6	Correas dentadas	Limpieza / ajuste
CLC1.2.M.5	30	0,25	3	Aletas deflectoras	Limpieza
CLC1.2.M.6	30	0,25	3	Cilindros alimentadores	Limpieza lateral
CLC1.2.M.7	180	0,5	1	Puntos apoyo cilindro alimentadores	Limpieza/engrase
CLC1.2.M.8	180	0,5	1	Poleas deflectoras	Engrasar
CLC1.2.M.9	720	1	0,5	Motor accionamiento alimentador	Cambio aceite

- Sistema Eléctrico: CLC1.2.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
CLC1.2.E.1	7	0,10	5	Motor accionamiento alimentador	Limpieza ventilador
CLC1.2.E.2	7	0,10	5	Motor accionamiento cilindro 1	Limpieza ventilador
CLC1.2.E.3	7	0,10	5	Motor accionamiento cilindro 2	Limpieza ventilador
CLC1.2.E.4	7	0,10	5	Motor accionamiento cilindro 3	Limpieza ventilador
CLC1.2.E.5	720	1	0,5	Motor accionamiento alimentador	Revisión /cambio Rodamientos
CLC1.2.E.6	720	1	0,5	Motor accionamiento cilindro 1	Revisión /cambio Rodamientos
CLC1.2.E.7	720	1	0,5	Motor accionamiento cilindro 2	Revisión /cambio Rodamientos
CLC1.2.E.8	720	1	0,5	Motor accionamiento cilindro 3	Revisión /cambio Rodamientos



**Componente: Consola de mando y tablero \_ CLC1.3**

- Sistema Eléctrico: CLC1.3.E

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
CLC1.3.E.1	7	0,10	5	Tablero / ventiladores	Limpieza
CLC1.3.E.2	7	0.10	5	Consola mando	Limpieza
CLC1.3.E.3	7	0,10	5	Sensores de depresión	Limpieza / manguera
CLC1.3.E.4	360	1	1	Contactores	Ajuste y limpieza
CLC1.3.E.5	360	1	1	Variadores	Ajuste y limpieza

**Máquina: SP DX #1 CLC1****Componente: SISTEMA DE LIMPIEZA\_ SPD1.1**

- Sistema Mecánico: SPD1.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPD1.1.M.1	30	0,5	6	Cinta transportadora	Limpieza / inspección
SPD1.1.M.2	30	0,5	6	Chapa perforada	Limpieza
SPD1.1.M.3	30	0,5	6	Trampas de mantenimiento	Limpieza
SPD1.1.M.4	720	1	0,5	Motor accionamiento deflector	Cambio aceite

- Sistema Eléctrico: SPD1.M

Código	Frecuencia Días	Tiempo tarea (H)	Tiempo año (H)	Parte	Descripción
SPD1.1.E.1	7	0,10	5	Motor accionamiento ventilador	Limpieza ventilador
SPD1.1.E.2	7	0,10	5	Motor accionamiento deflector	Limpieza ventilador
SPD1.1.E.3	720	1	0,5	Motor accionamiento deflector	Revisión /cambio Rodamientos
SPD1.1.E.4	720	1	0,5	Motor accionamiento ventilador	Revisión /cambio Rodamientos



