



**Universidad  
de Holguín**

---

FACULTAD  
CIENCIAS EMPRESARIALES  
Y ADMINISTRACIÓN

DPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL

# PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO EN FÁBRICAS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS. APLICACIÓN EN LA FÁBRICA DE TUBOS DE HOLGUÍN (HOLPLAST)

Tesis presentada en opción al título de  
Ingeniero Industrial

**AUTOR:** Yorlan Castillo Leyva

**TUTORA:** MSc. Márian Pérez Pérez

Holguín, 2018





**PENSAMIENTO**

*“La magnitud de lo que logramos, no depende de lo que tengamos para hacerlo, sino de la intención y de lo que sepamos hacer con lo que tenemos”.*

***Ernesto Guevara de la Serna***

## *DEDICATORIA*

*Este trabajo de diploma es el resultado de cinco años de estudio, de entrega, esfuerzo, sacrificio y perseverancia, quisiera dedicárselo primeramente a Dios por siempre darnos salud, cuidarnos y bendecirnos todos los días, a mis santos **Obatalá y Yemayá** por siempre estar ahí protegiéndome, por ayudarme a llegar a la meta, por ayudarme a vencer los obstáculos y dificultades que se nos presentan en el camino de la vida y por darme la salud, la fuerza y el valor para crecerme ante ellos.*

*Al Comandante en Jefe **Fidel Castro Ruz** y a la **Revolución cubana**, por dar la posibilidad a personas de origen humilde, como yo, de poder estudiar una carrera universitaria de forma gratuita.*

*A todas aquellas personas que hicieron posible que hoy llegara al lugar donde estoy.  
A mis queridos **abuelitos Ramón y Juana**, por hacer de mí una persona íntegra, humilde, de valores y de carácter, por siempre guiar mis pasos y transmitirme sus vivencias, por estar presente en cada momento importante de mi vida, por ser mi razón de ser.*

*A mi querida **madre Caridad**, primeramente por darme como regalo la vida, por transmitirme la modestia, la honradez, el coraje y la fuerza para seguir adelante por muy difícil que sea la travesía de nuestro transcurso en la vida, por acompañarme en cada momento, por ser mi mejor amiga y mi fiel confidente, por comprenderme en los momentos más difíciles y tortuosos que he tenido. A mi difunto padre **Norberto** por darme el ser.*

*A mis Hermanos **Luis y Norberto**.*

*A mis queridos tíos **Hermes, Alberto, Ramona, Deysi, Xiomara, Celia, Mayra, Mariziña y Wilfredo**, por brindarme todo su apoyo y darme el amor y el cariño como a un hijo.*

*A mis queridos primos **Kiri, Raúl, el Michel, Yaimé, la Yandí, la Riki, Ernesto, Susi, el Nico, Keren, Ernestico, el Marqui, Inés, Gabi, el Pedri, el Jorge, Julio, Dairon, Harold y Malcon**.*

*A mis queridos sobrinos **Ana Lía, Samantha y Adriano**.*

*A mis amigos y amigas, que me ofrecieron su amistad incondicionalmente  
A toda mi familia, tanto materna como paterna, por brindarme su cariño y apoyo eternos.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mi familia, por el apoyo brindado durante toda mi vida.*

*A mis abuelitos Ramón y Juana, a mi madrecita Caridad, por confiar en mí, por sus sabios consejos y por brindarme todo el amor y el cariño para hacer realidad este gran sueño.*

*A mis Tíos y primos, por estar siempre ahí y apoyarme en los momentos que más los he necesitado, por quererme tanto y saber que siempre estarán a mi lado.*

*A las personas que han sido especiales conmigo, mi padrino Mario Luis, Idania, Daimis, Carlitos, Ernestina, Armando, Linet, Nancy, Deneris, Aleida y Yaquelin .*

*Agradezco de una forma muy especial a la Doctora en Ciencias Milagros Pérez Pravia, Decana de la Facultad de Ciencias Empresariales y Administración por siempre haber confiado en mí, por darme su apoyo incondicional en los momentos que más lo necesité, a mi querida tutora Msc. Marián Pérez Pérez por su entrega, ayuda, dedicación y paciencia para la realización de esta investigación.*

*Al colectivo de profesores que contribuyeron a mi formación como profesional, entre ellos el Dr. C. Ángel Tomás Pérez, MSc. Soima, Dra. C. Beatriz San Juan, Dr. C. Maira Moreno Pino, MSc. Laura Tellez, MSc. Ivis Taide, MSc. Ileana Tapia y MSc. Elisa Leyva.*

*A todos mis compañeros de estudio el Chino, Germán, la Deni, Yasmín, Alejandro Landrove, Luis Enrique, Lays, Mayrelis, Lili, Alina, Evenecer, Daidí, Orquidia, Celia, Liset, Arlet, Adrián, Yolanda, Ernesto, Marien, Mayarí, Guillermo, Omar, Alberto, Gilberto, Raúl, Osvaldo, Yodanis, Indira, en general, a todos mis compañeros del quinto año.*

*Al Msc. Ing. Jorge Enrique Lobañino Fernández, por su incondicional colaboración y sugerencias, que me ayudaron a mejorar mi trabajo; al colectivo de trabajadores de la Fábrica de tubos de Holguín (Holplast) entre ellos a la Ing. Xiomara Guethón, por el apoyo brindado en la recopilación de la información durante las visitas realizadas.*

*A todos aquellos que colaboraron de una u otra forma, en el desarrollo de este trabajo.....*

*Muchas Gracias!!*

## **RESUMEN**

El presente trabajo está encaminado al control del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico en Cuba, específicamente en la fábrica de tubos Holplast en la Provincia de Holguín, centrando la atención en el análisis de los fallos que se presentan en las operaciones del mantenimiento y en la carencia de un procedimiento para controlarlo. Se partió de los antecedentes y el estado actual de la temática, donde se resumen los elementos fundamentales de la investigación que permitieron abordar el problema de la falta de un procedimiento idóneo para controlar las actividades del mantenimiento en este tipo de industrias. Como objetivo se estableció elaborar un procedimiento idóneo para el control del mantenimiento teniendo en cuenta la medición, comparación y corrección de las desviaciones, con sus principales herramientas de apoyo y el ciclo de mejora continua. Entre los principales resultados se destacan el diseño del procedimiento compuesto por 4 etapas y 13 pasos, que se desarrollaron progresivamente según el escenario actual de la fábrica de tubos Holplast, haciendo énfasis en la gestión y optimización sostenida en el tiempo, de los procesos asociados al control del mantenimiento, alineado con los objetivos estratégicos de la empresa a través de la elaboración y aplicación de un cuadro de mando integral.

## **ABSTRACT**

The present work is directed to the control of the maintenance in factories of transformation of the plastic in Cuba, specifically in the factory of tubes Holplast in the Province of Holguín, centering the attention in the analysis of the failures that appear in the operations of the maintenance and in the lack of a procedure to control it. We started from the background and the current state of the subject, which summarizes the fundamental elements of the research that allowed us to address the problem of the lack of an appropriate procedure to control maintenance activities in this type of industry. The objective was to develop an appropriate procedure for maintenance control taking into account the measurement, comparison and correction of deviations, with its main support tools and the cycle of continuous improvement. The main results include the design of the procedure consisting of 4 stages and 13 steps, which progressively developed according to the current scenario of the Holplast tube factory, emphasizing the management and sustained optimization over time of the processes associated with the maintenance control, aligned with the strategic objectives of the company through the development and application of a balanced scorecard.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO</b> .....	6
1.1 Gestión del Mantenimiento.....	6
1.1.1 Definición y clasificaciones.....	7
1.1.2 Tendencias actuales.....	18
1.2 Control del mantenimiento.....	20
1.2.1 Evaluación y control.....	21
1.2.2 Técnicas más empleadas.....	23
1.3 Análisis crítico de los procedimientos para el control del mantenimiento en las fábricas de transformación de plásticos. ....	25
1.3.1 Procedimientos para el control en el mantenimiento. ....	25
1.3.2 Principales Aportes y deficiencias.....	25
1.4 Análisis del estado actual de la gestión del mantenimiento en Holplast.....	32
1.4.1 Caracterización de la Fábrica de Tubos de Holguín (Holplast).....	32
1.4.2 Diagnóstico de la gestión del mantenimiento en Holplast.....	35
1.5 Conclusiones parciales del capítulo I .....	36
<b>CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO EN LAS FÁBRICAS DE TRANSFORMACIÓN DEL PLÁSTICO. APLICACIÓN EN LA FÁBRICA DE TUBOS DE HOLGUÍN (Holplast).</b> .....	37
2.1 Procedimiento para el control del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico. ....	38
2.2 Valoración del procedimiento propuesto empleando el método de Delphi. ....	49
2.3 Aplicación parcial del procedimiento propuesto para el control del mantenimiento en la Fábrica de Tubos de Holguín (Holplast). ....	51
2.4 Conclusiones parciales del capítulo II .....	62
<b>VALORACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO, SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL</b> .....	63
<b>CONCLUSIONES</b> .....	64
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	65
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	66
<b>ANEXOS</b> .....	

## **INTRODUCCIÓN**

Los plásticos agrupan un conjunto de materiales de alta tecnología en los que se han invertido valiosos recursos, tanto financieros como humanos, para su investigación y desarrollo en general y en particular con la producción de tuberías. Estos materiales tienen un empleo cada vez más frecuente en todo tipo de aplicaciones: abastecimiento de agua, saneamiento, redes de riego y drenaje, reutilización de aguas residuales, conductoras de gas, en la industria, etc.

Las tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) han pasado de ser utilizadas exclusivamente en conductoras de pocos milímetros de diámetro, a emplearlas en la actualidad en importantes e innovadores usos, gracias a la alta tecnología que ha acompañado el desarrollo industrial de la transformación de este material, fabricando para ello tubos de diámetros cada vez mayores y de mejor calidad que se usan en Cuba y en el extranjero.

Como consecuencia de las características de las tuberías de polietileno, éstas presentan importantes ventajas respecto a otros materiales (Bailarón, 2008): peso reducido, por lo que son de fácil transportación e instalación, resistencia a suelos y agentes agresivos (no presentan oxidación, ni corrosión), bajo coeficiente de rugosidad con ausencia de sedimentos e incrustaciones, no son sensibles a las heladas, elevada resistencia a la propagación de fisuras, larga vida útil (mínimo 50 años), bajos costos de mantenimiento, múltiples sistemas de unión (soldadura, accesorios mecánicos, electrofusión) y, por último, la reciclabilidad del material.

La década de los 80 del pasado siglo, marca el comienzo del auge y desarrollo de los materiales plásticos en nuestro país. Desde sus inicios, la producción se ha caracterizado por un rápido crecimiento sustituyendo al metal, madera y cerámicos, entre otros, gracias a sus excelentes propiedades y a los bajos costos que representa su transformación (Pérez Rodríguez, 2005); (Pérez Pérez, 2016). La industria del plástico en Cuba, si bien no posee un desarrollo que la ubique en un lugar cimero en Latinoamérica y el Caribe, no está exenta de maquinaria de última generación, exhibiendo resultados que pueden catalogarse de aceptables para nuestro entorno.

El incremento de la demanda en nuestro país de objetos, piezas y componentes plásticos, origina la creciente necesidad de crear empresas para la transformación de

los materiales poliméricos. Es así que surgen las fábricas de transformación de plásticos para la producción de tuberías de PEAD de hasta 1000 mm de diámetro ubicadas en las provincias de La Habana (Hidroplast), Ciego de Ávila (Ciegoplast) y Holguín (Holplast) cubriendo las necesidades, respectivamente, de las tres regiones cubanas: occidente, centro y oriente.

El creciente desarrollo en el mundo y específicamente en nuestro país, de la industria de transformación del plástico, requiere de la implementación de acciones que contribuyan a la gestión del mantenimiento como tarea de primer orden en estas fábricas, pues es uno de los elementos impactantes en sus resultados debido a la influencia directa sobre los tiempos muertos para el área de producción, la entrega oportuna y con calidad a los clientes y la reducción de los costos asociados a los trabajos e inventarios de repuestos.

No se concibe una industria moderna, sobre todo en el ámbito de las fábricas transformadoras del plástico, que no posea una correcta política de mantenimiento, sencillamente porque de esta actividad depende la funcionalidad, disponibilidad y conservación de su estructura productiva, significando un incremento importante de la vida útil de los equipos y de sus prestaciones (Acosta Palmer, 2013). Es por ello que a la actividad del mantenimiento se le prestó especial importancia en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. Para dar respuesta a los lineamientos 6 y 220 (PCC, 2011), actualizados en el 7mo Congreso del PCC (PCC, 2016) y con el objetivo de proponer lo que sería la "Política de Mantenimiento en Cuba", en el mes de febrero del 2013 se realizó un diagnóstico a la gestión de la calidad en el mantenimiento en 82 organizaciones de 8 provincias, donde se identificaron 933 problemas vinculados con esta actividad; al repetirse las dificultades en la mayoría de las empresas evaluadas, fueron integrados en 71 problemas representando la problemática que, de manera general, afecta a esta importante actividad. La evaluación de la gestión del mantenimiento fue de 68,75 puntos que califica de **mal** el estado de las empresas seleccionadas. Los principales problemas identificados estaban relacionados con la gestión, representando el 64,78%; vale destacar que entre las principales dificultades se encontraba la carencia de un procedimiento para el control de esta actividad.

Por la necesidad de continuar la generalización del diagnóstico a otras empresas para conocer el estado técnico del mantenimiento, se realizó en el 2017 un análisis de la gestión de la calidad del mantenimiento en Holplast, donde se pudo constatar que existen las siguientes deficiencias:

1. El proceso de importación de medios y piezas de repuesto es lento y engorroso (DMP).
2. Carencia de un procedimiento específico para el control del mantenimiento (NPCM).
3. Insuficiente análisis científico (IAC).
4. Inestabilidad de suministros (IS).
5. Envejecimiento de la fuerza laboral calificada (EFL).
6. Falta de un procedimiento específico para planificar el mantenimiento (NPP).
7. Exposición de los trabajadores a altos niveles de ruido (ETEA).
8. La programación del mantenimiento se planifica pero no se realiza hasta que la producción se detiene por otras causas (PMNEOC).

De acuerdo con lo expuesto anteriormente y para definir el problema principal en esta investigación, se aplicó el método MIC-MAC (Matriz de Impactos Cruzados– Multiplicación Aplicada a una Clasificación) basado en un programa que tiene por objetivo el de ayudar en un estudio de análisis estructural que permite, a partir de una lista de variables y una matriz que representa las influencias directas entre éstas, extraer e identificar las variables claves con la ayuda de cuadros y gráficos mediante los cuales se modeliza el problema a abordar (Escobar Quijano & Franco Fernández, 2005). A continuación se identificaron los riesgos más influyentes o motrices y menos dependientes, iniciándose con la construcción de la matriz de influencias directas mediante el trabajo con expertos; luego se calculó la matriz de influencia indirecta así como su respectivo plano factorial representado en el anexo 1.

Los problemas más influyentes y menos dependientes, son los siguientes:

- Carencia de un procedimiento específico para planificar el mantenimiento (NPP).
- Falta de un procedimiento específico para el control del mantenimiento (NPCM).

A partir de este análisis, se puede concluir que el **problema profesional** de la investigación es: Carencia de un procedimiento para el control de la actividad del mantenimiento en la fábrica de transformación de plásticos Holplast.

El **objeto de estudio es** la gestión del mantenimiento. Para dar solución a la situación problemática, se define como **objetivo general**: desarrollar un procedimiento que permita el control del mantenimiento en fábricas de transformación de plásticos. El **campo de acción** lo constituye el control del mantenimiento en Holplast.

Para cumplir el objetivo general, se plantean los siguientes **objetivos específicos**:

1. Establecer los antecedentes y el estado actual de la gestión del mantenimiento, específicamente el control de esta actividad.
2. Caracterizar la gestión del mantenimiento en Holplast.
3. Aplicar, parcialmente, el procedimiento para el control del mantenimiento en Holplast.

La **idea a defender** es: el desarrollo del procedimiento para el control del mantenimiento en la Fábrica de tubos de Holguín (Holplast), contribuye a mejorar su eficacia empresarial.

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizaron los siguientes **métodos científicos**:

- **Métodos Teóricos:**

El análisis y síntesis de la información obtenida a partir de la revisión de la literatura, tanto internacional como nacional, de la documentación especializada, así como de la experiencia de especialistas y trabajadores consultados para desarrollar el procedimiento de esta investigación, llegando a establecer las pautas necesarias para el desarrollo del mismo.

- **Métodos Empíricos:**

Para la elaboración del procedimiento mediante la aplicación de encuestas, entrevistas, observación directa, método de expertos, estudio bibliométrico y el método de Delphi para validar la investigación, el trabajo en grupo (tormenta de ideas y dinámica de grupo) así como la utilización de herramientas del paquete de Microsoft Office y del gestor bibliográfico Endnote.

**Este trabajo queda estructurado de la siguiente manera:**

Para su presentación: un primer capítulo que contiene los antecedentes y el estado actual de la gestión del mantenimiento; un segundo capítulo donde se diseña el procedimiento para el control del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico, aplicándose parcialmente en la fábrica de Tubos de Holguín (Holplast).

Se presentan, además, las conclusiones y las recomendaciones derivadas de la investigación, las referencias bibliográficas y un compendio de anexos como complemento de los resultados expuestos, lo que favorece el desarrollo y la comprensión del tema propuesto.

# CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

En el capítulo, se realizará un análisis de las temáticas fundamentales que sustentan el desarrollo de esta investigación, mediante la revisión bibliográfica y otras fuentes consultadas relacionadas con el tema objeto de estudio, de forma tal que permitan comprender y explicar la esencia de este trabajo. El hilo conductor relaciona la lógica a seguir para la confección de los antecedentes y el estado actual de la gestión del mantenimiento, específicamente en el control del mismo, como se muestra en la figura 1.1



**Figura 1.1** Estrategia seguida para la elaboración de los antecedentes y el estado actual de la temática.

## 1.1 Gestión del Mantenimiento

En la literatura consultada sobre gestión, este término se asocia frecuentemente a la administración<sup>1</sup>, haciéndose referencia de que ambas son ciencias que estudian la organización que requiere una entidad empresarial para poder cumplir todos los objetivos planteados, desde el comienzo de formación de la misma.

El concepto de gestión, lleva implícito el objetivo de eficiencia por lo que la gestión implica aprovechar los recursos de modo racional y rentable, aplicando criterios de

<sup>1</sup> Para fines de esta investigación la palabra gestión tiene el mismo significado que administración.

materia y energía, lo que conlleva a tener una filosofía de ahorro y aprovechamiento sostenible (Fernández Arena, 2009). Según la Norma ISO 9000: 2008, la gestión es un conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización.

### **1.1.1 Definición y clasificaciones**

En los últimos tiempos, la actividad de mantenimiento ha sufrido transformaciones en su concepción de trabajo, pasando a ser de una actividad reactiva a una acción con enfoque proactivo, debido a que los fallos imprevistos son cada vez más costosos, con una considerable pérdida de credibilidad que a la vez es detrimento de mercado. Lo anterior es la base en que se sustenta a la actividad del mantenimiento con la visión de negocio, que lo convierte en un factor clave y de vital importancia, dentro de la estructura competitiva de la entidad.

El mantenimiento es una disciplina integradora que ha tenido un desarrollo progresivo en la industria y es el encargado de garantizar la disponibilidad del equipamiento en la empresa a un costo mínimo. No se concibe una industria moderna sin una correcta política de mantenimiento, sencillamente porque de esta acción depende la funcionalidad, disponibilidad y conservación de su estructura productiva, significando un incremento importante de la vida útil de los equipos y de sus prestaciones (Acosta Palmer 2013). Esta es la razón por la que en el mantenimiento se desarrollen técnicas y métodos para la detección, control y ejecución de actividades que garanticen el buen desempeño de la maquinaria.

Luego de analizar la bibliografía, tanto internacional como nacional, se pueden citar varias definiciones de diferentes autores, sobre el mantenimiento: Kamenitzer (1985) vincula el mantenimiento con la limpieza y lubricación de los equipos. Según Sánchez & Molina (1991), las políticas de mantenimiento tienen como fin primordial la reducción de tiempos de paradas al menor costo posible. Las más conocidas son: política de mantenimiento por avería, política de mantenimiento preventivo y política de mantenimiento predictivo. Encinas Beltrán (1994) lo define como la actividad que permite que las máquinas no solo trabajen, sino que lo hagan con eficiencia, confiablemente y con calidad. Tavares de Carvalho (1994) relaciona el mantenimiento con la tarea encaminada a incrementar la disponibilidad de los equipos. Crespo Marquéz y Sánchez Ruiz (1995) plantean que el mantenimiento está integrado por toda

una gama de políticas parciales, que pueden ser: política de mantenimiento exclusivamente correctivo, mantenimiento periódico total, mantenimiento preventivo periódico en función del tiempo de funcionamiento sin fallos y mantenimiento preventivo basado en los resultados de una inspección previa. Dounce Villanueva (1998) refiere que el mantenimiento es una de las dos grandes ramas en que se divide la conservación y se encarga de cuidar el servicio que proporcionan los recursos físicos y Sotuyo Blanco (2000), citado por Borroto Pentón (2005) plantea que es una función empresarial por medio de cuyas actividades de control, reparación y revisión, permite garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones.

En la norma venezolana COVENIN 3049-93 del 2001, la palabra mantenimiento está definida como el conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado.

La actividad de mantenimiento, independientemente de la entidad en que se desarrolle, debe lograr la reducción de las averías imprevistas y del tiempo de reparación de los activos fijos, procurando la prolongación de la vida útil de los componentes, con el correspondiente ahorro de recursos y energía y con ello reducir el costo del mantenimiento de las instalaciones, dando como resultado la mejora continua de la calidad y la eficiencia de los servicios (Borroto Pentón, 2005). Según Cuartas Pérez (2008), es el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

Fernández Arena (2009) plantea que el mantenimiento es el trabajo comprendido para cuidar y restaurar, hasta un nivel económico, todos y cada uno de los medios de producción existentes.

Según la revista de mantenimiento mundial 2009 (Donayre Velazco, 2014) ,definen el mantenimiento como las acciones necesarias para que un ítem (un componente, equipo, familia de equipos en términos generales sin tomar en cuenta su origen y/o características de fabricación) sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

De la Paz Martínez (2011), define el mantenimiento como la integración de acciones técnicas, organizativas y económicas, encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos físicos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste con el fin de alargar su vida útil económica, con una mayor disponibilidad y confiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el medio ambiente y la seguridad del personal.

En la última década, las estrictas normas de calidad certificadas que se deben cumplir, así como la intensa presión competitiva entre industrias del mismo rubro para mantenerse en el mercado nacional e internacional, han forzado a los responsables del mantenimiento en las plantas industriales a implementar los cambios que se requieren para pasar de ser un departamento que realiza reparaciones y cambia piezas y/o máquinas completas, a una unidad de alto nivel que contribuye de gran manera en asegurar los niveles de producción. Es necesario hacer notar que la actividad de “mantener”, si es llevada a cabo de la mejor manera, puede generar un mejor producto lo que significa una producción de excelente calidad, en mayor cantidad y con bajos costos (Aldana, 2014). Además, según artículo publicado y avalado por Creative Commons Attribution/Share Alike<sup>2</sup> de Estados Unidos de América (2016), el mantenimiento es definido como el conjunto de operaciones para que un equipamiento reúna las condiciones para el propósito que fue construido.

A partir de los conceptos brindados respecto al tema, el autor de esta investigación coincide con De la Paz Martínez (2011), quien en su definición tiene en cuenta los siguientes elementos: la integración de acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos físicos, para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el medio ambiente y la seguridad del personal.

### **Estudio bibliométrico de la gestión del mantenimiento en SciELO**

Para profundizar en el tema de la gestión del mantenimiento, se realizó un estudio bibliométrico de la producción científica regional de los registros bibliográficos de

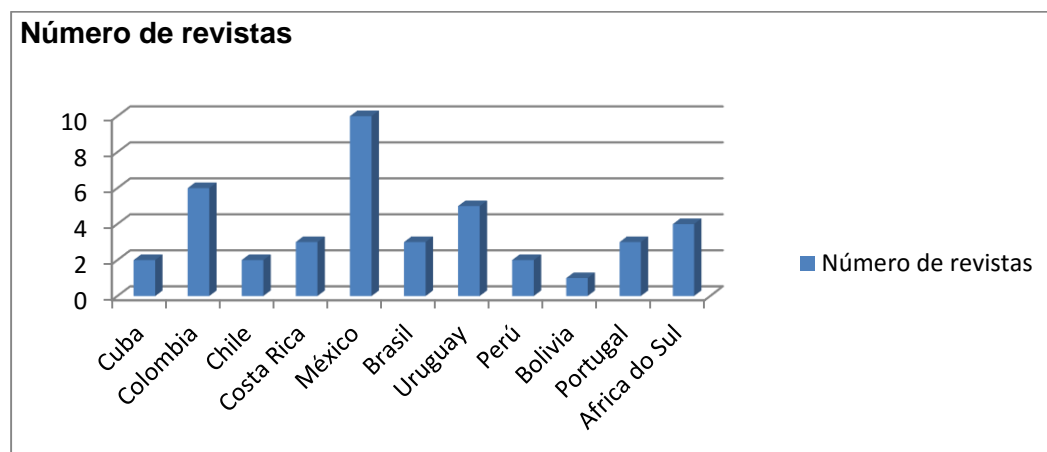
---

<sup>2</sup> Creative Commons Attribution/Share Alike es una organización sin fines de lucro dedicada a promover el acceso y el intercambio de cultura. Desarrolla un conjunto de instrumentos jurídicos de carácter gratuito que facilitan usar y compartir tanto la creatividad como el conocimiento. Su sede central se encuentra en Mountain View, en el estado de California. Wikipedia, 2018  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Creative\\_Commons](https://es.wikipedia.org/wiki/Creative_Commons))

artículos científicos relativos a la temática, indizados en la base de datos SciELO. El estudio parte, en primer lugar, de un análisis de la gestión del mantenimiento en materia de ingeniería en la red SciELO. En segundo lugar, se analiza la gestión del mantenimiento en la industria a través de la red SciELO. Para la estrategia de búsqueda se utilizó el término “gestión del mantenimiento” en los títulos y textos de los artículos publicados en las revistas, pero no se encontraron coincidencias, decidiéndose tratar el término de mantenimiento y contar solo con los relacionados al mantenimiento empresarial. Se definieron operacionalmente los indicadores que se utilizan en el estudio, entre ellos: productividad por años, productividad por revistas, indicadores personales y productividad por países. El estudio no se enmarcó en un período de tiempo, analizándose todos los artículos que se encontraron en la base de datos hasta el presente.

### **Estudio bibliométrico de la gestión del mantenimiento en la red SciELO en materia de Ingeniería**

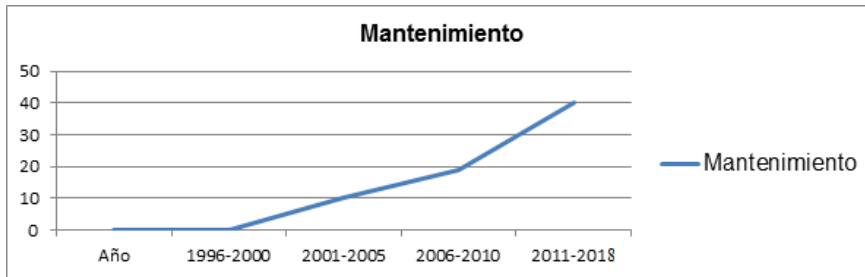
Para el estudio bibliométrico se analizaron las publicaciones pertenecientes a Ingeniería que cuenta con 41 revistas. El país con mayor representación de revistas es México con 10 para un 24,39% y le sigue Colombia con 6, para un 14,63 % (figura 1.2)



**Figura 1.2** Revistas analizadas en la Red SciELO en materia de Ingeniería.

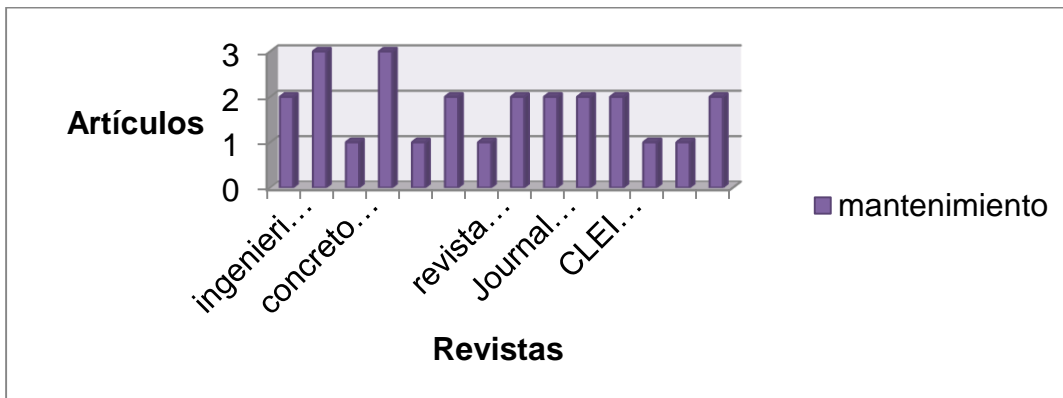
Se encontraron un total de 134 coincidencias de mantenimiento, de ellos 8 dedicados especialmente al mantenimiento empresarial, siendo los más tratados: mantenimiento centrado en la confiabilidad y mantenimiento productivo total. Se evidencia, por tanto, un escaso tratamiento de la gestión del mantenimiento en la red SciELO, en materia de Ingeniería.

**Productividad por años** La distribución por quinquenios de los artículos relacionados con la gestión del mantenimiento, permitió evaluar las tendencias de las investigaciones (figura 1.3); se observó un incremento muy lento de las publicaciones, en las que se obtuvo la mayor productividad en el período 2001-2018. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de la línea de tendencia polinomial de tercer orden, refleja que puede utilizarse la curva como referencia al presentar un buen ajuste.



**Figura 1.3** Tendencia de las publicaciones de la gestión de mantenimiento empresarial en la red SciELO en Ingeniería

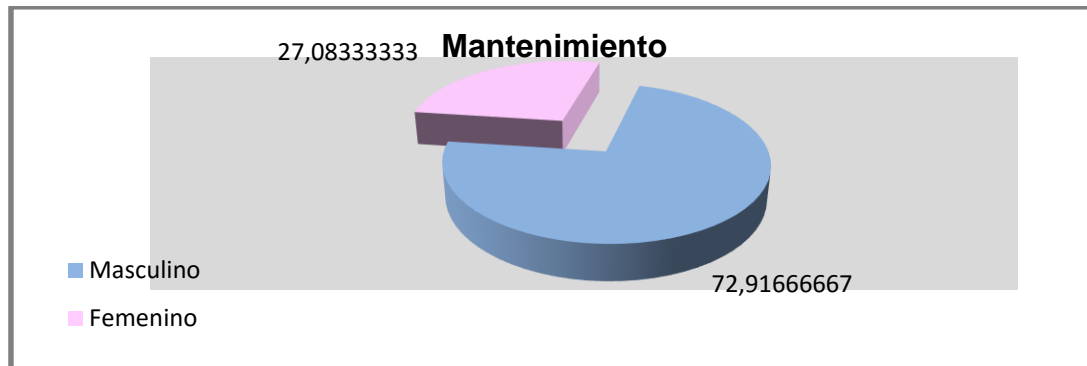
**Productividad por revistas** Las revistas en las cuales se publicaron resultados de las investigaciones sobre la gestión del mantenimiento empresarial, se muestran en la figura 1.4; se observa que las revistas que más se destacaron fueron: Journal of Technology Management & Innovation, Journal of Aerospace y Technology and Management pertenecientes a Chile y Brasil, respectivamente, con 3 artículos cada una.



**Figura 1.4** Revistas en las que se publicaron artículos relacionados con la gestión del mantenimiento empresarial.

**Indicadores personales.** Para seguir estudiando las características del grupo científico se hace alusión al indicador relacionado con el género del investigador, variable que es

muy estudiada en la comunidad científica. En la figura 1.5, se observa una participación en la gestión del conocimiento tanto de hombres como de mujeres, aunque el sexo masculino tiene una mayor representación.



**Figura 1.5** Distribución del sexo de los autores

**Productividad por países** Entre los países más destacados dentro de la producción científica sobre la temática estudiada se encontraron Cuba y Chile, concentrándose en estos un 71,01% de las publicaciones analizadas (tabla 1.1). En un segundo bloque figuraron Uruguay, Costa Rica y Brasil.

**Tabla 1.1** Productividad por países

País	Mantenimiento
<b>Cuba</b>	24
Portugal	1
Colombia	1
<b>Chile</b>	25
<b>Costa Rica</b>	4
Perú	1
México	1
Bolivia	0
South Africa	3
<b>Brasil</b>	5
<b>Uruguay</b>	4
<b>Total</b>	<b>69</b>

Como se puede apreciar en el estudio bibliométrico sobre la gestión del mantenimiento en la base de datos SciELO, se demostró que la evaluación del comportamiento de la temática relacionada con el mantenimiento empresarial y su gestión a través de la producción científica, ha tenido una insuficiente evolución.

### **Tipos de mantenimientos**

En la actualidad las dos técnicas de mantenimiento que están dando los resultados más eficaces para lograr la implantación de la eficiencia industrial, son el Mantenimiento Productivo Total (TPM por su siglas en inglés) que persigue el mejoramiento continuo de la productividad con la participación de todos los trabajadores de la empresa y el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM por su siglas en inglés) que busca optimizar el mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad operacional de los equipos.

### **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

El TPM es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo de la industria que permite, con la participación de todo el personal, tener equipos de producción siempre listos. Su metodología, soportada por varias técnicas de gestión, establece algunas estrategias adecuadas para mejorar la productividad empresarial. Crea una organización que previene todo tipo de pérdidas y asegura cero defecto y cero fallo durante toda la vida útil de los sistemas productivos; deben involucrarse todos los departamentos incluyendo desarrollo, ventas y administración. Según García, 2005, este sistema persigue las cinco metas siguientes:

1. Mejora de la eficacia de los equipos.
2. Mantenimiento autónomo por operadores.
3. Planeación y programación óptima de un sistema preventivo – predictivo.
4. Mejoramiento en la habilidad operativa.
5. Gestión temprana de equipos para evitar problemas futuros.

### **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**

El RCM es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional (Moubray, 1991). Se originó en la industria de la aviación civil de los Estados Unidos a finales de la década del 60 del pasado siglo y ayuda al personal de mantenimiento a seleccionar las mejores

prácticas para garantizar la confiabilidad de las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas.

Es un enfoque sistémico que permite diseñar programas que aumenten la confiabilidad de los equipos con un mínimo de costo y riesgo; para ello combina aplicaciones técnicas de mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y proactivo mediante estrategias fundamentadas técnicas y económicamente, lleva a mejoras rápidas sostenidas y sustanciales en la disponibilidad y confiabilidad de planta, calidad del producto y seguridad e integridad ambiental (Labañino, 2013).

Entre los tipos de mantenimientos que se utilizan por las empresas de transformación del plástico, se encuentran los siguientes:

**El Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM):** es un sistema para la organización, planificación y control del mantenimiento industrial que se caracteriza por integrar armónicamente más de uno de los sistemas de mantenimiento conocidos, en calidad de subsistemas del mismo. Estos sistemas serán aplicados a los diferentes equipos individuales o grupos homogéneos de equipos en función de sus características tecnológicas y otros elementos (Velásquez, O. J., 2017).

En particular, el SAM propuesto para la industria cubana incluye:

- Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).
- Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico.
- Mantenimiento Correctivo.

**El SAM presenta las propiedades siguientes:**

1. Flexibilidad, o capacidad de asimilar de manera rápida los cambios provenientes de la producción principal y de otros clientes (entorno) adaptándose a estos, por lo que permite, por ejemplo, cambiar un medio básico de un subsistema de mantenimiento a otro que se adapte mejor a sus cualidades o a las circunstancias presentes.

2. Racionalidad, o capacidad de desarrollar sus funciones y cumplir sus objetivos con los recursos necesarios y a un costo razonable, con lo cual disminuye considerablemente el trabajo burocrático en relación con el Sistema de MPP.

3. Apertura, o capacidad de relacionarse con el resto de los sistemas de la empresa tales como: producción, calidad, contabilidad, recursos humanos y aprovisionamiento, lo cual le permite asimilar, de manera rápida, los cambios del

entorno adaptándose a estos.

4. Sinergia, o capacidad para involucrar a todos en el cumplimiento de sus objetivos y en el alcance de sus metas. El sistema debe permitir la creatividad y la innovación así como apoyar y estimular las ideas y sugerencias de los involucrados.

5. Simplicidad, o diseño sencillo y estructurado que, con la participación de todos, permita la comprensión de su funcionamiento, aun cuando el mantenimiento maneja generalmente muchas variables simultáneamente.

6. Fiabilidad, o capacidad de funcionar continuamente sin obstaculizar el proceso de toma de decisiones aunque no se encuentre automatizado.

7. Posibilidad de ser automatizado: todo el tratamiento informacional del sistema es posible de ser automatizado y, de hecho, ya existen algunas experiencias en este sentido.

8. Mejora continua: el sistema no debe considerarse como un producto acabado. Su flexibilidad y sinergia permiten que pueda ser modificado y mejorado continuamente sin perder sus cualidades. La propiedad de mejora continua del SAM, está dada por su capacidad de ser mejorado como proceso a partir de la retroalimentación de la información que se obtiene de cada análisis de sus resultados en la rutina (Velásquez, O. J., 2017).

### **Mantenimiento reactivo o correctivo**

El mantenimiento correctivo es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realiza cuando aparece el fallo. Este tipo de mantenimiento es importante porque no se puede tener un sistema de gestión de mantenimiento si no contamos con un sistema de mantenimiento correctivo eficiente. Aunque con un buen sistema de mantenimiento las averías son mínimas, éstas siempre van a existir. Un modelo que este 100% orientado a evitar los desperfectos, tendrá muchos problemas cuando las fallas aparezcan y no puedan ser solucionadas rápidamente.

Desventajas.

- El fallo puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces el menos oportuno debido, justamente, a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

- Asimismo, fallos no detectados a tiempo, ocurridos en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso coste, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexas que se encontraban en buen estado de uso y conservación.
- Se debe disponer de un capital importante invertido en piezas de repuesto (Velásquez, O. J., 2017).

### **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo tiene como propósito general, prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. Se realiza antes de que ocurran las fallas o averías, bajo condiciones controladas y sin la existencia de errores en el sistema.

El mantenimiento preventivo mantiene en funcionamiento los equipos mediante la supervisión de planes a realizarse en puntos específicos. Este mantenimiento también es conocido como mantenimiento planificado, mantenimiento proactivo o mantenimiento basado en el tiempo pues se trabaja con datos de los fabricantes o con estadísticas sobre las fallas más comunes en los equipos; aquí el término “planificado” es la base del significado del mantenimiento preventivo. Este genera un conjunto de planes que deben realizarse en fechas pre-programadas, siendo estos planes muy completos debido a que en estos se detallan todos los materiales, las herramientas y los repuestos a emplearse en dicho mantenimiento, también se tiene el detalle del personal técnico y el personal a cargo de la reparación. Este mantenimiento evita las paradas no programadas, las cuales se generan debido a que el personal está acostumbrado a hacer trabajar las máquinas por largos períodos de tiempo sin efectuar mantenimiento gracias a la velocidad que poseen al reparar las fallas bajo presión.

El mantenimiento preventivo tiene como propósito general prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. Se realiza antes de que ocurran las fallas o averías, bajo condiciones controladas y sin la existencia de errores en el sistema.

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Seguridad: las obras e instalaciones sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad.

- Vida útil: una instalación tiene la vida útil mucho mayor que la que tendría con un mantenimiento correctivo.
- Costos de reparaciones: es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo.
- Carga de trabajo: la carga de trabajo para el personal de mantenimiento preventivo es más uniforme que en un sistema de mantenimiento correctivo.
- Aplicabilidad: Mientras más complejas sean las instalaciones, mayores serán las necesidades del mantenimiento preventivo.