## ANEXO 2

### Fiabilidad del sistema

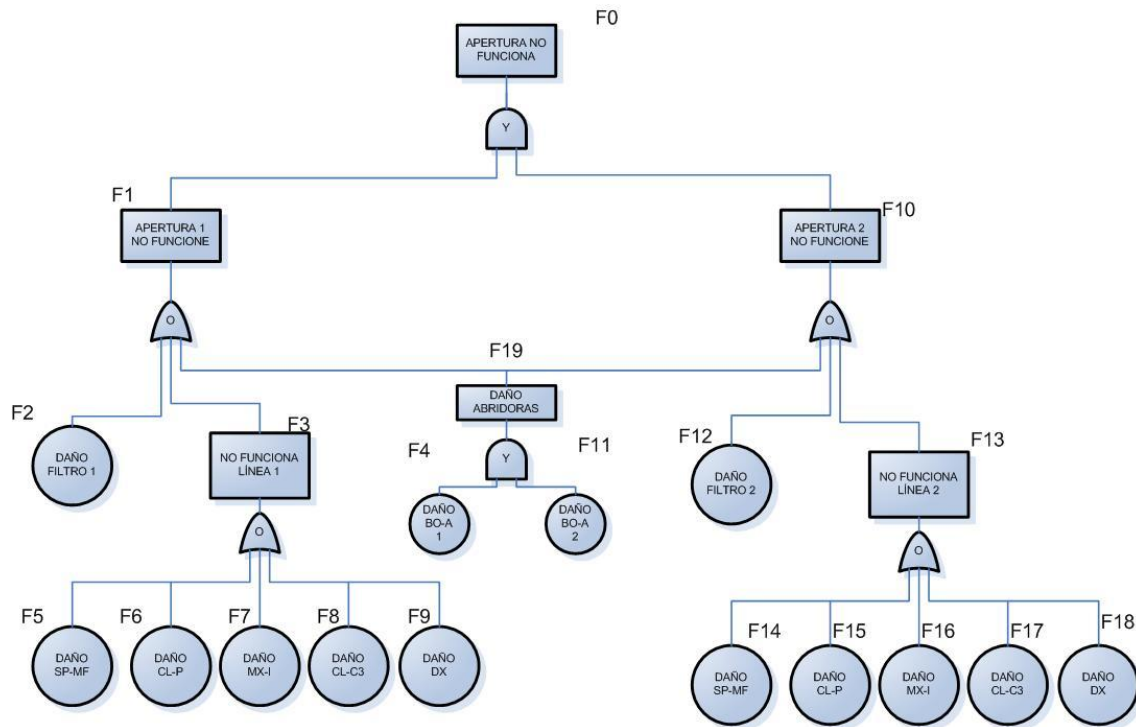
Para establecer la fiabilidad del sistema se utilizará el método de árbol de fallas, en este método es necesario establecer una tabla de probabilidades de fallo que a continuación se detallan.

Falla	Valoración
Muy probable	$10^{-2}$
Probable	$10^{-3}$
No probable	$10^{-4}$
Improbable	$10^{-5}$
Muy improbable	$10^{-6}$
Extremadamente improbable	$10^{-7}$

### Fiabilidad Apertura

Para establecer la fiabilidad del proceso Apertura es necesario conocer primero la fiabilidad de cada uno de los subprocesos que lo componen; en este caso se realizará de acuerdo con los históricos de fallas de cada máquina, de lo cual se obtiene la siguiente tabla.

Máquina	Falla	Valoración
BO-A	Probable	$10^{-3}$
SP-MF	Probable	$10^{-3}$
CL-P	No probable	$10^{-4}$
MX-I	No probable	$10^{-4}$
CL-C3	No probable	$10^{-4}$
SP-DX	No probable	$10^{-4}$
Filtros	Probable	$10^{-3}$



$$F0 = F1 \cdot F10$$

$$F1 = F3 + F4 + F19$$

$$F3 = F5 + F6 + F7 + F8 + F9$$

$$F10 = F12 + F13 + F19$$

$$F13 = F14 + F15 + F16 + F17 + F18$$

$$F19 = F4 \cdot F11$$

$$F0 = (F2 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + (F4 \cdot F11)) \cdot (F12 + F14 + F15 + F16 + F17 + F18 + (F4 \cdot F11))$$

$$F0 = (10^{-3} + 10^{-3} + 10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-4} + (10^{-3} + 10^{-3})) \cdot (10^{-3} + 10^{-3} + 10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-4} + (10^{-3} + 10^{-3}))$$

$$F0 = (10^{-3} + 10^{-3} + 10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-6}) \cdot (10^{-3} + 10^{-3} + 10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-6})$$

$$F0 = 10^{-3} \cdot 10^{-3}$$

$$F0 = 10^{-6}$$

➤ **Resultado:**

Máquina	Valoración	Probabilidad Falla
F0: APERTURA	$10^{-6}$	Muy improbable
F1: LÍNEA 1	$10^{-3}$	Probable
F10: LÍNEA 2	$10^{-3}$	Probable

Como se puede observar en la tabla de resultados, una línea es probable que falle, debido principalmente que se tienen muchos equipos en serie y si uno de éstos fallan provocará la falle de toda la línea.

Pero si se analiza toda la Apertura, ésta en conjunto es muy improbable que falle por tener dos líneas de producción en paralelo. Se tiene un inconveniente con el volumen de producción que se requiera procesar, más adelante se analizará este punto.

Si se requiere elevar la fiabilidad del sistema mediante la intervención del mantenimiento es necesario dar más prioridad a los siguientes equipos.

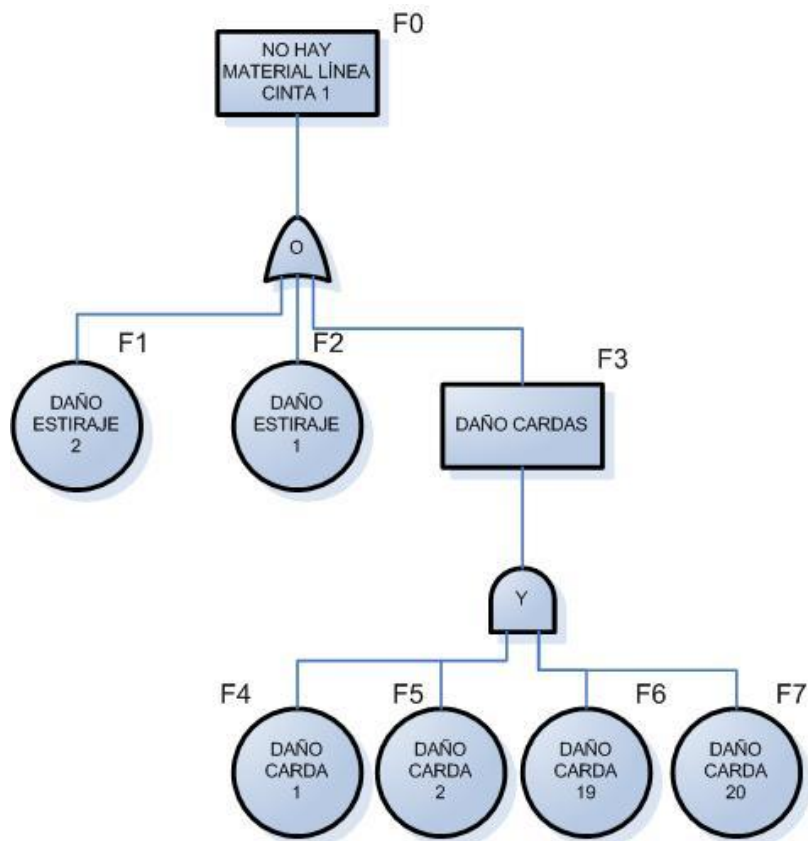
- SP-MF
- FILTROS

#### **Fiabilidad línea cintas**

Cardas y Estirajes de primero y segundo paso se encuentran interconectados, esta interconexión forma líneas de producción de cinta, en la Preparación Hilatura se tiene 5 líneas. A continuación se analizará cada línea de producción cinta.

##### **❖ Línea cinta 1**

<b>Máquina</b>	<b>Falla</b>	<b>Valoración</b>
Carda 1	Probable	$10^{-3}$
Carda 2	Probable	$10^{-3}$
Carda 19	Probable	$10^{-3}$
Carda 20	Probable	$10^{-3}$
Estiraje 1	Probable	$10^{-3}$
Estiraje 2	Probable	$10^{-3}$