### **Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo consiste en determinar en todo instante las condiciones técnicas reales de los equipos, mientras estén en pleno funcionamiento, a través del monitoreo sistemático de sus parámetros más importantes con el objetivo de disminuir las paradas por mantenimientos preventivos para minimizar los costos de mantenimiento. Se realiza luego de hacer un seguimiento a algunas de las más importantes variables en los equipos. Estas variables, son medidas en intervalos de tiempo definidos para poder pronosticar la falla del equipo y realizar el mantenimiento antes de que ocurra la parada no programada. Las variables más comunes a analizar son: la temperatura, la presión, la cantidad de partículas presentes en el aceite usado, el ruido, la vibración, ensayos no destructivos con tintes penetrantes o por ultrasonido.

Ventajas del mantenimiento predictivo:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Permite la verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permitiendo confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Permite conocer, con exactitud, el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compras de nuevos equipos.

- Permite el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

Con respecto a la actividad de mantenimiento, son múltiples los factores a tener en cuenta: objetivos, funciones, formas de ejecutarlo, de organizarlo, de dirigirlo, métodos a seguir así como el sistema a aplicar. En la actualidad se procura el perfeccionamiento de estos factores y entre ellos, en particular, el relacionado con el sistema de mantenimiento a aplicar el cual debe garantizar una alta confiabilidad operacional de los equipos, con el mínimo costo.

A partir de lo analizado se coincide con Velázquez Pérez, 2014, que plantea que el SAM está enfocado a la reducción de los costos de producción, garantizando niveles de calidad conformes con las exigencias de los clientes a partir del funcionamiento eficiente del equipamiento tecnológico y la mejora de la infraestructura, garantizando una asistencia técnica eficaz a través de una adecuada formación y gestión de competencias, constituyendo así una herramienta para la planificación, el aseguramiento, control y perfeccionamiento de la industria. Todo esto establece el compromiso de documentar e implementar el SAM con vista a mantener el equipamiento tecnológico en condiciones óptimas.

### **1.1.2 Tendencias actuales**

La gestión del mantenimiento tiene como fin planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades necesarias para obtener y conservar un apropiado costo del ciclo de vida de los activos para así obtener unas ventajas competitivas adecuadas, tratando de asegurar la competitividad de la empresa para que logre sus objetivos; por esto se afirma que "...una adecuada gestión del mantenimiento en el marco de un desarrollo tecnológico creciente y de una política de personal orientada hacia la calidad, ayuda a mejorar la productividad bajo la forma de un incremento en la rentabilidad" (Torres García, 2005 & Velázquez Pérez, 2014). Al respecto, Fuentes del Olmo & Hernández (1999) citado por Borroto Pentón (2005), Pérez-Pérez (2016), plantean que "...algunos análisis sobre la efectividad de la gestión del mantenimiento indican que un tercio de todos los costos de mantenimiento se deben a una mala gestión".

## **Ciclo de gestión del mantenimiento**

### **La planificación del mantenimiento**

Se denomina planificación del mantenimiento al conjunto de actividades que, a partir de las necesidades del mantenimiento, definen el curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los medios para asegurar su oportuna disponibilidad. En la planificación del mantenimiento se le debe dar respuesta a la pregunta ¿qué hacer? (Araujo Angarita, 2006). La planificación debe cubrir los siguientes aspectos: planes de mantenimiento, el manejo de repuestos y partes componentes, contratistas, los recursos humanos y los recursos físicos y financieros.

### **La organización del mantenimiento**

Para organizar el mantenimiento se debe contar con el recurso humano necesario que permita satisfacer eficientemente los requerimientos del departamento que dirige esta actividad, con líneas de mando y áreas de responsabilidad bien definidos.

La estructura del departamento varía de acuerdo a muchos factores, entre los cuales podemos mencionar los siguientes: tamaño de la empresa (pequeña, mediana y grande); tipo de producción (bienes y/o servicios); tipo de proceso productivo teniendo en cuenta que existen algunas tecnologías que ocupan muchas máquinas pequeñas y otras con muy pocas máquinas generalmente grandes. Otro factor importante es dimensionar la variedad de tareas que comprende el área de mantenimiento.

### **La ejecución del mantenimiento**

La ejecución del mantenimiento puede realizarse por medios propios, por contratación de los trabajos a terceros (outsourcing) o, como es bastante común, contratar una parte y el resto ejecutarlo por medios propios, combinación conocida como mixta.

Son varios los autores que han tratado el tema de la contratación del mantenimiento, analizando los pro y los contra de la tercerización (Corretger Rauet, 2001), teniendo en cuenta que la contratación, o no, del mantenimiento, se desarrolla a través de un proceso de toma de decisiones estratégicas (Dunn García, 2000) citado por Borroto Pentón (2005).

En Cuba existe poca cultura sobre la tercerización del mantenimiento. Las fábricas productoras del plástico no escapan a este problema, aunque tienen algunos servicios

de mantenimiento tercerizados como la reparación de infraestructura; los demás se realizan con los medios que posee la empresa.

### **El control del mantenimiento**

El control en su planteamiento global como una función de la administración, es de las tareas que más se han descuidado. Sin embargo, ella representa un elemento clave dentro del proceso de administración al contribuir de forma decisiva a mejorar las actuaciones de la empresa (Nogueira Rivera, 2004).

El autor de este trabajo concuerda con Pérez Pérez (2016), que define en su tesis de maestría que la gestión del mantenimiento abarca el cumplimiento de un conjunto de funciones estratégicas y que deben ser de estricto cumplimiento: la planificación, la organización, la ejecución y el control. En el próximo epígrafe se realizará un análisis más profundo de este último aspecto.

#### **1.2 Control del mantenimiento**

Es importante evaluar y controlar el mantenimiento ya que, sencillamente, se necesita saber cuán eficiente es la aplicación de la política de mantenimiento que se ha planificado para el entorno productivo de la empresa.

Además, una buena política para controlar y evaluar la gestión del mantenimiento en la entidad resulta de la implantación, estudio y análisis de una serie de indicadores de gestión, pues la toma de los datos necesarios y el posterior cálculo de los indicadores, permite la comparación de los resultados con las metas establecidas por la empresa.

El análisis debe tener observaciones negativas que deben estar acompañadas de sugerencias de alternativas para mejorar, por lo que deben ser discutidas con los supervisores del área de ejecución del mantenimiento antes del registro en el informe de análisis.

Es válida la colocación de valores comparativos, entre períodos diferentes o valores promedios obtenidos en el año anterior, para su examen respecto a los resultados de disposiciones gerenciales, tomadas en función de análisis anteriores y, por último, establecer metas para la mejora de los índices junto con el área ejecutante.

### **1.2.1 Evaluación y control**

Se denomina **evaluación** a la acción y efecto de evaluar. La palabra, como tal, deriva de evaluar, que a su vez proviene del francés évaluer, que significa determinar el valor de algo. La evaluación es la acción de estimar, calcular o señalar el valor de algo.

#### **La evaluación del mantenimiento**

La evaluación del mantenimiento es el proceso que tiene como finalidad determinar el grado de eficacia y eficiencia<sup>3</sup> con que han sido empleados los recursos destinados a alcanzar los objetivos previstos, posibilitando la determinación de las desviaciones y la adopción de medidas correctivas que garanticen el cumplimiento adecuado de las metas propuestas. Se aplica antes, durante y después de las actividades desarrolladas. Además, es la fase del proceso administrativo que hace posible medir, en forma permanente, el avance y los resultados de los programas para prevenir desviaciones y aplicar correctivos cuando sea necesario, con el objetivo de retroalimentar la formulación e instrumentación de la evaluación de las actividades del mantenimiento, lo que permitirá tomar decisiones y establecer metas. Por tanto, deben ser creados informes concisos y específicos formados por tablas de índices, teniendo en cuenta que algunos deberán estar acompañados de sus respectivos gráficos que permitan un fácil análisis adecuado a cada nivel de gestión.

Por otro lado, el autor coincide con Borroto Pentón (2005) que concuerda con Larralde Ledo (1994) y Pérez-Pérez (2016) de que existen diferentes formas de evaluar la gestión del mantenimiento aunque todas ellas pueden resumirse en dos grandes grupos:

- Medición de resultados a partir del cálculo y análisis de indicadores del mantenimiento.
- Valoración del desarrollo mediante control directo, principalmente a través de auditorías.

#### **Control del Mantenimiento**

---

Los conceptos de eficiencia y efectividad se utilizan en el contexto del mantenimiento, donde la efectividad se refiere a la medida en que se cumplen los objetivos definidos para el proceso, mientras que la eficiencia es una medida de economía en la cual los recursos son utilizados para cumplir los objetivos establecidos (Koontz and Wehrich, 2003).

Según la ISO 9000/2015 Eficacia es el grado en que se realizan las actividades planificadas y se logran los resultados planificados

Existen varias definiciones sobre control expresadas por diferentes investigadores y estudiosos del tema. Entre ellas destacan las siguientes:

Hernández Torres (1998), lo define como “un proceso que sirve para guiar la gestión hacia los objetivos de la organización y un instrumento para evaluarla. Un medio para desplegar la estrategia en toda la organización y evaluar su desempeño”.

El término control se asocia al conjunto de métodos y procedimientos que, con la finalidad de cumplir los objetivos estratégicos, incorpore la dinámica de la mejora, el carácter participativo de la dirección, aproveche las potencialidades de los individuos y proceda de forma preventiva, buscando las vías y métodos de la eficiencia. Es la función especializada en lo económico de la empresa, posee elementos formales y no formales, está presente en todos los niveles de la organización y requiere de un diagnóstico permanente (Nogueira Rivera, 2002).

Sintetizando lo anterior, puede entenderse que el control es el proceso encargado de medir los resultados y compararlos con los planes. Es un instrumento que sirve para diagnosticar las causas de las desviaciones. A través de él se toman medidas para regular y corregir el proceso. Constituye, además, una herramienta para cumplir los objetivos estratégicos por lo que lleva un seguimiento permanente tanto a corto como a largo plazo.

El control del mantenimiento se puede definir como los criterios que se utilizan para la inspección de actividades programadas y no programadas, las solicitudes, órdenes de trabajo y gestión de los servicios, con criterios de control de equipos de inspección, medición y ensayos.

Cuando el objeto de control es la organización del mantenimiento, debe controlarse la planificación y la ejecución del mismo, de manera que se comience desde el momento en que es recibido el programa o un requerimiento de mantenimiento, incluyendo la preparación del trabajo, hasta la verificación del correcto funcionamiento del equipo luego de la ejecución de las tareas concretas planificadas. Además, las órdenes de trabajo son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad de mano de obra y equipos que posean dichas entidades.

Debido a la importancia de este tema, son numerosos los autores que lo han tratado (Nogueira Rivera, 2004; Borroto Pentón, 2005; Acosta Palmer, 2012) y existe concordancia entre lo abordado por ellos.

### **1.2.2 Técnicas más empleadas**

#### **Análisis del Modo de Efectos y Fallos (AMEF)**

Un AMEF es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema (sitio web 1, 2012). Las causas de los fallos pueden ser cualquier error o defecto en los procesos o diseño, especialmente aquellos que afectan a los consumidores y pueden ser potenciales o reales.

Si bien los análisis AMEF tienen muchas variantes según los sectores de que se traten, en todos ellos su desarrollo e implantación se basa en cuantificar y calificar los efectos inducidos por los fallos, priorizando las acciones según los niveles de riesgos que tienen sus repercusiones. La metodología AMEF es similar en todas sus variantes. Su génesis partió de la segunda mitad de los años 80 en la industria del automóvil en la Federación Alemana Verband der Automobilindustrie y en la industria aeronáutica, y su objetivo fue analizar las fases de diseño o desarrollo de nuevos productos, los procesos fabriles asociados y los sistemas de puesta en marcha, venta y explotación. Es evidente que su aplicación en el mantenimiento precisa de una cierta adecuación a las peculiaridades de esta actividad (Labañino, 2013).

#### **Matriz OVAR**

La matriz OVAR constituye una herramienta de control de gestión táctica operativa que, combinada con el Cuadro de Mando Integral (CMI), contribuye a la implementación y control de las estrategias y a la integración del sistema de decisiones estratégicas, tácticas y operativas, propiciando la participación real del hombre en el proceso de toma de decisiones.

#### **Mapa estratégico del Cuadro de Mando Integral**

Un mapa estratégico es una descripción integrada y lógica de la forma en que se llevará a cabo una estrategia; indica las relaciones causa-efecto relativa a los recursos y capacidades de la empresa que deben conducir a los resultados estratégicos deseados. Los mapas estratégicos proporcionan los cimientos sobre los que se construyen los

cuadros de mando vinculados a la estrategia. En este sentido, esta tarea consiste en la confección del mapa estratégico a partir de la alineación realizada, estableciendo las relaciones entre las diferentes acciones a ejecutar según las perspectivas financieras del cliente, de los procesos y del aprendizaje.

### **Indicadores**

Diferentes autores se han referido al tema de los indicadores del mantenimiento, proponiendo índices generales y particulares en dependencia del objeto de control. Algunos presentan una larga lista de indicadores (Pérez Jaramillo, 1992; Portuondo Pichardo & Pérez Tejeda, 1994, Gusmão, 2001; Durán, 2002; Dunn, 2004) mientras otros concretan el listado, como Nakajima (1988) quien propone controlar la efectividad del TPM a partir de la valoración de tres indicadores: disponibilidad, cumplimiento o desempeño de la eficiencia y razón de calidad, así como del producto de ellos, al que denomina indicador de efectividad global del equipamiento. Fucci (2000), define varios indicadores de efectividad del mantenimiento: la disponibilidad, el tiempo medio entre fallos, los costos de mantenimiento y la calidad del mismo así como una tasa de efectividad del mantenimiento. Sin embargo y según Larralde Ledo (1994), los indicadores del mantenimiento pueden clasificarse en dos grandes grupos: indicadores de comportamiento del mantenimiento (ICM) e indicadores del estado técnico de los equipos y sistemas (IET).

### **Cuadro de mando integral (CMI) en el mantenimiento.**

El CMI es una herramienta revolucionaria para movilizar a las personas hacia el pleno cumplimiento de la misión a través de conducción de las energías, habilidades y conocimientos específicos de las personas en la organización encaminadas al logro de metas estratégicas a largo plazo. Permite tanto guiar el desempeño actual, como apuntar al desempeño futuro. Usa medidas en cuatro categorías -desempeño financiero, conocimiento del cliente, procesos internos de negocios y aprendizaje y crecimiento- para alinear iniciativas individuales, organizacionales y transdepartamentales e identifica procesos enteramente nuevos para cumplir con los objetivos del cliente y accionistas. El CMI es un robusto sistema de aprendizaje para probar, obtener retroalimentación y actualizar la estrategia de la organización. Provee el sistema gerencial para que las compañías inviertan en el largo plazo en clientes,

empleados, desarrollo de nuevos productos y sistemas para obtener utilidades a corto plazo. En resumen, cambia la manera en que se mide y maneja una empresa.

### **1.3 Análisis crítico de los procedimientos para el control en el mantenimiento en las fábricas de transformación de materiales plásticos.**

#### **1.3.1 Procedimientos para el Control en el mantenimiento.**

El presente epígrafe muestra un acercamiento a las metodologías para la evaluación y control de la gestión del mantenimiento, investigado por este autor, donde a través de la revisión de la literatura, tanto nacional como internacional, se evidencia que con respecto al tema en cuestión aparecen varias propuestas metodológicas, aunque ninguna referente a las fábricas de transformación de materiales plásticos (ver tabla 1, anexo 2).

#### **1.3.2 Principales aportes y deficiencias**

A continuación se exponen los principales aportes y deficiencias de las metodologías antes mencionadas (tabla 1.2).

**Tabla 1.2.** Principales aportes y deficiencias en las metodologías para el control del mantenimiento.

<b>Año</b>	<b>Autor</b>	<b>Aportes</b>	<b>Deficiencias</b>
1999	Sanín, H. A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfoque integral, disciplinado y cuantitativo para evaluar y controlar el mantenimiento, tanto en la fase operativa del ciclo de vida como en la fase de desarrollo.</li> <li>• El Manual aporta un modelo llamado Tablero de Control Gerencial que consta de cinco etapas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se centra en la alta gerencia.</li> <li>• Se centra en la fase operativa y es muy específico.</li> </ul>
2008	Turmero Astros, I. J.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establece y normaliza los indicadores para las cuatros etapas de este procedimiento.</li> <li>• Determina el nivel de desempeño de las actividades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se fundamenta en una norma del año 1993 que está desactualizada.</li> <li>• No se ven acciones preventivas y correctivas</li> </ul>
2008	Turmero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Da una ventajosa importancia al</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se basa en una norma</li> </ul>

	Astros, I. J.	entorno organizacional.	del año 1993 que está desactualizada.
2009	García Monsalve, G. González, H., Cortés, E.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta Metodología llamada “5QS” para el diseño e implementación de planes de mantenimiento consta de cinco fases</li> <li>• Esquematiza un proceso en espiral para la evaluación global y cíclica del proyecto de mantenimiento mediante la metodología “5QS”</li> <li>• Esta metodología es aplicable a cualquier organización con el objetivo de diseñar e implementar cualquier proyecto a escalas superiores siguiendo las diferentes fases con las que cuenta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se basan en normas desactualizadas.</li> </ul>
2009	González Balanta, I. A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promueve la reducción de costos del mantenimiento del 10,5 al 7%, como estándar internacional caracterizado por la aplicación de la Metodología de Riesgo.</li> <li>• Indica la diferencia de riesgo que existe entre conglomerados industriales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólo se basa en la metodología de riesgos.</li> <li>• Se aplica a países capitalistas con características organizativas diferentes.</li> </ul>
2009	Fernández Armas, E.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aporta un procedimiento de evaluación y control de la gestión de mantenimiento para los servicios técnicos en hoteles del polo turístico de Matanzas.</li> <li>• Se diseña un Indicador General</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aunque es una metodología que vincula la evaluación y el control en la gestión del mantenimiento se centra solo en los servicios</li> </ul>

		<p>para evaluar la gestión del mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta un protocolo que permitió la formulación de los aspectos y sub-aspectos, mínimos indispensables para evaluar y controlar la gestión del mantenimiento en instalaciones hoteleras.</li> </ul>	<p>técnicos en instalaciones hoteleras.</p>
2009	<p>Basabe Díaz, F., Bejerano García, M.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escoge la implementación de una gestión de mantenimiento basada en las estrategias IRAN<sup>4</sup> y predictiva que permite adelantarse a las fallas evitando las consecuencias que generen sobrecostos, demoras en los procesos, productos no conformes y accidentes laborales para la cantera Salitre Blanco debido a los posibles fallos.</li> <li>• Plan propuesto de mantenimiento para la Cantera.</li> <li>• Incluye la maquinaria que identifican como la prioritaria en el proceso a partir del índice ICGM, la jerarquización y los costos relacionados con las actividades de Mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene en cuenta las oportunidades de mejora, analizadas para implementarlas como parte fundamental de un plan de gestión de mantenimiento total.</li> </ul>
2010	<p>Droguería Holguín</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta metodología tiene como soporte los lineamientos de la Política</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No implementa las medidas de seguridad</li> </ul>

<sup>4</sup> IRAN (Inspect And Repair As Neccesary): como sus siglas en inglés lo indican se trata de hacer una inspección programada para determinar una falla inminente. Se debe entonces reparar o reemplazar antes de la falla y combinar actividades de servicio al equipo como lubricación (Basabe Díaz y Bejerano García, 2009).