$$f_0 = f_1 + f_2 + f_3$$

$$f_3 = f_4 * f_5 * f_6 * f_7$$

$$f_0 = f_1 + f_2 + (f_4 * f_5 * f_6 * f_7)$$

$$f_0 = 10^{-3} + 10^{-3} + (10^{-3} * 10^{-3} * 10^{-3} * 10^{-3})$$

$$f_0 = 10^{-3} + 10^{-3} + (10^{-12})$$

$$f_0 = 10^{-3}$$

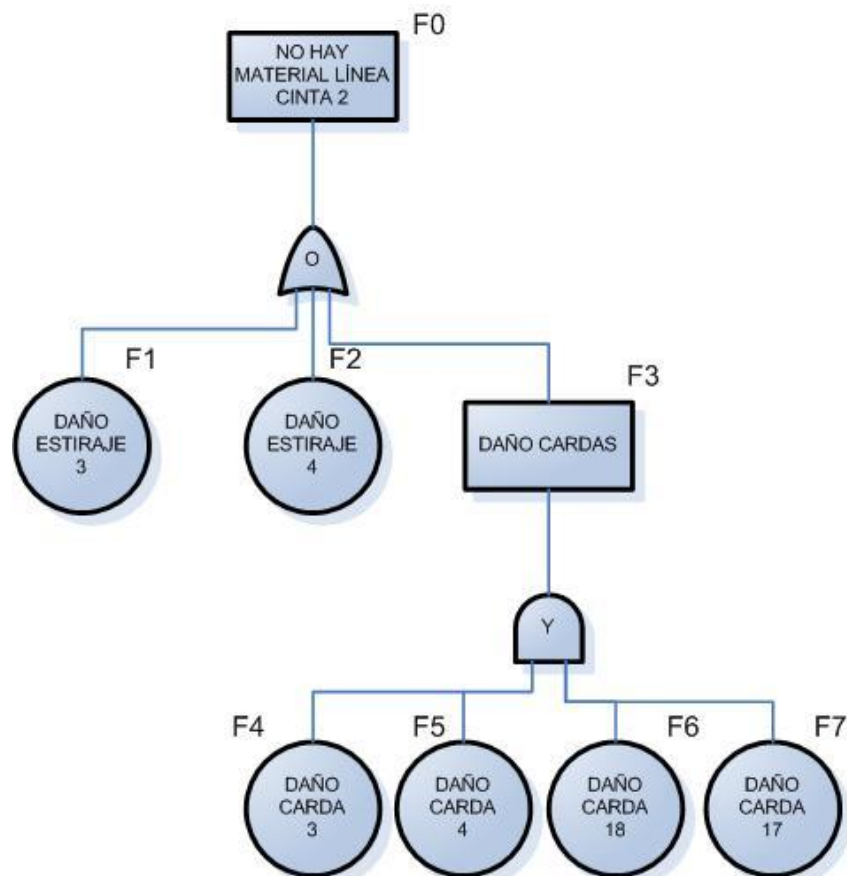
➤ **Resultados:**

La probabilidad de fallo de la línea de producción cinta 1 se encuentra establecida por la fiabilidad del estiraje de primer o segundo paso.

Máquina	Valoración	Probabilidad Falla
F0: LÍNEA CINTA 1	$10^{-3}$	Probable

## ❖ Línea cinta 2

Máquina	Falla	Valoración
Carda 3	Probable	$10^{-3}$
Carda 4	Probable	$10^{-3}$
Carda 17	Probable	$10^{-3}$
Carda 18	Probable	$10^{-3}$
Estiraje 3	Probable	$10^{-3}$
Estiraje 4	Probable	$10^{-3}$



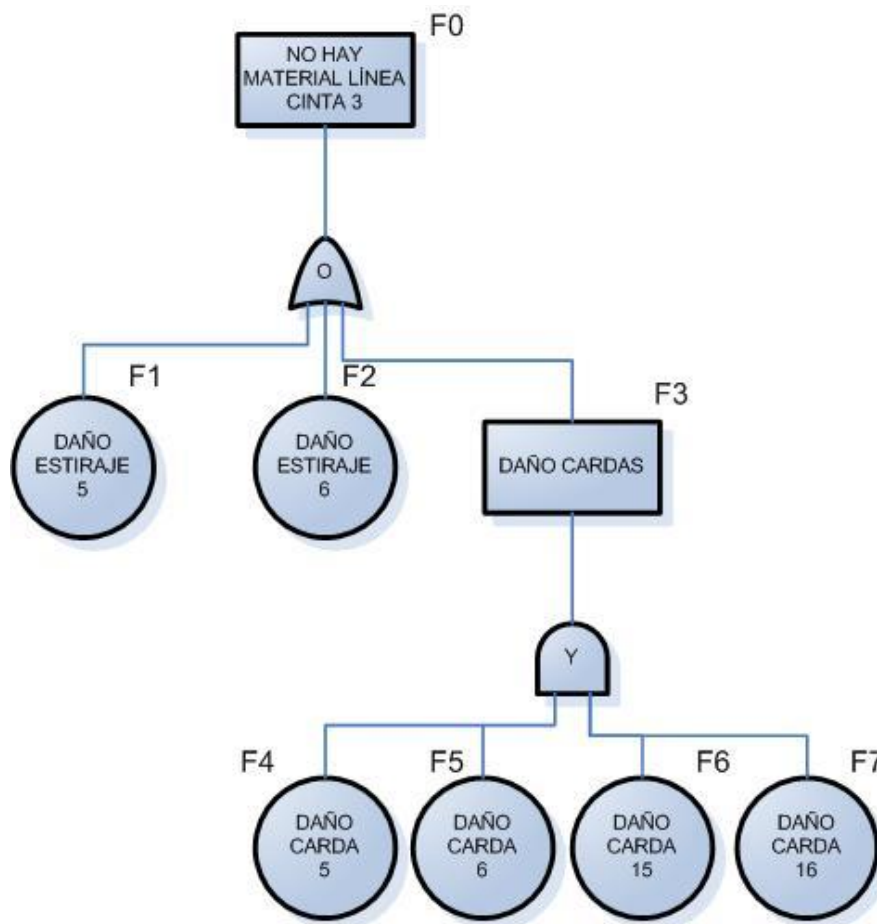
## ➤ Resultados:

La probabilidad de fallo de la línea de producción cinta 2 se encuentra establecida por la fiabilidad del estiraje de primer o segundo paso.

Máquina	Valoración	Probabilidad Fallo
F0: LÍNEA CINTA 2	$10^{-3}$	Probable

## ❖ Línea cinta 3

Máquina	Falla	Valoración
Carda 5	Probable	$10^{-3}$
Carda 6	Probable	$10^{-3}$
Carda 15	Probable	$10^{-3}$
Carda 16	Probable	$10^{-3}$
Estiraje 5	Probable	$10^{-3}$
Estiraje 6	Probable	$10^{-3}$



➤ **Resultados:**

La probabilidad de fallo de la línea de producción cinta 3 se encuentra establecida por la fiabilidad del estiraje de primer o segundo paso.

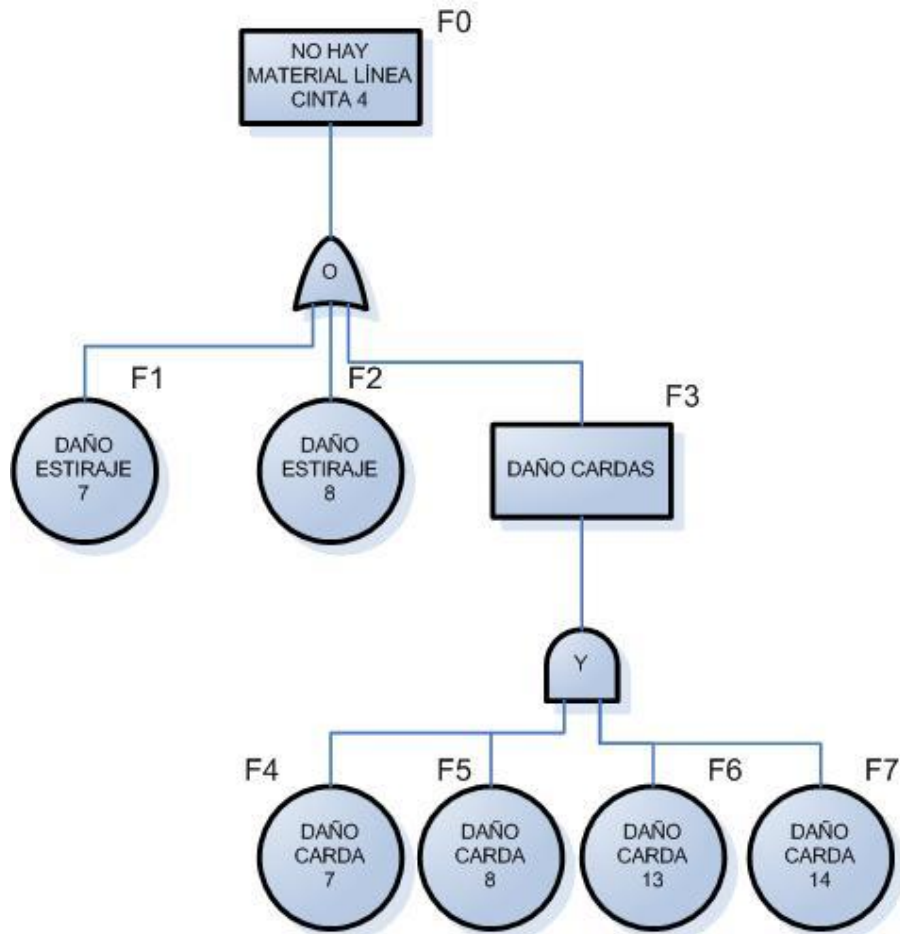
Máquina	Valoración	Probabilidad Falla
F0: LÍNEA CINTA 3	$10^{-3}$	Probable