		<p>Social y Económica aprobados en el último Congreso del Partido Comunista de Cuba.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este procedimiento demostró su viabilidad y utilidad práctica como un instrumento que favorece el control del mantenimiento de los equipos involucrados en la distribución</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene en cuenta las medidas preventivas</li> </ul>
2010	Romero, C. A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propone acciones correctivas de acuerdo con los análisis realizados en el procedimiento.</li> <li>• Valida los correctivos de acuerdo a los análisis realizados.</li> <li>• Logra una disminución en los costos y operaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No realiza planes de mantenimiento para los equipos.</li> <li>• No define las rutinas donde se emplean los tipos de mantenimientos para evitar las paradas inesperadas.</li> </ul>
2011	Secretaría de hacienda, Mexico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La metodología consta de tres partes o escenarios en los cuales, para cada uno de ellos, se describen las variables que intervienen en la determinación de oferta y demanda, cómo estas interactúan entre sí y cómo se relacionan con la problemática a resolver.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una metodología basada en un documento exclusivamente informativo por lo que no se rige por ninguna disposición o norma jurídica.</li> </ul>
2012	Bontumps, W.H. y Burlando, B.D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propone un método de normalización mediante la elaboración de especificaciones técnicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solamente tienen en cuenta las características a controlar y el proceso de extrusión, pero no definen aspectos y variables.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tampoco la estructuran como una metodología con pasos y tareas.</li> </ul>
2012	TBA Facilities, Barcelona, España	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta metodología aporta un modelo de cinco pasos a seguir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se centra en la parte de los servicios, infraestructura y proveedores y no así en la parte tecnológica.</li> <li>• Es solo aplicable a empresas que prestan servicios de mantenimiento a terceros.</li> </ul>
2013	García Gómez, A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aporta un modelo para la gestión de contratos de servicios que consta de seis etapas.</li> <li>• Metodología diseñada con requisitos exclusivos para la selección de proveedores del área de mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodología diseñada para países capitalistas con características organizativas distintas.</li> <li>• Se centra solo en la selección de proveedores.</li> </ul>
2013	Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpol, F., Barbera, L., Crespo, A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta un modelo para la gestión integral del mantenimiento con la característica de la mejora continua.</li> <li>• Se compone de siete etapas principales.</li> <li>• Tiene en cuenta el ciclo de vida de los activos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se basa en la norma ISO 9001 del 2008, la cual ya está desactualizada.</li> <li>• Se centra solamente en las herramientas de apoyo.</li> </ul>
2014	Gasca, A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se diseñó un programa con frecuencias calendario (uso del equipo), con el objetivo de realizar los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodología que fue creada solo para la empresa AGROANGEL.</li> </ul>

		<p>instructivos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La creación de un Software para el manejo del plan, permitirá la correcta administración de él.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No pone en evidencia las políticas que faciliten la cultura de mantenimiento preventivo y no correctivo dentro del ámbito laboral de la empresa.</li> </ul>
2014	Donayre Velazco. E. J.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El modelo consta de dos partes: Análisis estratégico y Desarrollo de las estrategias.</li> <li>• Propone un ciclo de mantenimiento para la entidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No implementa una técnica con objetivo de analizar el uso o adquisición de algún sistema de información para la gestión del mantenimiento.</li> </ul>
2014	Hernández Flores, J. G.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se centra en la identificación de variables para integrarlas como el nivel de rendimiento, mano de obra, y en aspectos organizacionales en el proceso de decisión.</li> <li>• Propone el razonamiento jerárquico deductivo para las gerencias de las facilidades.</li> <li>• Analiza la ejecución de indicadores, los cuales reflejan la eficacia de la organización y muestra evidencia de los gastos de mantenimiento referentes a varios factores de la entidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A pesar de que para su tiempo fue una metodología novedosa, usaron datos inexistentes ya que carecía del nivel de precisión requerida.</li> <li>• Posee la limitante que solo se podía aplicar en centros hospitalarios de Colombia y no así en otros países donde por problemas de infraestructura, sería más compleja</li> </ul>
2014	Cruzado Sánchez, A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propicia un programa de mantenimiento para que dé soporte al proceso productivo.</li> <li>• Utiliza la herramienta AMFEC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se centra solo en la productividad y en la competitividad.</li> <li>• Metodología que fue</li> </ul>

		(Análisis de Modo de Fallas, Efectos y Criticidad) para detectar los fallos.	diseñada solo para las pequeñas y medianas industrias PYMES
2015	Rivera Estay, J. L.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta metodología se centra en la mejora continua en los procesos de mantenimiento.</li> <li>• Aporta un modelo de tomas de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos a través de la integración de cuatro variables: disponibilidad, mantenibilidad, costos y confiabilidad</li> <li>• Entrega elementos de juicio técnico y económico para optimizar las decisiones de mantenimiento sobre los equipos móviles.</li> <li>• Aporta un software que contiene los algoritmos de la metodología para aportar en oportunidad y valor sobre la gestión de la organización en cuestión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se aplica sólo a empresas que cuenten con equipos de minería.</li> <li>• Carece de un método de evaluación que pueda dar respuestas de probabilidad de fallas y confiabilidad estadística de partes mecánicas.</li> <li>• No presenta ningún método donde se puedan generar subsistemas para favorecer el aislamiento de fallas y mejoras.</li> </ul>

El estudio bibliométrico de la gestión del mantenimiento en la base de dato SciELO demostró que la evaluación del comportamiento de la temática relacionada con el mantenimiento empresarial y su gestión a través de la producción científica, ha tenido una insuficiente evolución. Además, la mayoría abordan sectores y actividades determinadas como el turismo, la minería, la agricultura, la salud, pero ninguna de ellas aborda el tema de la transformación de los materiales plásticos. De forma general, se pudo constatar que en la bibliografía encontrada no existe un procedimiento para el control del mantenimiento en este tipo de industria, que recoja todas las dificultades y dé soluciones a las deficiencias lo que avala la novedad de este trabajo.

## **1.4 Análisis del estado actual de la gestión del mantenimiento en Holplast**

El sistema de mantenimiento aplicado en la Fábrica de Tubos de Holguín (Holplast) es una mezcla de los diferentes tipos de mantenimientos, pues el objetivo es implementar el SAM para facilitar este proceso.

En la entidad el sistema de arranque de los equipos demanda gran cantidad de energía, el régimen de trabajo es de 24 horas y esto constituye una debilidad para la gestión del mantenimiento porque a pesar de que se pueda programar dicha actividad, sólo se puede ejecutar cuando se modifica el diámetro para la producción de tubos. Los equipos con los que cuenta la fábrica se encuentran en el anexo 3. La descripción del proceso tecnológico en la producción de tubos de PEAD se muestra en el anexo 4.

### **1.4.1 Caracterización de la Fábrica de Tubos de Holguín (Holplast)**

La Fábrica de tubos de Holguín Holplast, está ubicada en la carretera central vía Bayamo km 777, Holguín, pertenece al Grupo Empresarial de Ingeniería y Logística Hidráulica (GEILH) del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Surge mediante la Resolución 18/2006 del Ministerio de Economía y Planificación, decisión que se materializa mediante la Resolución 44/2007 del presidente del INRH con el objetivo de encaminar su producción hacia los sistemas de acueductos y alcantarillados del país. Su actividad fundamental está encaminada a producir y comercializar tubos y conexiones de polietileno de alta densidad para la conducción de agua de manera segura, confiable, eficaz y eficiente mediante el mejoramiento continuo de su desempeño para que sean satisfechas las necesidades y expectativas de los clientes internos y externos. Para ello cuenta con tres líneas de producción para la fabricación de tuberías de diámetros desde 16 mm hasta 110 mm, 90 mm hasta 350 mm y otra de 400 mm hasta 1000 mm con capacidad para procesar 950, 450 y 100 kg/h.

**Objeto Social:** producir y comercializar tuberías y accesorios a personas jurídicas.

#### **Relación entre elementos estratégicos: misión, visión, objetivos**

**Misión:** somos una empresa que produce tuberías plásticas y sus accesorios de diferentes diámetros y variadas presiones, destinadas fundamentalmente a nuevas inversiones de la infraestructura hidráulica, brindando al cliente una producción que cumpla con las normas y parámetros de calidad, exigiendo por el uso racional de los recursos en concordancia con la protección del medio ambiente. Contamos con un

colectivo comprometido y calificado, y la infraestructura tecnológica que garantiza la eficiencia empresarial.

Visión: Ser una empresa con producciones de alta calidad, capaz de cumplir el plan y cubrir las demandas de los clientes internos y externos, para asegurar la prestación de los servicios hidráulicos en la provincia y el resto del país.

Objetivos estratégicos: Holplast tiene como objetivo producir y comercializar tubos y conexiones de polietileno de alta densidad para la conducción de agua de manera segura, confiable, eficaz y eficiente, mediante el mejoramiento continuo de su desempeño, para que sean satisfechas las necesidades y expectativas de los clientes internos y externos, se reduzcan al mínimo razonable los riesgos asociados a la seguridad y salud en el trabajo, la prevención de los daños y deterioro de la salud protegiendo el medio ambiente y se prevenga la contaminación con un aprovechamiento racional de los recursos.

Para lograr esos objetivos se garantizará que el personal esté provisto de la formación, competencia y recursos necesarios. Además de cumplir con los diferentes ensayos a la materia prima y productos terminados y el compromiso de la dirección del laboratorio de realizar buenas prácticas profesionales logrando la calidad de los mismos y la confianza de su competencia. Cuenta con un sistema integrado de gestión certificado por la NC: 9000/2015. La política del mismo se encuentra en el anexo 5.

### **Identificación y caracterización de los procesos de la Fábrica**

Para el cumplimiento del objeto social del sistema organizativo y en especial para una correcta gestión de la calidad, la organización desarrolla diferentes procesos clasificados como estratégicos, claves (realización, productivos), procesos de apoyo o soporte y los transversales. El mapa de proceso de Holplast se encuentra en el anexo 6 donde se describen las áreas de recursos humanos, contables y financiero, dirección administrativa y producción.

Específicamente la brigada de mantenimiento cuenta con 5 operarios (Especialista Principal de Mantenimiento, Especialista en Mantenimiento Mecánico, Especialista en Mantenimiento Eléctrico y 2 Técnicos en Mantenimiento). Estos últimos poseen un técnico medio en mantenimiento y los especialistas son de nivel superior. En el anexo 7 se muestra el organigrama del complejo.

## **Tecnología**

La tecnología de la empresa es alemana, siendo el suministrador de la misma la empresa BATTENFELD. Los equipos con los que se cuenta para el trabajo son modernos y relativamente nuevos, lo que favorece el desarrollo normal de las labores desempeñadas por los operarios que hacen un gran esfuerzo para mantener los equipos en funcionamiento para no detener el trabajo.

## **Valoración del nivel de satisfacción social de los grupos de interés con las salidas del sistema.**

La satisfacción de los clientes de la entidad es muy favorable, los mismos tienen la mejor opinión acerca del servicio que se les brinda; una buena satisfacción garantiza que aumenten considerablemente las posibilidades de que el cliente solicite el producto nuevamente y por ello es fundamental el conocimiento de esto para mantener un servicio a la altura de las exigencias más ambiciosas. Para medir esto, la empresa aplica herramientas que le permiten mantener actualizados los conocimientos acerca de la satisfacción del cliente aplicando las encuestas (anexo 8) que quedan plasmadas como constancia para posterior análisis, también de forma constante aplica el método verbal directamente, pidiéndole su opinión de forma personal acerca del trabajo que realiza la empresa; mediante las encuestas se ha determinado que el nivel de satisfacción se encuentre en un 92,6% (el nivel de insatisfacción está dado en las compras, debido a las problemáticas que enfrentan los trabajadores para poder adquirir algún artículo).

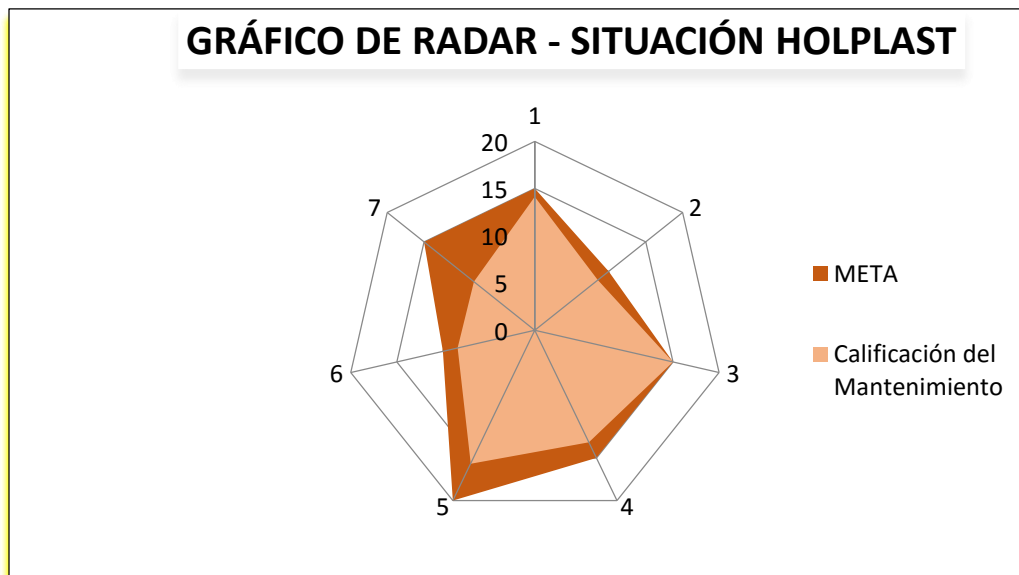
## **Caracterización de los impactos ambientales del sistema.**

La Empresa garantiza que las operaciones asociadas con aspectos ambientales significativos y riesgos laborales se realicen en condiciones específicas para cumplir la política y los objetivos que ha establecido, así como los requisitos legales y otros requisitos pertinentes. Para ello se establecen procedimientos documentados donde se incluyen los criterios operacionales necesarios para asegurarse que dichos procesos se realicen bajo condiciones controladas. Esos procedimientos se registran en las listas de documentos en las carpetas de los procesos correspondientes, los cuales se muestran en el anexo 9.

### 1.4.2 Diagnóstico de la gestión del mantenimiento en Holplast

Hernández Paneque (2016) en su trabajo de diploma realiza un estudio para mejorar el sistema de mantenimiento para la línea de extrusión de polietileno de alta densidad (PEAD). Ella determina que el sistema de mantenimiento a aplicar en las líneas de producción, en específico la número 3, estaba compuesto por una combinación de varios tipos de mantenimiento, el 39% de MPP, un 25% de predictivo y un 36% de mantenimiento correctivo; propone que se aplique el SAM, llegando a la conclusión que el MPP por sí solo no estaba resolviendo los problemas de mantenimiento de la entidad, que según los fabricantes era el que debía aplicarse.

De acuerdo con el diagnóstico realizado en la Fábrica de Tubos de Holguín (Holplast) en el segundo semestre del 2017 a la gestión de la calidad del mantenimiento mediante la aplicación de la Metodología de Acosta Palmer, 2013 (anexo 10) se obtuvieron los resultados siguientes gráfica 1.1:



**Gráfica 1.1.** Evaluación de la gestión de la calidad del mantenimiento en Holplast

En la evaluación cuantitativa se obtuvo una calificación de bien obteniendo un 83.11%, ya que la empresa cuenta con algunas dificultades específicamente ubicadas en la programación del mantenimiento porque y aunque se realiza una correcta programación, no se ejecuta según lo planificado. Lo anterior se debe a que el régimen de trabajo es continuo pues encender y apagar los equipos genera grandes gastos de

energía, además de gastos económicos y la ejecución de la actividad del mantenimiento solo se realiza cuando se va a cambiar de diámetro de tubería. Vale destacar que ellos utilizan otra manera de ejecutar el mantenimiento llamadas (ventanas de mantenimiento) la cual consiste en que el mantenimiento se ejecuta de acuerdo con las paradas de las líneas para el cambio de diámetros de las tuberías.

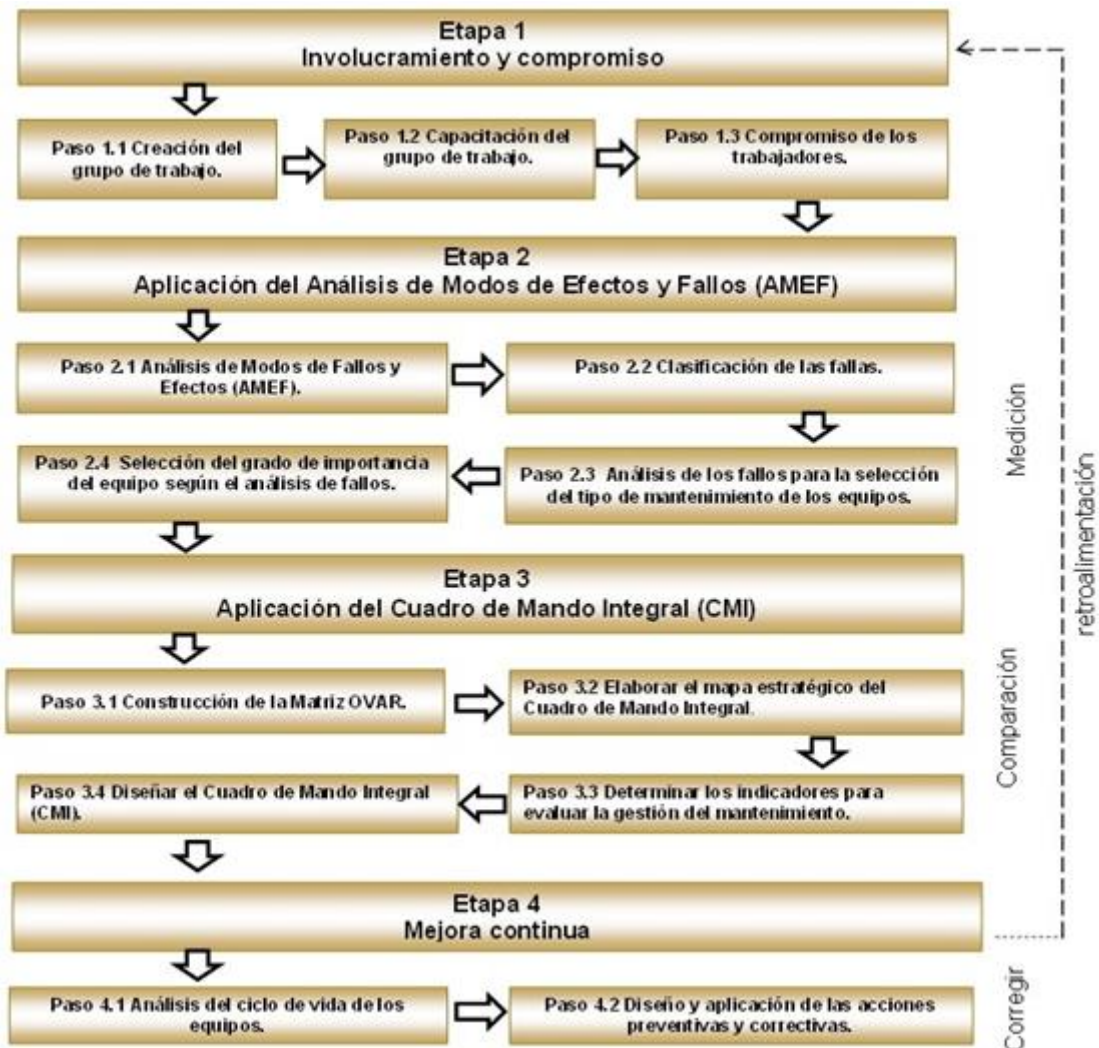
Holplast, de manera general, alcanzó durante este diagnóstico un nivel 4 de competencia lo que significa que la organización ha implementado sistemas y mejoras y mantiene bajo el control a la gestión de la calidad en el Mantenimiento.

### **1.5 Conclusiones parciales del capítulo I**

1. Se realizó el análisis de varios conceptos de mantenimiento coincidiendo con el planteado por De La Paz Martínez, 2011 y citado por Pérez Pérez, 2016 quienes lo definen como la integración de acciones técnicas, organizativas y económicas, encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos físicos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de su vida útil económica, con una mayor disponibilidad, para cumplir con calidad y eficacia sus funciones, conservando el medio ambiente y la seguridad del personal.
2. La gestión del mantenimiento constituye un elemento clave para el desarrollo de cualesquier industria, y dentro de ella las acciones de control juegan un papel importante.
3. El estudio bibliométrico de la gestión del mantenimiento realizado en la base de datos SciELO demostró que la evaluación del comportamiento de la temática relacionada con el mantenimiento empresarial y su gestión a través de la producción científica, ha tenido una insuficiente evolución. Del análisis de las metodologías se puede concluir que la mayoría abordan sectores y actividades determinadas, ninguna de ellas aborda el tema de la transformación de los materiales plásticos lo que avala la novedad de esta investigación.
4. Holplast no cuenta con un procedimiento idóneo que permita controlar las actividades de mantenimiento, aunque hay que mencionar que cuenta con un procedimiento para la gestión del mantenimiento de manera general.

**CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO EN LAS FÁBRICAS DE TRANSFORMACIÓN DEL PLÁSTICO. APLICACIÓN EN LA FÁBRICA DE TUBOS DE HOLGUÍN (Holplast).**

A través de lo analizado en los antecedentes y estado actual de la temática, se evidencia la necesidad de controlar la actividad de mantenimiento en las fábricas de transformación del plástico, razones por la cual se ha propuesto un procedimiento que consta de 4 etapas y 13 pasos (figura 2.1) los cuales se describen a continuación:



**Figura 2.1** Procedimiento para el control del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico

## **2.1 Procedimiento para el control del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico.**

### **Etapas 1. Involucramiento y compromiso.**

Esta etapa tiene como objetivo involucrar y alcanzar un mayor compromiso, preparación y participación activa de todo el personal implicado, desde la alta dirección, el jefe de mantenimiento que dirige y se responsabiliza por el cumplimiento de las tareas de mantenimiento, así como el personal directo que participa en el proceso de producción así como los profesores y estudiantes de la universidad vinculados a la investigación de esta actividad.

#### **Paso 1.1 Creación del grupo de trabajo.**

El equipo de trabajo debe estar integrado por el personal calificado para llevar a cabo las operaciones de mantenimiento en la organización objeto de estudio. Este grupo debe ser encabezado por el especialista principal de mantenimiento, un representante de la alta dirección y profesores y estudiantes de la universidad. El mismo debe ser capaz de:

1. Definir la responsabilidad específica de cada integrante del equipo de trabajo.
2. Garantizar la información necesaria para desarrollar cada una de las etapas del procedimiento en propuesta.
3. Permitir el cumplimiento de lo establecido en cada etapa.

#### **Paso 1.2 Capacitación del grupo de trabajo.**

En este paso se debe establecer un vínculo con el equipo de trabajo, darle a conocer las características del procedimiento y ofrecer las ventajas del mismo, haciéndoles saber el grado de mejora que alcanzará la entidad si este se lleva a cabo.

Esta acción es de vital importancia porque además de definir las aristas del procedimiento, se persigue minimizar el impacto negativo que provoca la resistencia al cambio. Dicho fenómeno es muy frecuente en las organizaciones ante la presencia de alguna modificación o proceso que cambie las condiciones de trabajo o afecte la zona de confort.

### **Paso 1.3 Compromiso de los trabajadores**

Se debe desarrollar una reunión con el personal de mantenimiento y los directivos para esclarecer la necesidad, las ventajas y los métodos que se emplearán para atenuar la resistencia al cambio que todo proceso trae aparejado. Además, se deben intercambiar criterios sobre el tema con los trabajadores y directivos. El procedimiento debe ser aprobado por el consejo de dirección de la entidad objeto de estudio.

### **Etapas 2. Aplicación del Análisis de Modos de Efectos y Fallos (AMEF) (Medición).**

Esta etapa tiene como objetivo la aplicación del Análisis de Modos de Efectos y Fallos para determinar el grado de importancia del equipo de acuerdo a los tres grupos de clasificación y el tipo de mantenimiento a aplicar.

### **Paso 2.1 Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMEF).**

El análisis de los modos de fallos en el mantenimiento para evitar errores en las fases o procesos preventivos o correctivos se identifica con la sigla AMEF y está fundamentada en los estudios de árboles de fallos y modos y repercusión de éstos.

El análisis de los fallos de mantenimiento mediante AMEF deben ser estructurados, plasmando su desarrollo y conclusiones en informes elaborados al efecto, que obliguen a reflejar de forma rigurosa y auditable, las conclusiones y las propuestas de soluciones correspondientes. Al realizar un análisis de los fallos mediante AMEF aplicado al mantenimiento, se sugiere crear una hoja de trabajo que contenga los datos siguientes (tabla 2.1).

**Tabla 2.1.** Tabla para información primaria.

<b>Fallo funcional</b>	<b>Modo de fallo</b>	<b>Parte del equipo afectada</b>	<b>Causa de fallo</b>	<b>Efecto de falla</b>	<b>Actividad de mantenimiento recomendada</b>

A continuación se describen los aspectos que contiene la tabla 2.1:

Fallo funcional: el fallo funcional es la incapacidad del activo de cumplir con una función dada a un nivel de rendimiento que sea aceptable para el usuario (Cabrera, 2003). De esta definición se infiere que el fallo funcional puede ser total o parcial, cuando la pérdida de la función es respectivamente total o parcial. El fallo funcional total casi siempre está asociado a una causa diferente a la del fallo funcional parcial y sus

consecuencias también pueden ser diferentes (Labañino, 2013), por lo que para atenderlos diferenciadamente deben registrarse por:

- Modo de fallo: son todos aquellos hechos que puedan haber causado la falla funcional. Se incluyen todas las fallas posibles que han ocurrido en el equipo o en equipos iguales, así como las fallas que aún no han ocurrido pero existe la posibilidad de que ocurra.

- Efecto o consecuencia del fallo: es la consecuencia que el modo de fallo tiene sobre la operación, función o estado de una pieza o equipo. Esto permite decidir la importancia de cada fallo y, por tanto, qué nivel de mantenimiento sería necesario. Las consecuencias de los fallos funcionales se clasifican en:

1. Consecuencias operacionales: una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuánto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.

2. Consecuencias no operacionales: las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

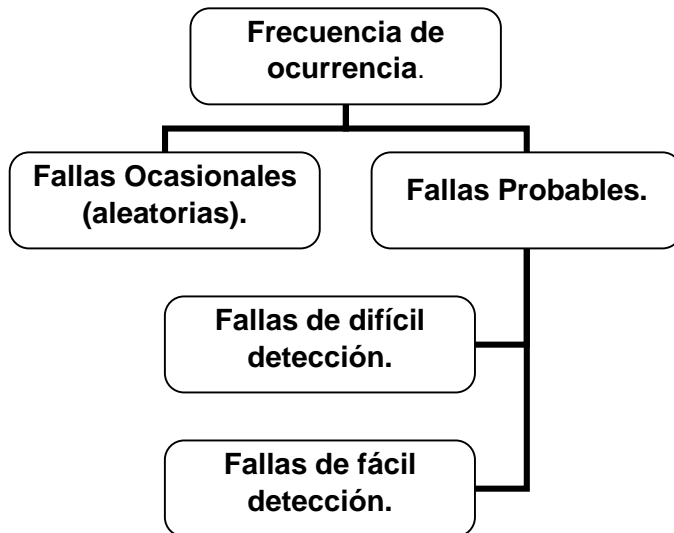
3. Consecuencias de las fallas no evidentes: las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas.

4. Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente: una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente.

Si un fallo tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, sería importante preguntar qué tareas serían necesarias para prevenirlo. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento que no sea el de las rutinas básicas de servicio y lubricación.

## Paso 2.2 Clasificación de las fallas.

La clasificación de las fallas es de gran importancia para la asignación del tipo de mantenimiento a ejecutar sobre el activo. Para ello se utiliza como criterio de clasificación la frecuencia de ocurrencia de las mismas (figura 2.2).



**Figura 2.2** Criterio de clasificación de las fallas. Fuente: Labañino, (2013).

En este paso se debe elaborar una tabla que contenga los siguientes aspectos (tabla 2.2)

**Tabla 2.2** Clasificación de las fallas.

Equipo			Clasificación de la falla	
Fallas Funcionales	Parte del equipo afectada	Causa de la Falla	Según Frecuencia	Según detección

A continuación se describen los aspectos que contiene la tabla 2.2:

**Fallas ocasionales (aleatorias):** por lo general no siguen un patrón previsible, por lo que es muy difícil estimar en qué momento se van a presentar, por ejemplo, falla de componentes eléctricos y electrónicos, atascamientos, golpes de los equipos con objetos externos, etc.

**Fallas probables:** generalmente son fallas cíclicas, o sea, que están relacionadas al deterioro por fatiga, desgaste, desajuste o falta de calibración del equipo o pieza. Estas fallas se dividen a la vez en fallas de difícil detección y fallas de fácil detección.



mantenimiento de los elementos físicos de los equipos y máquinas, en dependencia del contexto operacional en que son explotados, para que continúen funcionando.

Para definir el grado de importancia del equipo, es necesario definir las tareas precisas y necesarias para evitar los fallos, mantener la funcionalidad de los equipos para los cuales se realiza un análisis de los fallos utilizando el diagrama del proceso de decisión lógica expuesto en el paso anterior.

Atendiendo a la información que brinda la tabla 2.3, se concluye que en los equipos los fallos posibles se pueden prever por medio de tareas de mantenimiento, ya sean de tipo cíclicas (de acondicionamiento o de sustitución) o por su estado de condición, y en algunos casos se puede esperar la ocurrencia del fallo.

**Tabla 2.3** Análisis de los fallos.

Equipo									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seguridad, Medio Ambiente	Operacional	Si	No	Con-dición	Cícli-ca	

**Paso 2.4 Selección del grado de importancia del equipo según el análisis de fallos.**

En este paso y de acuerdo al análisis desarrollado en la tabla anterior, se procede a la clasificación del equipo mediante el grado de importancia según el tipo de fallo, además está relacionado con el tipo de mantenimiento que se les aplica a los equipos.

- Para un mantenimiento correctivo, perteneciente al grupo 3, el grado de importancia del equipo será bajo
- Para un mantenimiento planificado, perteneciente al grupo 2, el grado de importancia del equipo será medio.
- Para un mantenimiento predictivo, perteneciente al grupo 1, el grado de importancia del equipo será alto.

Al realizar un análisis del tipo de mantenimiento a aplicar se sugiere crear una tabla de trabajo que contenga los datos siguientes (tabla 2.4):

**Tabla 2.4** Selección del grado de importancia del equipo.

Equipo			
Fallos	Grado de importancia		
	Bajo	Medio	Alto

### **Eta**pa 3 Aplicación del Cuadro de Mando Integral (CMI), (Comparación).

Esta etapa tiene como objetivo de acuerdo al análisis de la etapa anterior y sus resultados, determinar el tipo de control a aplicar y los indicadores para evaluar el control del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico, proponiendo la construcción de la matriz OVAR (objetivos, variables de acción y responsables), además de la elaboración del mapa estratégico, determinándose los indicadores de gestión del mantenimiento y, por último, la elaboración del cuadro de mando integral para el control del mantenimiento.

#### **Paso 3.1 Construcción de la Matriz OVAR**

Para la ejecución de las actividades de mantenimiento una vez diseñadas, planificadas y programadas, debe ser evaluada las desviaciones para lograr, continuamente, los objetivos de la empresa; para ello se propone como técnicas a utilizar el método OVAR (objetivos, variables de acción y responsables).

El **Método OVAR** constituye una herramienta muy valiosa para que los directivos puedan manejar mejor su organización y a nivel de equipo permitirle reforzar el diálogo, la interacción y la coherencia. Además, facilita el aprendizaje colectivo y la descentralización de la dirección, permite una integración ascendente, contribuye a la detección de problemas estructurales, brinda la información pertinente para el seguimiento y contribuye, decisivamente, en la medición del desempeño (Pérez Pérez, 2016).

#### **Paso 3.2 Elaborar el mapa estratégico del Cuadro de Mando Integral (CMI).**

Un mapa estratégico es una descripción integrada y lógica de la forma en que se llevará a cabo una estrategia, indica las relaciones causa-efecto relativa a los recursos y capacidades de la empresa que deben conducir a los resultados estratégicos deseados. Los mapas estratégicos proporcionan los cimientos sobre los que se construyen los

cuadros de mando vinculados a la estrategia. En este sentido, esta tarea consiste en la confección del mapa estratégico a partir de la alineación realizada, estableciendo las relaciones entre las diferentes acciones a ejecutar según las perspectivas financieras del cliente, de los procesos y del aprendizaje.

### 3.3 Determinar los indicadores para evaluar el mantenimiento.

Los indicadores para evaluar el mantenimiento en una organización deben cumplir con las características siguientes:

- Debe ser importante, es decir, referido a un aspecto significativo.
- Ser claro, medible y fácil de obtener.
- Ser fiable y lo menos subjetivo posible.
- Se han de implantar tantos cuantos sean necesarios para mantener una visión clara de la situación de la actividad o tarea a controlar. Además, la integración de indicadores en los diferentes niveles de la organización de una entidad tiene las siguientes ventajas:
  - Proporciona visibilidad e información por facilitar valores y tendencias.
  - Facilita la prevención y el tratamiento de la mejora para lograr objetivos.
  - Facilita el benchmarking o proceso de medición continuo y sistemático, que mide y compara continuamente los procesos de una organización contra los procesos de los líderes.

Con el objetivo que toda la organización disponga de un mismo vocabulario es conveniente disponer de un glosario de indicadores que comprenda su definición, objetivo, modo de cálculo, etc., o bien un sistema sintetizado de indicadores que facilite las acciones de benchmarking y que se complemente con las aclaraciones y definiciones de los principales indicadores (tabla 2.5).

**Tabla 2.5 .Indicadores del Cuadro de mando integral**

No.	Indicador	Expresión de cálculo	Objetivo	Nivel de referencia

### 3.4 Diseñar el Cuadro de Mando Integral (CMI).

El CMI constituye el puente que permite conectar el rumbo estratégico de la empresa con la gestión de sus procesos. Su implantación será en “cascada” a través de la “pirámide de cuadros de mando”, comenzando por la alta dirección, derivándose a los mandos intermedios, hasta llegar al sistema físico o núcleo operacional. El enfoque de

proceso se integra al análisis a través de las siguientes perspectivas: financiera, la de aprendizaje y crecimiento, la de los procesos internos y la del cliente definiéndose, en cada caso, los indicadores en términos de eficiencia y eficacia, todo lo cual garantiza que estén alineados con los objetivos de la organización y con los factores claves de éxito (Pérez Campaña, 2005; Pérez Pérez, 2016).

De esta manera, su diseño y uso permitirá a los directivos examinar sus empresas estableciendo objetivos desde las cuatro perspectivas distintas que dan respuestas a las cuatro interrogantes básicas siguientes:

- Perspectiva financiera: ¿cómo debe aparecer la empresa ante sus accionistas para tener éxito financiero?. Este enfoque permite tener un conocimiento de los distintos indicadores financieros que suceden en la entidad, estos son valiosos para resumir las consecuencias económicas de nuestras acciones.
- Perspectiva de aprendizaje y crecimiento: ¿cómo mantendrá la empresa su capacidad, mejorando y cambiando para conseguir lograr su misión?. Ésta se orienta hacia la identificación de la estructura que la empresa debe construir hacia el futuro, que permita crear desarrollo. Se derivan de tres factores claves: las personas, los sistemas y los procedimientos de la entidad.
- Perspectiva del proceso interno: ¿cómo tenemos que mejorar nuestros procesos para satisfacer a nuestros clientes?. Corresponde a la identificación de los procesos críticos y se intenta identificar procesos nuevos, innovadores, donde la empresa deberá buscar la excelencia que permita dar la mayor satisfacción a los clientes.
- Perspectiva cliente: ¿cómo debe aparecer la empresa ante sus clientes para alcanzar su misión?. Aquí se identifican los segmentos de mercados, la capacidad de incluir indicadores que permitan determinar niveles de satisfacción, retención, adquisición y rentabilidad de los clientes.

#### **Etapa 4 Mejora continua**

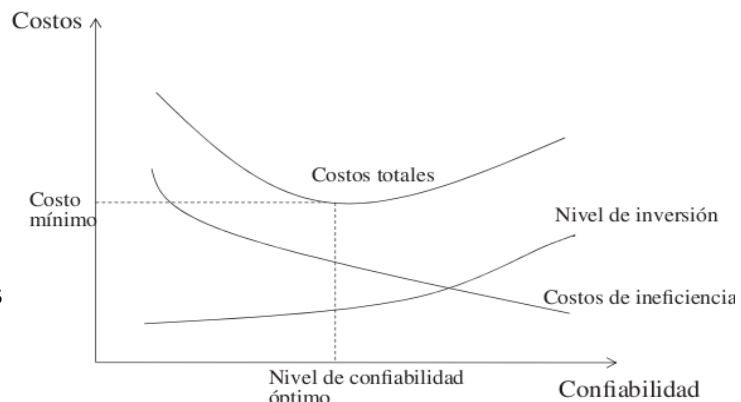
Esta etapa tiene como objetivo determinar el costo del ciclo de vida identificando las funciones aplicables en cada una de sus fases (diseño, fabricación y producción), además de diseñar y aplicar acciones preventivas y correctivas para lograr la retroalimentación de los resultados.

#### Paso 4.1 Análisis del ciclo de vida de los equipos.

La gran cantidad de variables que se deben manejar a la hora de estimar los costos reales de un activo a lo largo de su vida útil, generan un escenario de alta incertidumbre. A menudo el costo total del sistema de producción no es visible, en particular aquellos que están asociados con la operación, el mantenimiento, las pruebas de instalación y la formación del personal, entre otros, por lo que el costo del ciclo de vida se determina identificando las funciones aplicables en cada una de sus fases (diseño, fabricación y producción), calculando el costo de estas funciones y aplicando los costos apropiados durante toda la extensión del ciclo de vida (Crespo Márquez & Parra Márquez, 2012; Pérez-Pérez, 2016).

Por lo anterior podemos plantear que mediante un análisis de costo del ciclo de vida, se determina el costo de un activo durante su vida útil. El análisis de un activo típico podría incluir costos de planificación, investigación y desarrollo, producción, operación, mantenimiento y retirada del equipo. Los costos de adquisición del equipo (que incluyen investigación, diseño, prueba, producción y construcción) son por lo general obvios, pero el análisis de costos de ciclo de vida depende de los valores derivados de la fiabilidad, por ejemplo, del análisis de la tasa de fallas, del costo de las piezas de recambio, de los tiempos de reparación, de los costos de los componentes, etc. Un análisis de costos de ciclo de vida resulta necesario para una óptima adquisición de nuevos equipos (reemplazo o nueva adquisición), ya que pone de manifiesto todos los costos asociados con un activo (además del precio de adquisición), permitiendo a la gerencia desarrollar predicciones con mayor precisión.

Para tomar este tipo de decisiones, es necesario conocer la curva de costos globales (figura 4.1)



**Figura 4.1** Curva de costos globales.

Los costos globales son la cuantificación de todos aquellos costos generados durante el ciclo de vida de un proyecto o instalación, y pueden determinarse utilizando la siguiente relación (2.1):

Costo global = Costo capital fijo + Costo operacional + Costo de ineficiencia (2.1)

El costo de capital fijo (o de inversión) queda determinado por el costo de los equipos e instalaciones asociados al proyecto. También puede considerarse el capital de trabajo requerido para la operación. A su vez, el costo operacional queda definido por la cuantificación de todos aquellos elementos propios de la operación de un sistema, tales como: insumos, energía, repuestos, entre otros. Finalmente, el costo de ineficiencia viene dado por el costo asociado a la indisponibilidad de la instalación durante el período de evaluación. Por lo tanto, los costos de ineficiencia se pueden calcular de la siguiente manera (ecuación 2.2):

$$C_{\text{ineficiencia}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{(1+i)^k} * H * C_i * (1 - A_{\text{sistema}}) \quad (2.2)$$

Dónde:

C<sub>i</sub>: Costos de ineficiencia por horario definido (\$/h).

H: Periodo de evaluación dentro del horizonte del proyecto.

A<sub>sistema</sub>: Disponibilidad esperada del sistema.

i: Tasa de costo del capital de la empresa.

n: Años de operación.

k: Índice para el periodo de evaluación.

La sumatoria representa la actualización de los flujos de dinero, producto de los costos de ineficiencia por cada periodo de análisis.

Una vez definidos los costos globales, se pueden analizar las distintas alternativas de equipo y de configuraciones del sistema, de forma que la alternativa técnica más recomendable será aquella que tenga el mínimo costo global.

Un análisis de costes de ciclo de vida es importante para tomar decisiones sobre la adquisición de nuevos equipos (reemplazo o la nueva adquisición), donde proporciona tres ventajas importantes:

- Todos los costes asociados con un activo se hacen visibles.

- Permite un análisis entre funciones del negocio. Por ejemplo, comprobar cómo bajos costes de R&D pueden conducir a altos costes de mantenimiento en el futuro.
- Permiten a la gerencia desarrollar predicciones exactas.