❖ **Línea cinta 4**

Máquina	Falla	Valoración
---------	-------	------------



Carda 7	Probable	$10^{-3}$
Carda 8	Probable	$10^{-3}$
Carda 13	Probable	$10^{-3}$
Carda 14	Probable	$10^{-3}$
Estiraje 7	Probable	$10^{-3}$
Estiraje 8	Probable	$10^{-3}$



➤ **Resultados:**

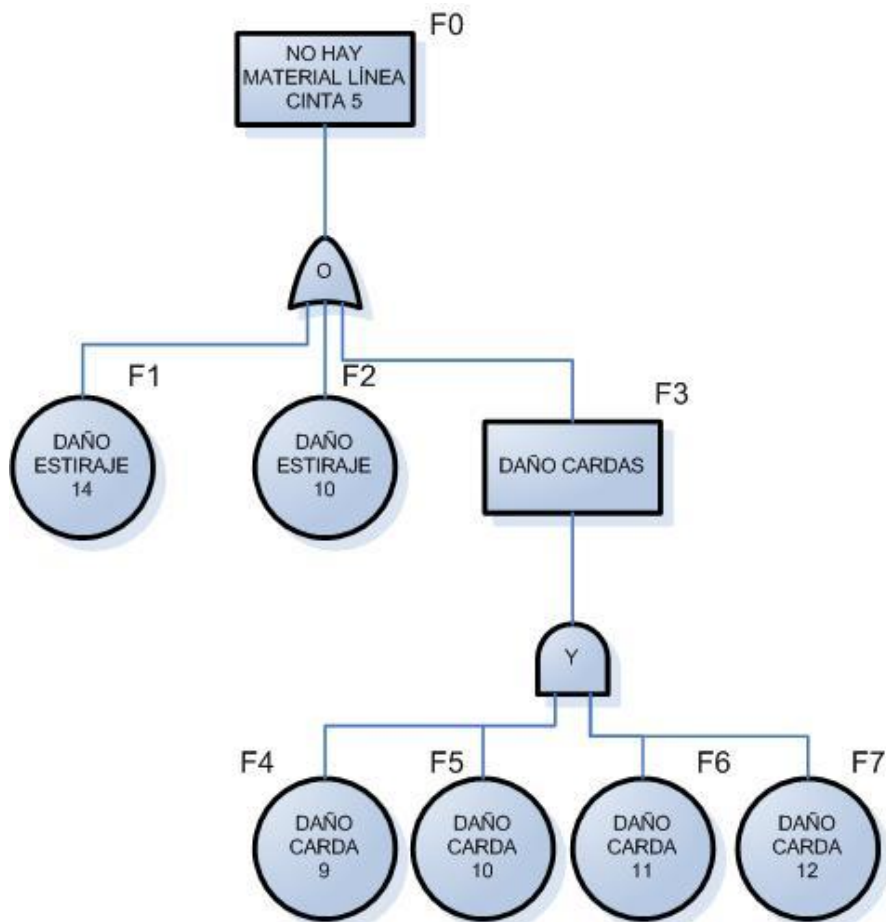
La probabilidad de fallo de la línea de producción cinta 2 se encuentra establecida por la fiabilidad del estiraje de primer o segundo paso.

Máquina	Valoración	Probabilidad Falla
F0: LÍNEA CINTA 2	$10^{-3}$	Probable

❖ **Línea cinta 5**

Máquina	Falla	Valoración
---------	-------	------------

Carda 9	Probable	$10^{-3}$
Carda 10	Probable	$10^{-3}$
Carda 11	Probable	$10^{-3}$
Carda 12	Probable	$10^{-3}$
Estiraje 14	Probable	$10^{-2}$
Estiraje 10	Probable	$10^{-3}$



➤ **Resultados:**

La probabilidad de fallo de la línea de producción cinta 2 se encuentra establecida por la fiabilidad del estiraje de primer paso.

Máquina	Valoración	Probabilidad Falla
F0: LÍNEA CINTA 2	$10^{-2}$	Muy Probable

**RESULTADOS FIABILIDAD PREPARACIÓN HILATURA**

Sistema	Valoración	Probabilidad Falla
---------	------------	--------------------

APERTURA	$10^{-6}$	Muy Improbable
LÍNEA APERTURA 1	$10^{-3}$	Probable
LÍNEA APERTURA 2	$10^{-3}$	Probable
LÍNEA CINTA 1	$10^{-3}$	Probable
LÍNEA CINTA 2	$10^{-3}$	Probable
LÍNEA CINTA 3	$10^{-3}$	Probable
LÍNEA CINTA 4	$10^{-3}$	Probable
LÍNEA CINTA 5	$10^{-2}$	Muy Probable

### **Conclusiones o recomendaciones para el mantenimiento**

Si se requiere elevar la fiabilidad del sistema mediante la intervención del mantenimiento es necesario dar más prioridad a los siguientes equipos.

- SP-MF 1 Y 2
- FILTROS
- ESTIRAJES DE PRIMER PASO en especial estiraje 14
- ESTIRAJES DE SEGUNDO PASO



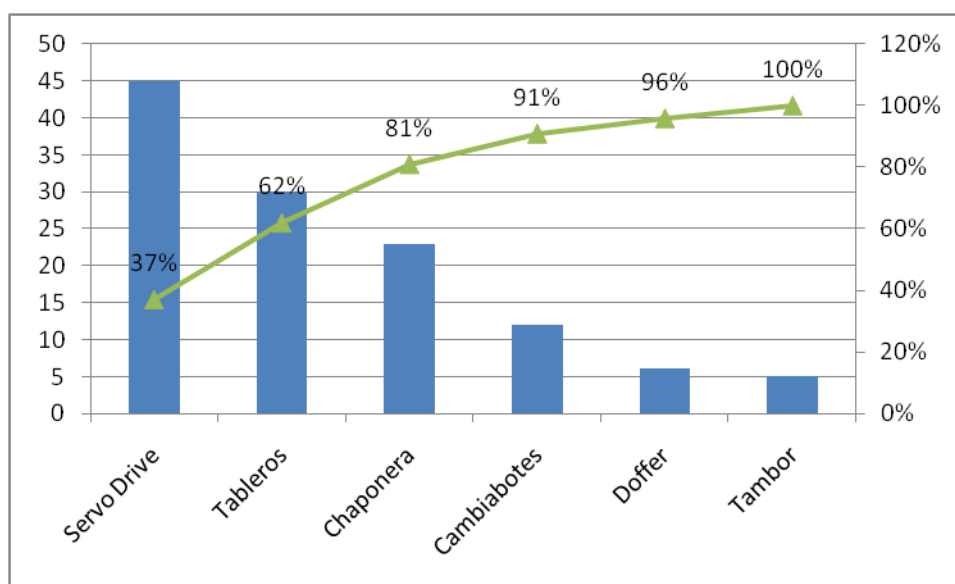
## ANEXO 3

### Herramientas de análisis de averías

- **Diagrama de Pareto**

Este diagrama permitirá establecer los principales problemas presentes en un sistema o en un conjunto de componentes; en este caso se utilizará para establecer qué componente es el que más falla, para lo cual es necesario registrar todos los fallos que se presenten y en qué componente se presentaron. El resultado de este diagrama permitirá que los recursos de Mantenimiento Industrial se concentren en los equipos con mayores problemas. A manera de ejemplo se analizará los componentes de una carda.