**Paso 4.2 Diseño y aplicación de las acciones preventivas y correctivas.**

La confección de las acciones preventivas y correctivas y su posterior aplicación, contribuirá al cumplimiento de los objetivos para dar solución a las dificultades que limiten el desempeño de la gestión del mantenimiento. Para cada acción correctiva y preventiva debe definirse el contenido de cada acción que se ejecutará, el responsable de llevarla a cabo y de dirigir y las fechas y plazo para hacerlo y siempre que proceda también deberán enumerarse los recursos necesarios para su ejecución y se deben llevar a cabo según correspondan. Todo el proceso seguido o estudiado debe quedar documentado en un formato similar al que se muestra en tabla 2.6

**Tabla 2.6** Acciones preventivas y correctivas

No.	Acción	Responsable	Materiales	Fechas
1				
2				
3				
4				
.....				

**2.2 Valoración del procedimiento propuesto empleando el método de Delphi.**

Mediante el método de Delphi se realizó la valoración del procedimiento. La fase inicial consistió en aplicar una encuesta para la selección del grupo de expertos y la determinación de sus coeficientes de competencias (anexo 11 y 12). La encuesta utilizada para estos fines se encuentra validada, debido a sus diversas aplicaciones en contextos similares. Una vez aplicada, se procesaron los datos obtenidos, como se muestran en las tablas 2.7 y 2.8.

**Tabla 2.7** Determinación del coeficiente de conocimiento (Kc)

Posibles Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Moda	Media	Kc
1								2	3	2	7	9	9	0.9
2									3	7	10	10	9.7	0.97
3								1	4	5	10	10	9.4	0.94
4									2	6	8	10	9.75	0.98
5									1	9	10	10	9.9	0.99
6										10	10	10	10	1
7									2	8	10	10	9.6	0.96
8								3	4		7	9	8.57	0.86
9								3	3		6	9	8.5	0.85
10								2	5		7	9	8.71	0.87

**Tabla 2.8** Determinación del coeficiente de argumentación (Ka) y competencia (K) de los posibles expertos y su selección

Posibles expertos	Kc	Ka	K	Investigador seleccionado como experto
A	0.85	0,7	0.775	-
B	0.97	0,9	0.935	x
C	0.94	0,8	0.87	x
D	0.98	1	0.98	x
E	0.99	1	0.99	x
F	1	0,9	0.9	x
G	0.96	0,8	0.88	x
H	0.86	0,9	0.88	x
I	0.9	0,7	0.8	x
J	0.87	0,8	0.835	x

Estos resultados permitieron determinar el grupo de expertos seleccionando, siete de ellos, pues sus coeficientes de conocimiento fueron altos (mayor que 0,8), los que contribuyeron con la valoración del procedimiento.

En la segunda fase se procedió a aplicar el método de Delphi, realizando la primera ronda con la variante 1 del procedimiento propuesto con el objetivo de evaluar el grado de relevancia y calidad del mismo donde fueron tomados los criterios de los expertos (anexo 13).

Los resultados obtenidos aparecen en la tabla 2.9 que muestra la existencia de concordancia  $\geq 75\%$  en todas las etapas del procedimiento, decidiéndose parar el proceso.

**Tabla 2.9** Resultados obtenidos de la aplicación del método de Delphi

<b>Expertos</b> <b>Etapas</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>Cc</b>
<b>Etapa I</b>					x			x	87,5%
<b>Etapa II</b>			x						87,5%
<b>Etapa III</b>									100%
<b>Etapa IV</b>								x	87,5%
<b>General</b>									100%
<b>Contenido</b>									95%

A partir de la aplicación el método de Delphi, se validó el procedimiento propuesto para el control del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico, existiendo un nivel de concordancia total del 90,75% entre los expertos.

### **2.3 Aplicación parcial del procedimiento propuesto para el control de del mantenimiento en la Fábrica de Tubos de Holguín (Holplast).**

#### **Etapa 1 Involucramiento y compromiso.**

Luego de las reuniones iniciales con la alta dirección el jefe de mantenimiento y resto del equipo de trabajo de la Fábrica de Tubos Holplast de Holguín, se procedió al cumplimiento de esta etapa como estaba previsto.

### **Paso 1.1 Creación del grupo de trabajo**

El grupo de trabajo quedó constituido por 8 personas que poseen experiencia y conocimientos para implementar el procedimiento para el control del mantenimiento en las fábricas de transformación de plásticos. Entre el personal que pertenece a este grupo se encuentran los responsables de la organización, el jefe de mantenimiento de Holplast, el resto del equipo de mantenimiento de la empresa y profesores de la Universidad de Holguín. A continuación, se recogen los nombres de los mismos:

- Jorge Labañino Fernández
- Márian Pérez Pérez
- Ángel Tomás Pérez Rodríguez
- Elio Rafael Hidalgo Batista
- Noemí González Concepción
- Juan S. Fuentes Guilarte
- Daniel González Suárez
- Xiomara Guethón Toledo

### **Paso 1.2 Capacitación del grupo de trabajo**

Se logró la capacitación y preparación de todo el personal seleccionado, a través de talleres y acciones preliminares de divulgación mediante cursos donde se les explicó la importancia del control del mantenimiento, así como las etapas y pasos que componen el procedimiento. Los temas abordados fueron los siguientes:

- Importancia del Cuadro de mando integral
- Ventajas y desventajas del Cuadro de mando integral
- Ventajas y desventajas del control del mantenimiento

### **1.3 Compromiso del personal**

Se desarrolló una reunión con el personal de mantenimiento y los directivos en el cual se esclareció la necesidad, las ventajas y los métodos que se emplearon con el objetivo de atenuar la resistencia al cambio que todo proceso trae aparejado. Además, se intercambiaron criterios sobre el tema con los trabajadores y directivos. Al finalizar esta etapa, se pudo apreciar una gran aceptación con el trabajo que se está llevando a cabo. Además, se aprobó en el consejo de dirección correspondiente al mes de marzo.

## Etapa 2 Aplicación del Análisis de Modos de Efectos y Fallos (AMEF), (Medición).

Para llevar a cabo esta etapa se toma como base los resultados obtenidos del estudio realizado por Hernández Paneque (2016), actualizándose el análisis correspondiente a la aplicación del Análisis de Modos de Efectos y Fallos (AMEF) en la línea 3 de producción.

### Paso 2.1 Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMEF) de la línea 3 de producción.

Se realizó una identificación por cada elemento de los equipos que componen la línea de las distintas fallas y sus consecuencias; este análisis permitió identificar las causas y los efectos sobre la organización. En la determinación de los modos de fallas se tuvo en cuenta:

- Modos de fallas que han ocurrido previamente, los que son prevenidos con el plan de mantenimiento actual y los que no han ocurrido, pero son razonablemente probables de ocurrir.
- Modos de fallas relacionados con el desgaste, defectos de diseño y errores humanos durante la operación y el mantenimiento.

En la tabla 2.10, se muestra la información arrojada por la aplicación del AMEF en la extrusora, el resto de los elementos de la línea se presentan en el anexo 14.

**Tabla 2.10** Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE) de la línea 3 de producción.

Extrusora					
Falla funcional	Modo de falla (síntomas)	Parte del equipo afectada	Causas de falla	Efecto de falla	Actividad de mantenimiento recomendada
No realiza		Motor principal	Las esteras de filtros están sucias	Parada total	Limpiar las esteras de filtro
			Daño incipiente en los cojinetes		Limpiar el motor y reparar
			El arranque bloqueado por el sistema		Verificar existencia de aviso de fallo en

la extrusión de la tubería	Falla del sistema de transmisión		de comando	de la producción	el sistema de comando
		Transmisión	Demasiada tensión en la correa trapezoidal		Verificar tensión de la correa trapezoidal de transmisión
			Bajo nivel del lubricante y grasas		Controlar nivel de aceite, realizar estudio de lubricación. Cambiar el aceite.
		Daños en cojinetes o en los engranajes reductores	Sustituir cojinetes		

**Tabla 2.10** Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMEF) de la línea 3 de producción (continuación).

<b>Extrusora</b>					
<b>Falla funcional</b>	<b>Modo de falla (síntomas)</b>	<b>Parte del equipo afectada</b>	<b>Causas de falla</b>	<b>Efecto de falla</b>	<b>Actividad de mantenimiento recomendada</b>
	Falla del sistema de transmisión	Transmisión de fuerza	Las poleas están desgastadas	Parada total de la producción	Reemplazar las poleas
		Sistema de extrusión	Desgaste en el tornillo sinfín y el cilindro	Disminución de la productividad	Sustituir el tornillo sinfín y el cilindro
	Falla en la unidad de	Bandas calefactoras	Las bandas calefactoras están flojas		Volver a ajustar las bandas calefactoras

No realiza la extrusión de la tubería	extrusión		Sensor sucio o con defectos	Parada de la producción	Verificar el sensor, de ser necesario, limpiar el sensor y orificio
	Sobre calentamiento del panel eléctrico.	Sistema de enfriamiento del panel	Obstrucción del intercambiador de calor.		Limpieza del intercambiador de calor.
	Disparo del sistema eléctrico de fuerza.	Fusibles eléctricos	Corto circuito en el motor principal		Revisar caja de conexiones del motor y aislamiento del enrollado.
			Corto circuito en las bandas calefactoras.		Verificar continuidad de la resistencia y sustituir si es necesario.

**Tabla 2.10** Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMEF) de la línea 3 de producción (continuación).

<b>Extrusora</b>					
Falla funcional	Modo de falla (síntomas)	Parte del equipo afectada	Causas de falla	Efecto de falla	Actividad de mantenimiento recomendada
No realiza la extrusión	Disparo del sistema eléctrico de fuerza.	Fusibles eléctricos	Contactores defectuosos	Parada de la	Sustituir contactor dañado.
			Sensor		Sustituir el

de la tubería	Fallo en el control de temperatura	Zona de calentamiento afectada.	defectuoso	producción	sensor.
			Relé de control dañado		Sustituir relé.

**Paso 2.2 Clasificación de las fallas de la línea 3 de producción.**

La clasificación de las fallas de la línea 3 de producción es de gran importancia para la asignación del tipo de mantenimiento a ejecutar sobre el activo. Para ello se utilizó como criterio de clasificación, según Labañino (2013), la frecuencia de ocurrencia de las mismas (ver figura 2.2). A continuación, se presentan los resultados obtenidos basados en la clasificación expuesta, tabla 2.11 Ver clasificación de los fallos del resto de los equipos en el anexo 14.

**Tabla 2.11** Clasificación de las fallas de la línea 3 de producción. Ejemplo Extrusora.

Extrusora			Clasificación de la falla	
Fallas Funcionales	Parte del equipo afectada	Causa de la Falla	Según Frecuencia	Según detección
No realiza la extrusión de la tubería	Motor principal	Las esteras de filtros están sucias	Cíclica	Fácil detección
		Daño incipiente en los cojinetes	Cíclica	Difícil detección
		El arranque está bloqueado por el sistema de comando	Aleatorio	
No realiza la extrusión de la tubería		Demasiada tensión en la correa trapezoidal de transmisión	Aleatorio	
		Bajo nivel del lubricante y de las	Cíclica	Difícil detección

	Transmisión	grasas		
		Daños en cojinetes o bien reductores a engranaje	Cíclica	Difícil detección
	Transmisión de fuerza	Las poleas están desgastadas	Cíclica	Difícil detección
	Sistema de extrusión	Desgaste en el tornillo sinfín y el cilindro	Cíclica	Difícil detección
	Bandas calefactoras	Las bandas calefactoras están flojas	Aleatoria	
		Sensor sucio/con defectos	Aleatoria	
	Sistema de enfriamiento del panel	Obstrucción del intercambiador de calor.	Aleatoria	

**Tabla 2.11** Clasificación de las fallas de la línea 3 de producción. Ejemplo Extrusora (continuación).

Extrusora			Clasificación de la falla	
Fallas Funcionales	Parte del equipo afectada	Causa de la Falla	Según Frecuencia	Según detección
No realiza la extrusión de la tubería	Fusibles eléctricos	Corto circuito en el motor principal	Aleatoria	
		Corto circuito en las bandas calefactoras	Aleatoria	
		Contactores defectuosos	Aleatoria	
	Zona de calentamiento afectada	Sensor defectuoso	Aleatoria	
		Relé de control dañado	Aleatoria	

### Paso 2.3 Análisis de los fallos para la selección del tipo de mantenimiento de los equipos

Para definir el grado de importancia de los equipos, es necesario definir las tareas precisas y necesarias para evitar los fallos y mantener la funcionalidad y funcionabilidad de la línea 3 de producción, para lo cual se realizó un análisis de los fallos utilizando el diagrama del proceso de decisión lógica. Los resultados de este análisis se pueden observar en la tabla 2.12. Ver análisis de los fallos del resto de los equipos en el anexo 14.

Atendiendo a la información que brinda la tabla 2.4, se concluye que en la línea 3 de producción los fallos posibles pueden ser prevenidos por medio de tareas de mantenimiento, ya sean de tipo cíclicas (de acondicionamiento o de sustitución) o por su estado de condición, y en algunos casos se puede esperar la ocurrencia del fallo.

**Tabla 2.12** Análisis de los fallos. Ejemplo Extrusora.

Extrusora									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seguridad, Medio Ambiente	Operacional	Si	No	Condi- ción	Cíclica	
1- Las esteras de filtros están sucias	X			X	X			X	
2- Daño incipiente en los cojinetes		X		X	X		X		
3- El arranque está bloqueado por el sistema de comando	X			X		X			X
4. Demasiada tensión en la	X			X	X			X	

correa trapezoidal de transmisión									
6- Daños en cojinetes o reductores de engranaje		X		X		X	X		
7- Las poleas están desgastadas	X			X		X		X	
8- Desgaste en el tornillo sinfín y el cilindro	X			X		X	X		
9- Las bandas calefactoras están flojas	X			X	X		X		
10- Sensor sucio/con defectos		X		X		X			X
11- Obstrucción del intercambiador de calor.	X			X		X		X	
12- Corto circuito en el motor principal		X		X		X			X
13- Corto circuito en las bandas calefactoras.		X		X		X			X
14-Contactores defectuosos.		X		X		X			X
15- Sensor defectuoso		X		X		X			X

16- Relé de control dañado		X		X		X			X
----------------------------	--	---	--	---	--	---	--	--	---

**Paso 2.5 Selección del grado de importancia del equipo según el análisis de fallos.**

En este paso se definió el grafo de importancia del equipo de acuerdo al análisis desarrollado en la tabla anterior, seleccionando el grado correspondiente según el tipo de fallo y el tipo de mantenimiento a aplicar, tabla 2.13 (anexo 15):

**Tabla 2.13** Grado de importancia del equipo según análisis de fallo. Ejemplo Extrusora.

<b>Extrusora</b>			
<b>Fallos</b>	<b>Grado de importancia</b>		
	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
1- Las esteras de filtros están sucias		X	
2- Daño incipiente en los cojinetes			X
3- El arranque está bloqueado por el sistema de comando	X		
4- Demasiada tensión en la correa trapezoidal de transmisión		X	
5- Desgastes de medios de lubricación y engrase		X	
6- Daños en cojinetes o reductores de engranaje			X
7- Las poleas están desgastadas		X	
8- Desgaste en el tornillo sinfín y el cilindro			X
9- Las bandas calefactoras están flojas			X
10- Sensor sucio/con defectos	X		
11- Obstrucción del intercambiador de calor.		X	
12- Corto circuito en el motor principal	X		
13- Corto circuito en las bandas calefactoras.	X		
14- Contactores defectuosos.	X		
15- Sensor defectuoso	X		
16- Relé de control dañado	X		

De acuerdo con la información que se muestra en la tabla 2.13 y el anexo 15, se concluye que la selección del grado de importancia de los equipos de la línea 3 de

producción se selecciona de acuerdo con el grupo al que pertenecen y el tipo de mantenimiento a aplicar en cada equipo. Ejemplo: para un mantenimiento correctivo perteneciente al grupo 3, el grado de importancia será bajo, para un mantenimiento planificado perteneciente al grupo 2, el grado será medio y para un mantenimiento predictivo perteneciente al grupo 1, el grado será alto.

### **Etapas 3 Aplicación del Cuadro de Mando Integral (Comparación).**

Esta etapa tiene como objetivo de acuerdo al análisis de la etapa anterior y sus resultados, determinar el tipo de control a aplicar y los indicadores para evaluar el control del mantenimiento en la fábrica Holplast.

#### **3.1 Construcción de la matriz OVAR.**

Los objetivos estratégicos están relacionados con el área de mantenimiento y en correspondencia con estos se despliegan las 15 variables de acción definidas por los expertos en este paso. Para aplicar el método de la matriz OVAR, se tuvo en cuenta el resultado del diagnóstico realizado en el 2017 según la metodología de Acosta Palmer (2013). Posteriormente se definieron los responsables, que son los subordinados directos de la dirección y del área de mantenimiento, que responden por el cumplimiento de los objetivos. En el anexo 16 se presenta la matriz confeccionada.

#### **3.2 Construcción del mapa estratégico del Cuadro de Mando Integral.**

Se confeccionó el mapa estratégico del cuadro de mando integral, en el cual se realizó una descripción integrada y lógica de la forma en que se llevó a cabo la estrategia, la relación entre las cuatro perspectivas del CMI, indicando las relaciones causa-efecto relativa a los recursos y capacidades de la empresa que deben conducir a los resultados estratégicos deseados (anexo 17).

#### **3.3 Cálculo de los indicadores del mantenimiento.**

A partir de los resultados de la matriz OVAR, considerando la revisión bibliográfica realizada sobre el tema, las opiniones de los especialistas consultados y la revisión de los resultados económicos de la organización, se procedió a la propuesta de indicadores (anexo 18) que más influyen en el área de mantenimiento respondiendo a los niveles de decisión, las cuatro perspectivas del cuadro de mando integral, tributando a eficiencia y eficacia. Además, se realizó una comparación entre los resultados

obtenidos en el último trimestre del 2017 y el primer trimestre del 2018 para ver el desempeño de los mismos. La propuesta de éstos, al igual que el cálculo de los mismos se encuentra en el anexo 19 y 20.

### **3.4 Aplicación del Cuadro de Mando Integral.**

Luego del diseño de cuadro de mando integral, se procedió a su aplicación permitiendo a los directivos examinar la empresa Holplast estableciendo estrategias desde las cuatro perspectivas anexo 21.

## **2.4 Conclusiones parciales del capítulo II**

De acuerdo con los elementos expuestos durante el desarrollo del capítulo, se puede concluir que:

1. El estudio de los diversos enfoques y materiales existentes sobre la temática, sirvieron de base para la confección del procedimiento para el control del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico, el cual consta de 4 etapas y 13 pasos. Además, emplea un conjunto de técnicas y herramientas, constituyendo este el aporte fundamental de la investigación.
2. El procedimiento para el control del mantenimiento permite realizar un análisis profundo a los equipos, mediante el empleo de la aplicación del análisis de modos de efectos y fallos (AMEF), identificando el tipo de fallo, su clasificación, las tareas de mantenimiento y el grado de importancia de los equipos de acuerdo al grupo y el tipo de mantenimiento a aplicar. Además de la aplicación del Cuadro de mando integral con sus principales herramientas (Matriz OVAR, mapa estratégico y los indicadores) para definir responsables, relacionar los procesos claves, evaluar los indicadores y por último relacionarlos con la alta dirección, mandos intermedios y sistema físico, están relacionarlos con las cuatro perspectivas (financiera, cliente, proceso y aprendizaje), tributando a la eficiencia y la eficacia de la empresa.
3. La aplicación parcial del procedimiento permitió corroborar su capacidad de ponerlo en práctica para contribuir a identificar las deficiencias que limitan los resultados de la actividad del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico.

## VALORACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO, SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL

Siempre que se apliquen las soluciones propuestas y se le dé seguimiento al análisis permite definir, desde el punto de vista económico, que el trabajo realizado puede originar los siguientes efectos:

- Constituye un ahorro para la organización al chequear constantemente los indicadores de gestión.
- Al utilizar el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM) se reduce el tiempo de parada ya que este permite el seguimiento de la evolución del defecto, lo que contribuye a poder realizar una mayor producción sin necesidad de una parada por falta de piezas de respuesto ya que las roturas se previenen con tiempo de antelación.