Diagrama de Pareto, componentes críticos carda DK903



Fuente: Repositorio Digital Mantenimiento 2016 – Vicunha Ecuador

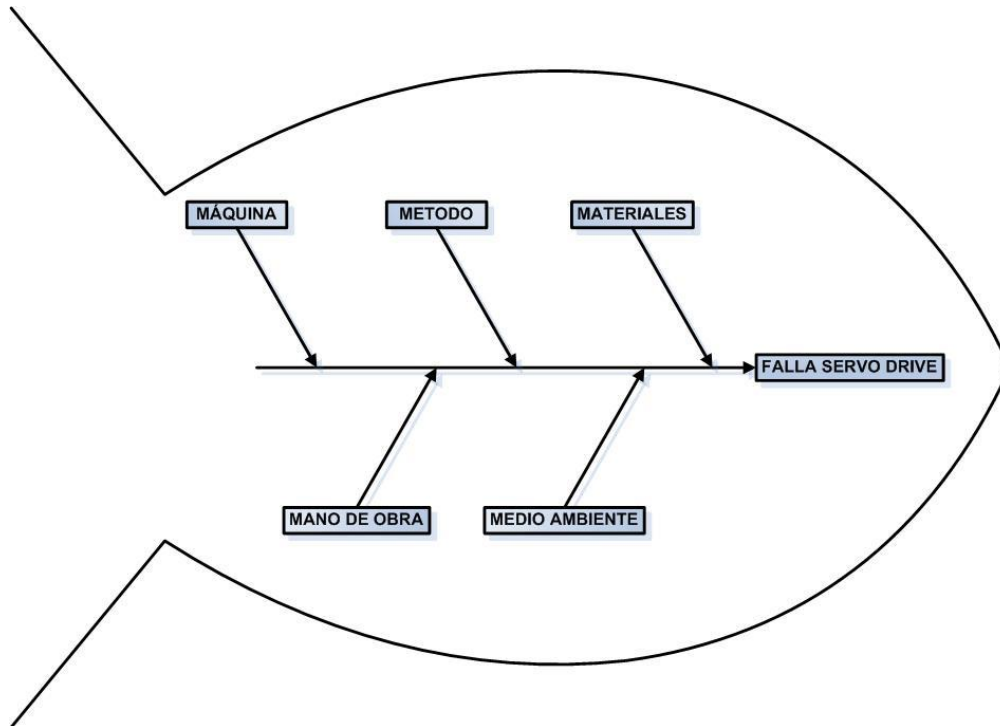
Realización: El Autor

Como se observa en el anterior gráfico los componentes a tener especial atención son el servo drive, el tablero eléctrico y la chaponera, el acumulado de estos tres da el 80%.

- **Diagrama causa efecto – Método de las 5M**

Con esta herramienta se busca establecer cuál es la causa raíz de un problema basado en el método de las 5M. En este caso se analizará al componente más crítico de la carda 803 y se estableció que es el sistema de servo drive.

Análisis Causa – Efecto. Falla Servo drive



Fuente: Relevamiento de procesos – Vicunha Ecuador

Realizado por: El Autor

- Máquina
  - Equipos con 20 años de antigüedad
- Método
  - No existe un plan de Mantenimiento Preventivo para estos equipos
- Materiales
  - En materiales no se encontraría deficiencias por que están trabajando por más de 20 años
- Mano de obra
  - No existen problemas porque el operador no tiene contacto directo con estos equipos
- Medio Ambiente
  - Altas temperaturas en los tableros provoca que los componentes electrónicos de estos equipos fallen.

- Existe demasiado polvo en el medio ambiente de trabajo de estos equipos lo que provoca que sus sistemas de enfriamiento se obstruyan.

Se han establecido las causas que provocan los continuos paros de producción de las cardas por daño en los servo drive; como se observa los problemas están asociados al tiempo de trabajo que tienen estos elementos, si se le suma el medio ambiente de trabajo que es de bastante polvo y altas temperaturas, por ello se requiere de un mantenimiento más minucioso pero que no lo tiene. Es necesario levantar un procedimiento de mantenimiento para este equipo.