Desde el punto de vista **social** el trabajo realizado puede dar lugar a los siguientes efectos:

- Proporcionar un mejoramiento continuo del desarrollo de los procesos de mantenimiento en la empresa.
- Continuar con los cursos de capacitación a los trabajadores de mantenimiento en cuanto a las medidas que se deben tomar en cada caso, el conocimiento de las normas de la familia de las ISO 9001 y las OSHAS 18001 del 2015

Desde el punto de vista **medioambiental**, se considera que el trabajo puede influir de la siguiente forma:

- En el país se llevan a cabo importantes programas de protección ecológica y medioambiental, haciendo énfasis en las industrias, debido a que la mayoría utiliza sustancias químicas perjudiciales para el medio ambiente como lubricantes, grasas entre otros
- El conocimiento de las medidas ambientales a seguir.
- Mediante la aplicación del AMEF, se ha llegado a la conclusión de que ninguna de las fallas detectadas en los siete equipos que componen la línea de producción 3, de forma específica, y en general ninguna de las líneas de producción afectan al medio ambiente.

## **CONCLUSIONES**

1. Se identificaron las funciones básicas del mantenimiento: planificar, organizar y controlar y su funcionamiento, como requisitos fundamentales para garantizar la eficiencia organizacional en estas actividades.
2. La fábrica de tubos de Holguín (Holplast) presenta una eficiente gestión del mantenimiento. Sin embargo, existen dificultades con el suministro estable de piezas, componentes e insumos y con la inexistencia de un procedimiento idóneo para el control del mantenimiento.
3. Se propone un procedimiento para el control de la actividad del mantenimiento, estructurado en 4 etapas y 13 pasos, el cual permite controlar la ejecución de las actividades de gestión en las empresas de transformación del plástico en general y en específico en Holplast.
4. El procedimiento propuesto tiene como finalidad controlar el mantenimiento de acuerdo a las características específicas y distintivas de cada entidad encaminada a la actividad del plástico y a las características de su equipamiento.

## **RECOMENDACIONES**

1. Generalizar el procedimiento propuesto a otras fábricas de transformación de materiales plásticos en Cuba.
2. Continuar la divulgación de las experiencias y resultados obtenidos en el trabajo de investigación, a través de publicaciones en revistas de alto prestigio académico y participación en eventos científicos lo que contribuirá, de manera significativa, a la generalización de los resultados obtenidos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Acosta Palmer, H. R. (2012). Auditoría y Evaluación de la Gestión de la Calidad en el Mantenimiento.
2. Acosta Palmer, H. R. (2013). Resumen del diagnóstico del estado de la gestión del mantenimiento en las empresas seleccionadas por el Ministerio de Industrias. Resumen presentado en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba para proponer lo que sería la “Política de Mantenimiento” para Cuba.
3. Aerotar, S. A. (2017). Procedure for organizing and conduct of the general meetings of shareholders of aerostar S.A.
4. Albert Díaz, M. E., & Hernández Torres, M. (2006). La matriz OVAR. Herramienta para la implementación y el control estratégico.
5. Ángel Gasca, R. D. (2014). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la Empresa AGROANGEL. Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda, Colombia.
6. Arias Esteves, Y., & Hidalgo Domínguez, M. d. J. (2018). Estudio bibliométrico de la gestión de mantenimiento en SciELO.
7. Barcelona, E., TBA Facilities. (2012). Metodología para la evaluación de los Niveles de Calidad de los Servicios de Mantenimiento y otros Servicios contratados en edificios de oficinas.
8. Basabe Díaz, F., & Bejerano García, M. (2009). Estudio del Impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la Gestión del Mantenimiento Preventiva en la cantera salitre Blanco de Aguilar Construcción S.A. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia.
9. Basabe Díaz, F., & Bejerano García, M. (2009). Estudio del impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la gestión del mantenimiento preventivo en la cantera salitre Blanco de Aguilar Construcciones S.A.
10. Bontumps, W. H., & Burlando, B. D. (2012). Normalización y control de calidad en la industria de polipropileno.
11. Borroto Pentón, Y. (2005). Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara. Universidad Central de Las Villas, Villa Clara, Cuba.

12. Cabrera Gómez, J. (2003). Plataforma básica para un enfoque del mantenimiento centrado en la confiabilidad.
13. Campbell, J. D. (2009). Strategies for Excellence in Maintenance Management.
14. Carcel Carrasco, F. J. (2014). El mantenimiento industrial y el ciclo de gestión del conocimiento. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
15. Cárdenas Saravia, T. I. (2009). Diseño de un cuadro de mando integral
16. Cassady , C. R., & Kutanoglu , E. (2005). Integrating Preventive Maintenance Planning and Production Scheduling for a Single Machine.
17. Castillo Leyva, Y. A., & Rojas Batista, D. A. (2017). Evaluación de la Gestión de la Calidad en el mantenimiento en la Fábrica de Tubos de Holguín (HOLPLAST)
18. Colectivo, d. A. (2006). Reliability and Optimal Maintenance.
19. Colectivo, d. A. (2007). Manual de indicadores de mantenimiento.
20. Colectivo, d. A. (2009). Recent Advances in Maintenance and Infrastructure Management.
21. Colectivo, d. A. (2010). Indicadores para la gestión del mantenimiento.
22. Costa C, D. J., Hernández J, Leiva Ana Maria, Verdú, F. (2003). Cuadro de mando integral (Balanced Scorecard).
23. Cruzado Sánchez, A. (2014). Modelo de Gestión de Mantenimiento enfocado en la Gestión por procesos para la mejora de la productividad y la competitividad en una asociación de MYPES del sector textil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.
24. Cuartas Pérez, L. A. (2008). ¿What's the maintenance?
25. De la Paz Martínez, E. (2011). Estrategias y criterios en la función mantenimiento Material del curso de “Estrategias y criterios en la función del mantenimiento”, Universidad Central de las Villas “Marta Abreu”.
26. De la Paz Martínez, E. (2003). Actualidad y Perspectivas del Mantenimiento en los servicios públicos. Curso de IV Congreso Cubano de Mantenimiento. Universidad Central de Las Villas. Cuba.
27. Donayre Velazco, E. J. (2014). Diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento para una Empresa de Servicios de Elevación de LIMA. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

28. Española, N. (2003). Gestión en la confiabilidad.
29. Espinosa Fuentes, F. (2010). Auditoría para la efectividad del mantenimiento.
30. Espinosa Fuentes, F. (2010). Mantenibilidad y análisis del trabajo.
31. Fernández Arena, E. (2009). "El Mantenimiento Preventivo Planificado en las Instalaciones Hoteleras, una prioridad insoslayable, pero ¿cómo está?. Retos Turísticos." Tesis para optar por el título de Máster en Administración de Empresas, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Cuba.
32. Fernández Arenas, E. (2009). Procedimiento de Evaluación y Control para Gestión del Mantenimiento en Hoteles, mediante Indicador General. Universidad de Matanzas Cuba.
33. García Gómez, A. (2013). Metodología para la evaluación y selección de proveedores de mantenimiento. Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia.
34. García Monsalve, G., González S , H., & Cortés M , E. (2009). Metodología de mantenimiento con posible aplicación en el sector agroindustrial
35. Ginebra, S. S. C. d. I. e. (2015). Norma internacional ISO 9001.
36. Gómez Real, M. (2007). Gestión del mantenimiento
37. González Balanta, I. A. (2009). Modelo de Gestión Mantenimiento Basado en la Metodología de Riesgo.
38. Grupo, d. F. (2010). Evaluación y control de la gestión del mantenimiento.
39. Hacienda, d. M. S. d. (2011). Metodología para la evaluación de programas de inversión de adquisiciones y mantenimiento.
40. Hernández Flórez, J. G. (2014). Metodología para evaluar un sistema de mantenimiento efectivo basado en Facility Management para un centro hospitalario Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
41. Hernández Paneque, Y. (2016). Sistema de mantenimiento para la línea de extrusión de polietileno de alta densidad (PEAD) en Holplast. Universidad de Holguín, Cuba.
42. Hidalgo Feria, P. M., Martínez Segura, A. J., & Terán Torres, D. P. (2008). Diseño e implementación de un sistema de control de gestión basado en la metodología del balanced scorecard y gestión por procesos.
43. Holguín, D. (2010). Metodología y mecanismo de Control de Mantenimiento de equipos en la Droguería Holguín.

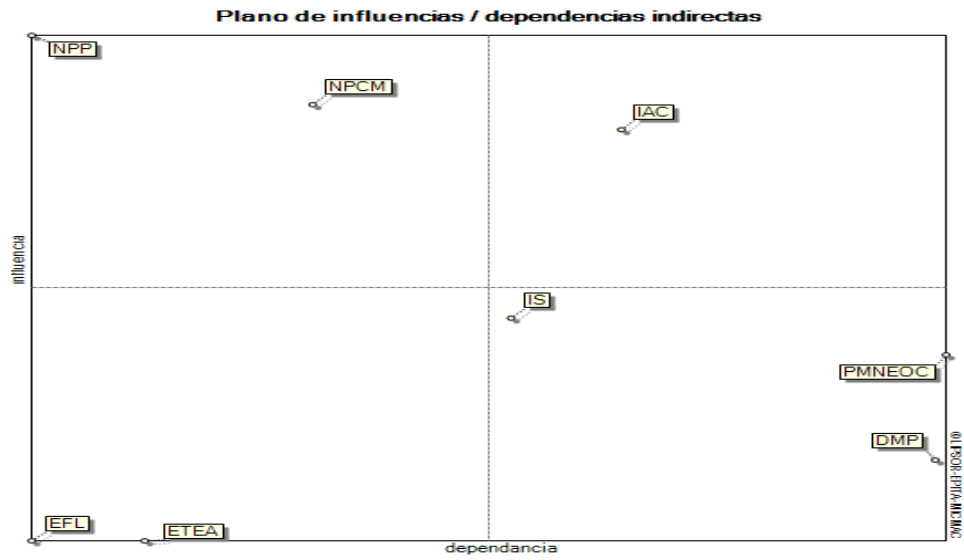
44. Innovación, d. C. R. C. E. d. E. e. (2009). Manual de experiencias de plan estratégico y CMI.
45. Inspector, d. A. (2009). Evaluación del manual de procedimiento de una organización de mantenimiento
46. Iverson, K. (2009). Evaluación y control.
47. Kaplan, R., & Norton, D. (1992). Cuadro de Mando Integral.
48. Knezevic, J. (1998). Mantenibilidad.
49. Kondev , G., & Stefanov , S. (2016). Organizing maintenance management activities in the industrial company.
50. Labañino Fernández, J. E. (2013). Análisis del sistema de mantenimiento del decorador 6cmp\*800 de la Empresa de Envases de Aluminio (ENVAL) Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.
51. local, M. d. d. (2010). Cuadro de mando integral.
52. Management, F. (2001). Manual del ingeniero de mantenimiento.
53. Mulugeta Asaye, A. (2009). Evaluación of maintenance management through benchmarking in geothermal power plants
54. Muñoz Abella, M. B. (2009). Mantenimiento Industrial
55. Niven , P. (2008). Estrategia y Balanced Scorecard.
56. Norma, E. (1993). Gestión de confiabilidad.
57. PCC. (2011). Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, Cuba. Aprobado el 18 de abril de 2011
58. PCC. (2016). Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, Cuba. Aprobado en 2016.
59. Pérez Aspuro, R. (2011). Tuberías lisas y piezas termofusibles de polietileno de alta densidad (PEAD) como fondo exportable Universidad de Holguín, Cuba.
60. Pérez Campaña, M. (2005). Contribución al control de la gestión en elementos de la cadena de suministro. Universidad Central de Las Villas, Villa Clara, Cuba.
61. Pérez Pérez , M. (2016). Modelo de gestión del mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo para Fábricas de transformación de plásticos Universidad de Holguín, Cuba.

62. Pérez Velásquez, O. J. (2017). Evaluación de la Gestión de la Calidad en el mantenimiento en la Fábrica de Tubos de Holguín (HOLPLAST).
63. Portuondo Pichardo, F. (2008). Sistema alternativo de mantenimiento Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría”, La Habana, Cuba.
64. Poveda Guevara, A. J. ((s/f)). Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para el desarrollo de Planes de Mantenimiento.
65. Prando, R. R. (1996). Manual de gestión de mantenimiento a la medida.
66. Rivera Estay, J. L. (2015). Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y costos.
67. Romero, C. A. (2010). Evaluación de la gestión del mantenimiento.
68. Romero M, C. A. (2010). Evaluación de la gestión de mantenimiento y validación de correctivos.
69. Sanín, H. A. (1999). Control de gestión y evaluación de resultados en la gerencia pública
70. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social – ILPES, Santiago de Chile, Chile.
71. Schools, C. C. P. (2012). Maintenance department procedures manual.
72. Sueldo, A. (2009). El Cuadro de Mando Integral como Herramienta de Gestión Estratégica.
73. Tavares, L. A. (2010). Administración moderna de mantenimiento.
74. tecnológica, D. (1991). Manual de mantenimiento.
75. Toirac Núñez, E. M., Torres Álvarez, M., & Zaldívar Zaragoza, L. (2016). Estudio bibliométrico de la gestión de riesgos como componente de control interno en Iberoamérica.
76. Turmero Astros, I. J. (2008). Diseño de un sistema para evaluar la gestión del mantenimiento en las líneas del Sistema de Transmisión Troncal.
77. Turmero Astros, I. J. (2008). Evaluación y diseño de un Sistema de gestión del mantenimiento.
78. Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo.
79. Web, S. (2012). Análisis de modos de efectos y fallos (AMEF). Disponible en:

80. [http://www.geocities.ws/sima\\_tpm/SimaanalisisAmef.html](http://www.geocities.ws/sima_tpm/SimaanalisisAmef.html)

# ANEXOS

## ANEXO 1. Matriz de Impactos Cruzados– Multiplicación Aplicada a una Clasificación



## ANEXO 2

**Tabla 1.** Propuestas metodológicas para la evaluación y control del mantenimiento

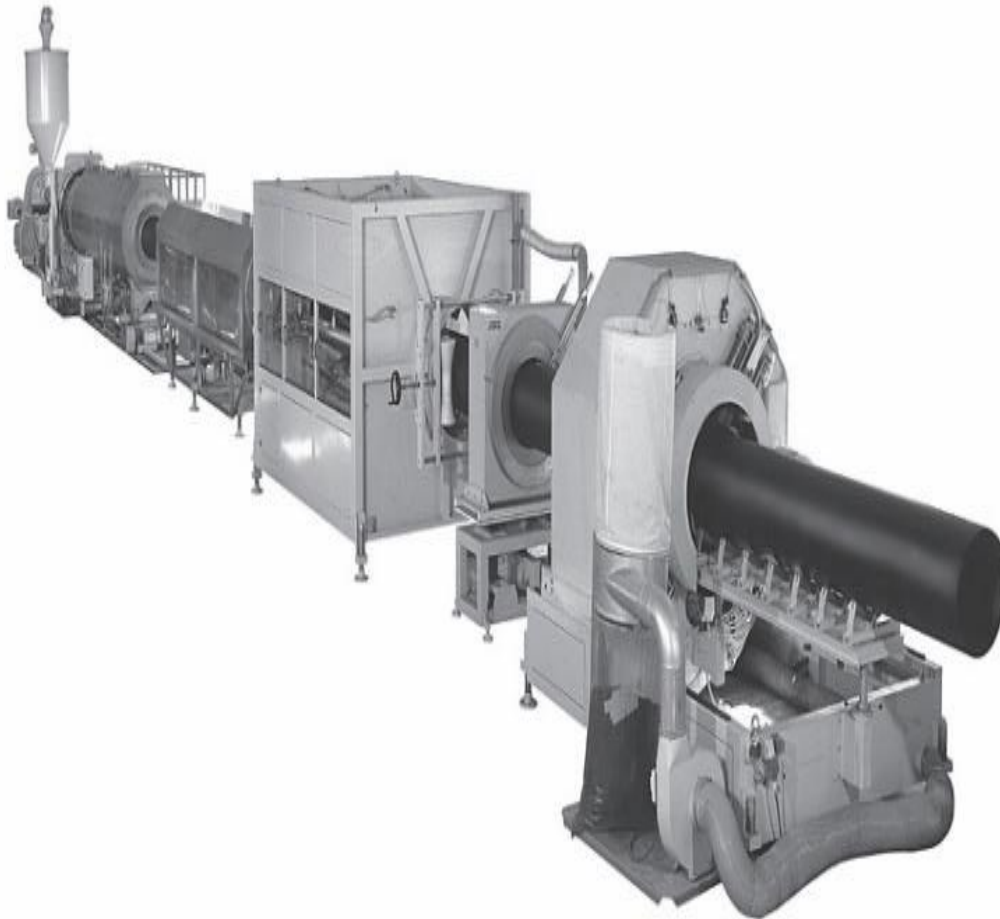
<b>Año</b>	<b>Autor</b>	<b>Propuesta</b>
1999	Héctor Sanín Angel	Manual de control de la gestión y evaluación del mantenimiento
2008	Iván José Turmero Astros	Diseño de un sistema para evaluar la gestión del mantenimiento en las líneas del Sistema de Transmisión Troncal
2008	Iván José Turmero Astros	Evaluación y diseño de un Sistema de gestión del mantenimiento
2010	Claudia A Romero	Evaluación de la gestión de mantenimiento y validación de correctivos
2014	Juan Guillermo Hernández Flores	Metodología para Evaluar un Sistema de mantenimiento efectivo basado en <u>Facility Management</u>
2013	Alejandro García Gómez	Metodología para la Evaluación y Selección de proveedores de sistemas de mantenimiento
2012	Bontumps, W.H. y Burlando, B.D	Normalización y control de calidad en la industria de polipropileno
2009	Germán García Monsalve, Hugo González, Elkin Cortés	Metodología de mantenimiento con posible aplicación en el sector agroindustrial
2011	Secretaría de hacienda, Mexico	Metodología para la Evaluación de programas de inversión de Adquisiciones y Mantenimiento
2015	José Luis Rivera Estay	Modelo de tomas de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y costos
2012	TBA Facilities, Barcelona, España	Metodología para la evaluación de los Niveles de Calidad de los Servicios de Mantenimiento y otros Servicios contratados en edificios de oficinas (TBA Facilities)
2009	Ider Amir González Balanta	Modelo de Gestión Mantenimiento Basado en la Metodología de Riesgo
2013	Pablo Viveros, Raúl Stegmaier, Fredy Kristjanpoller, Luis Barbera, Adolfo Crespo2	Modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo
2014	Rafael David Ángel Gasca	Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la Empresa AGROANGEL
2014	Enzo Jair Donayre Velazco	Diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento para una Empresa de Servicios de Elevación de LIMA

2014	Antonio Cruzado Sánchez	Modelo de Gestión de Mantenimiento enfocado en la Gestión por procesos para la mejora de la productividad y la competitividad en una asociación de MYPES del sector textil
2009	Emilio Fernández Armas	Procedimiento de Evaluación y Control para Gestión del Mantenimiento en Hoteles, mediante Indicador General
2010	Droguería Holguín	Metodología y mecanismo de Control de Mantenimiento de equipos en la Droguería Holguín
2009	Fabián Basabe Díaz, Manuela Bejerano García	Estudio del Impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la Gestión del Mantenimiento Preventiva en la cantera salitre Blanco de Aguilar Construcción S.A

### ANEXO 3 Equipamiento de las líneas de producción

**Tabla 2.** Características Técnicas de la Fábrica de Tubos de Holguín (Holplast).

Equipo	Modelo	Fabricante	País	Año
Extrusora	NE 5.30D	Hans Machinenfabrik GmbH	Weber Alemania	2013
Tanque de calibración	PRIMAC-CV-2C/125-6	Baruffaldi Technology	Plastic Italia	2013
Tanque de enfriamiento	PRIMAC-VR-T/125-6	Baruffaldi Technology	Plastic Italia	2013
Máquina de maracado	PRIMA-TAN-T1/10-200	Baruffaldi Technology	Plastic Italia	2013
Carro de arrastre	TR 125/3	IPM S.r.l	Italia	2013
Cortadora	TS 125	IPM S.r.l	Italia	2013
Volcador	RIB	IPM S.r.l	Italia	2013



### **ANEXO 3** Continuación

Equipamiento de las líneas.

La línea 1 cuenta con los siguientes equipos, según el flujo tecnológico, que es el mismo para las tres líneas de producción:

1. Extrusora tipo: PO 1000 VS 418 FS
2. Tanque calibrador: V 1001 VA
3. Tanque de enfriamiento: K 1001 VA
4. Máquina de marcado: MAC 1200-RLD-2
5. Máquina de arrastre: R 250/6E
6. Cortadora de tubos: TU 1000 P

La línea 2 cuenta con los siguientes equipos en su flujo de producción:

1. Extrusora tipo: PO 1000 VS 418 FS
2. Tanque calibrador: V 500 VA
3. Tanque de enfriamiento: CB-500
4. Máquina de marcado: MAC 500-CCRD-2
5. Máquina de arrastre: R 500-6E
6. Cortadora satelitales: TU 500 P

La línea 3 cuenta con los siguientes equipos:

1. Extrusora: NE 530D
2. Tanque calibrador: CV-2C-125-6V3F
3. Tanque de enfriamiento: VRT-125-6
4. Máquina de marcado: TAN-T1-10-200
5. Máquina de arrastre: TR 125-3
6. Cortadora de tubos: TS 125

Los equipos de las líneas de producción 1 y 2 son de procedencia alemana. La línea 3 es mixta, procedente de Italia y Alemania.

#### **ANEXO 4** Descripción del proceso tecnológico en la producción de tubos de polietileno de alta densidad (PEAD)

La producción de tubos por extrusión es un proceso continuo que cuenta con tres líneas de producción, en el que intervienen los siguientes equipos según el orden que se describe a continuación:

**Extrusora:** Procesa la materia prima sólida en forma de pellets, la fusiona y homogeniza. Su trabajo es continuo, calienta el material a la temperatura de fusión del polietileno, entre 190 °C y 220 °C. Cuenta con un motor eléctrico que tiene velocidad variable, en correspondencia con la necesidad de la producción de masa plástica. La velocidad de transformación de la masa plástica en la extrusora oscila entre 100 kg/h (para los diámetros de tuberías pequeñas) y para los diámetros mayores puede ser de hasta 1 000 kg/h.

**Cabezal herramental:** Transforma la masa plástica de cilindro compacto a la forma cilíndrica del tubo. Los herramentales o partes del cabezal vienen con los diámetros para cada tubo específico. Mantiene la temperatura del material fundido, mediante resistencias de calentamiento las cuales se regulan a través de un sistema de control. Las marcas coloreadas de los tubos se realizan en un orificio que tiene incorporado de acuerdo a la solicitud del cliente.

**Tanque de calibración:** Equipo donde en realidad se forma el tubo con su diámetro y espesor, esto se logra con el vacío producido por él, mediante las bombas de vacío que tiene incorporadas y el calibrador.

**Tanque de enfriamiento:** Tiene en su construcción los rodillos guías del tubo, los aspersores de enfriamiento distribuidos en su interior a todo lo largo, las bombas centrífugas para la recirculación del agua fría y todo el sistema de enfriamiento, los filtros y la caja de agua fría. En la cabeza de entrada y en la de salida tiene incorporado bridas y tapacetes de goma para evitar el vertimiento de agua al exterior. Las líneas de producción, en dependencia de su magnitud, pueden tener dos y hasta tres cajas de enfriamiento.

**Máquina de marcado:** Su función es la de marcar los tubos plásticos. Los troqueles montados en una rueda calentada por una resistencia, facilitando de esta manera el

marcado sobre el tubo. Entre los troqueles y el producto para marcar corre una cinta coloreada que da al marcado un color determinado.

Carro de arrastre: Su función principal es la de trasladar el tubo a lo largo de la línea de extrusión, la máquina no ejecuta ninguna transformación física sobre el producto, solamente suministra la energía necesaria para el movimiento. La velocidad necesaria en el equipo es de acuerdo con el diámetro exterior del tubo y el espesor que se requiere, en dependencia de la presión nominal. La velocidad es inversamente proporcional al espesor del tubo.



Cortadora: La máquina se utiliza para cortar tubos en piezas de diferentes longitudes. El corte se efectúa por medio de la penetración de la hoja que rueda alrededor del tubo. Estas cortadoras realizan generalmente el corte de forma orbital. Los cortes se programan según la longitud del tubo que se requiere, usualmente el corte se hace a 12 m por motivos de transportación.

Volcador: El tubo cortado anteriormente y elaborado en la línea de extrusión llega al volcador, que mediante la bajada del brazo móvil lo descarga en el recipiente de recolección de los tubos. El operador se encargará sucesivamente de su remoción con medios de transporte adecuados en cuanto a peso y dimensiones.

Control automático del proceso: El sistema del control y la dirección del proceso se realizan a través de microprocesadores y se reflejan en los paneles de mando y control incorporados a la extrusora y son operados a través de estos. Todo este sistema automático de dirección y de control viabiliza las operaciones desde el panel de mando a los operadores y diagnostica las alarmas en tiempos reales.

Sistema de enfriamiento del agua: La función fundamental del sistema de enfriamiento del agua es mantener la temperatura del agua en los aspersores de las cajas de enfriamiento, entre 12 °C y 17 °C, y regular la reposición del agua perdida en el sistema. Secador de materia prima (deshumidificador): El secador de materia prima tiene la función de extraer la humedad que contiene la materia prima y suministrarla a la extrusora en condiciones óptimas para la producción.

## ANEXO 5 Política Integrada de Gestión de la empresa Holplast

	<b>Sistema Integrado de Gestión</b>	<b>DSIG 02</b>		
		<i>Versión: 0</i>	<i>Ejemplar: 1</i>	
	<b>Política Integrada de Gestión</b>	<b>Vigente desde: 2016</b>	<b>Página 1 de 1</b>	

### Política Integrada de Gestión

HOLPLAST, tiene el propósito de producir y comercializar tubos y conexiones de polietileno de alta densidad para la conducción de agua de manera segura, confiable, eficaz y eficiente, mediante el mejoramiento continuo de su desempeño, para que sean satisfechas las necesidades y expectativas de los clientes internos y externos, se reduzcan al mínimo razonable los riesgos asociados a la seguridad y salud en el trabajo, la prevención de los daños y deterioro de la salud protegiendo el medio ambiente y se prevenga la contaminación con un aprovechamiento racional de los recursos.

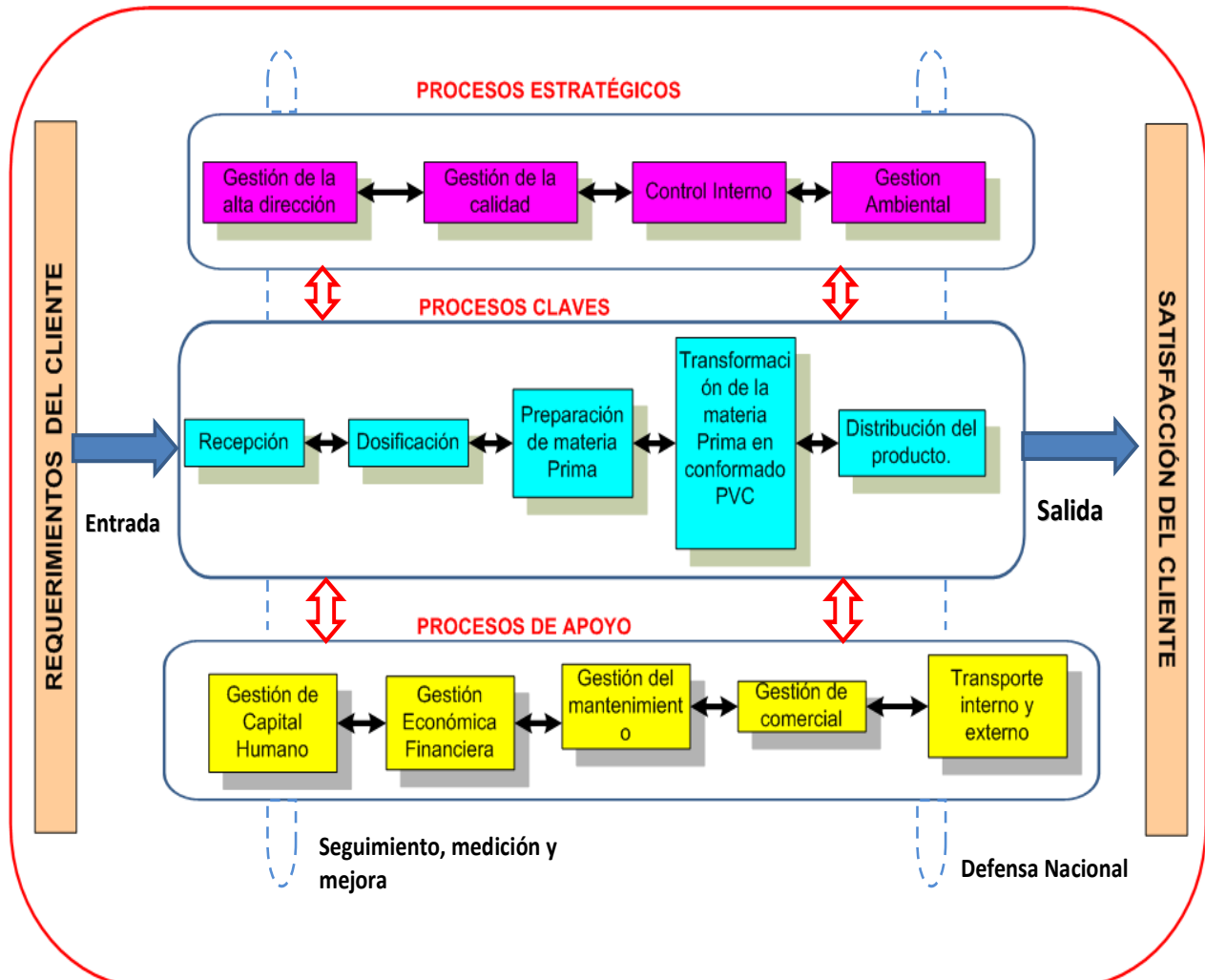
La Dirección de la Empresa está comprometida a cumplir con los requisitos de su Sistema Integrado de Gestión, de manera tal que satisfaga los requisitos de las normas NC ISO 9001, NC ISO 14001, NC 18001 y ISO/IEC 17025 integrando además su Sistema de Control Interno implementado según requisitos de la Resolución 60/2011 de la Contraloría General de la República y los requisitos legales y reglamentarios aplicables.

Para lograr esos objetivos se garantizará que el personal esté provisto de la formación, competencia y recursos necesarios. Además de cumplir con los diferentes ensayos a la materia prima y productos terminados, y el compromiso de la dirección del laboratorio de realizar buenas prácticas profesionales logrando la calidad de los mismos y la confianza de su competencia. Esta política proporciona un marco de referencia para revisar y establecer los objetivos estratégicos y que sea compatible con la dirección estratégica de la organización, es comunicada, entendida, aplicada y mantenida al día por todos sus trabajadores y se revisa para su continua adecuación.

Elaborado por: Ing. Richard Rodríguez A.		Revisado por: Ing. Noemi Concepción González		Aprobado por: Ing. Rolando Fornaris Villanueva	
<b>Cargo: Especialista Gestión Calidad</b>		<b>Cargo: Especialista Gestión Calidad EP.</b>		<b>Cargo: Director General</b>	
Firma	Fecha	Firma	Fecha	Firma	Fecha

## ANEXO 6 Mapa de Procesos de Holplast

### Mapa de Proceso Empresa HOLPLAST



#### Área de Recursos Humanos:

- Garantizar los niveles de organización alcanzados en la gestión de los Recursos Humanos, que permita el adecuado desempeño de la fuerza laboral a través de una mejor organización del trabajo, así como el cumplimiento de los planes de capacitación y desarrollo, que aseguren una mejora en el aprovechamiento del potencial humano de nuestra organización, incluyendo la aplicación correcta de la política de Cuadro y de la política de SST.
- Establecer las competencias de amplio perfil para cada uno de nuestros puestos de trabajo.

- Certificar el Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Certificar el Sistema de Gestión de Capital Humano.

### **Área contable y financiera**

- Establecer estrategias para reducción de gastos.
- Cumplir con el pago de las obligaciones del Estado
- Mantener la certificación de la Contabilidad y los resultados de aceptable en el Control Interno

### **Área de Dirección Administrativa**

- Lograr un suministro estable de la materia prima.
- Garantizar los insumos con la calidad requerida y en los plazos solicitados.
- Garantizar el aseguramiento estable de las piezas de repuesto.

### **Nave de producción**

- Mantener el fortalecimiento de la actividad de gestión tecnológica, combinando la mejora paulatina de la tecnología con el cumplimiento de las políticas y tareas del Programa Energético de manera tal que se logre un uso racional de la energía eléctrica y los combustibles.
- Elaborar la documentación tecnológica de la Producción de tuberías.

Lograr la certificación del Sistema de Gestión Ambiental e Innovación Tecnológica.

### **Área de Laboratorio**

- Mantener la certificación del Sistema de Gestión de la Calidad y ampliar el alcance del mismo a las piezas de conexiones.
- Lograr la acreditación del laboratorio.
- Lograr la certificación del Sistema de Gestión de la Calidad con el Buró Veritas

### **Recursos Humanos**

Conocer las características del capital humano es imprescindible, para el funcionamiento de la entidad. Un trabajador capacitado, informado y motivado contribuye al logro de los objetivos organizacionales. De ahí la importancia de conocer las principales características del capital humano con que se cuenta. La Empresa Holplast de Holguín cuenta con 60 trabajadores de los cual se conoce la siguiente distribución por categoría ocupacional: 23 obreros (13,8%), 2 de servicios (1,2%), 24

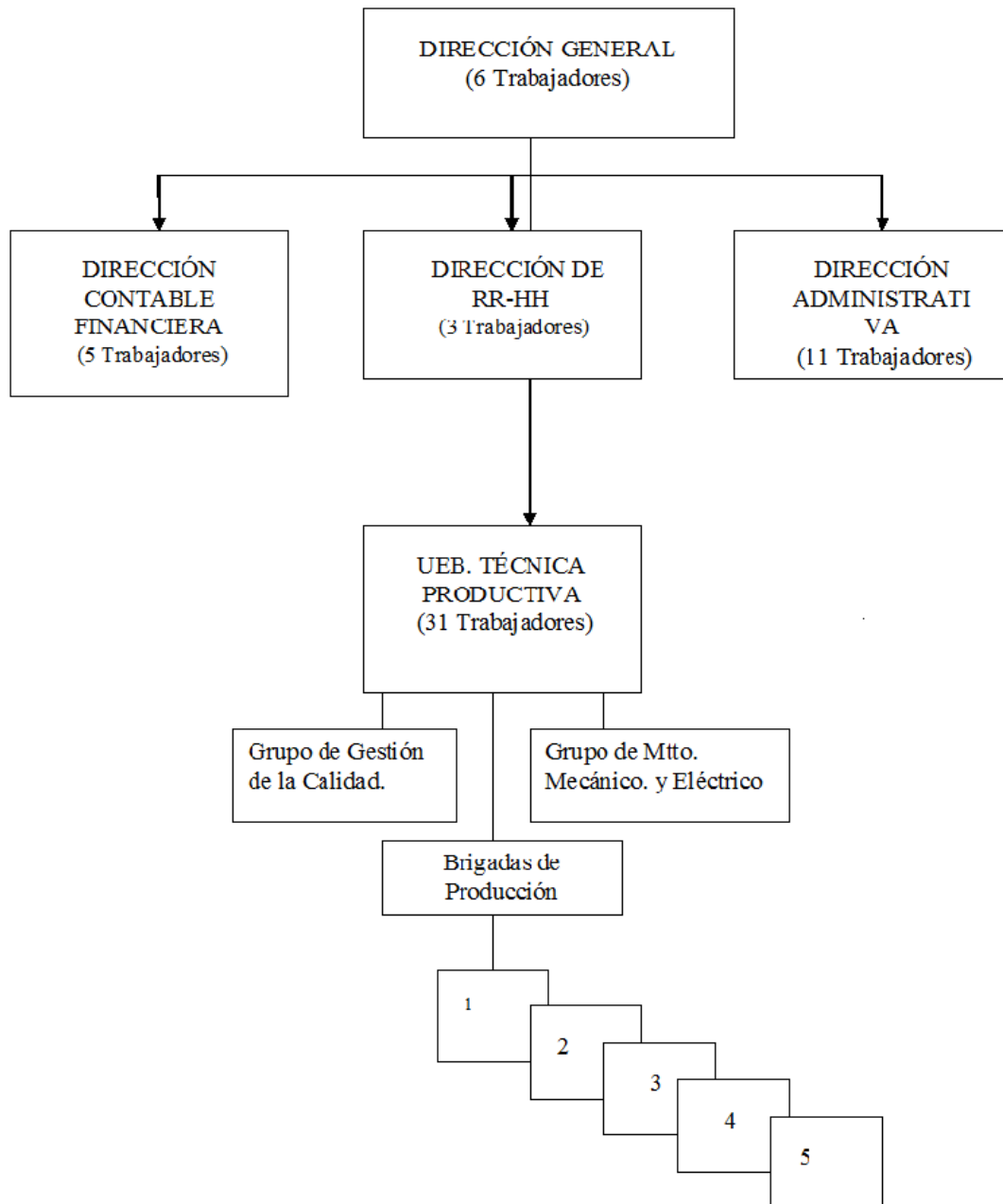
técnicos (14,4%), y 11 cuadros (6,6%). Esta composición se corresponde con el objeto social de la organización.

En cuanto a la distribución por sexo, predomina la fuerza masculina, del total de trabajadores 48 son hombres. Respecto al nivel escolar, se observa que 35 son de nivel superior, lo cual representa un 21 % del total.

La edad por grupo se distribuye como sigue: 4 trabajadores menores de 25 años, 20 entre los 26 y 35 años, 14 entre los 36 y 45 años, 18 entre 46 y 55 y con más de 55 años hay 4 trabajadores.

## ANEXO 7 Estructura Organizativa y organigrama de Holplast

### Anexo 1 - Estructura organizativa



**ANEXO 8** Medición de la satisfacción de los clientes internos de los procesos

	Sistema de Gestión de la Calidad	Código: RFP 01-04	
	MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LOS CLIENTES INTERNOS DE LOS PROCESOS	Proceso:  Período:	
Puntuación otorgada de 1 a 10			
<b>Procesos</b>		<b>Puntos Obtenidos</b>	
01 Gestión Estratégica de la Dirección			
02 Gestión Económica			
03 Gestión de los Recursos Humanos			
04 Gestión Logística			
05 Gestión del Mantenimiento			
06 Producción			
07 Gestión del Laboratorio			
Comentarios sobre los aspectos negativos:			
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>			
<p>Criterio de puntuación:                  Insatisfecho: 1-5 puntos.                  Satisfecho: 6-8 puntos.                  Muy satisfecho: 9-10 puntos.</p>			
Nombre y Apellidos _____		Firma: _____	Fecha _____
Responsable del proceso			

## ANEXO 9 Impactos Ambientales

**Tabla 3.** Impactos ambientales generados en Holplast

Actividad	Aspecto Asociado	Impacto Ambiental	Carácter del Impacto	Valoración del Impacto
Fabricación de tubos plásticos	Emisiones de ruido a la atmósfera	Contaminación sonora	Negativo	Moderado
Trabajos de mantenimiento y reparación	Emisiones de ruido a la atmósfera	Afectación a la salud del trabajador	Negativo	Moderado
Generación de energía eléctrica auxiliar	Derrame de aceite	Contaminación del suelo y el manto.	Negativo	Moderado
	Roturas de líneas y equipos tecnológicos durante la operación	Contaminación del suelo y las aguas subterráneas.	Negativo	Moderado
Reparación y mantenimiento	Dispersión de trapos, estopas y papel impregnados en hidrocarburos y lubricantes.	Contaminación del medio por la generación de desechos peligrosos	Negativo	Moderado
	Vertimiento de aguas oleosas.	Contaminación del suelo y/o las aguas del manto	Negativo	Leve
Mantenimiento a equipos de refrigeración y aires	Utilización de gases refrigerantes	Agotamiento de la capa de Ozono.	Negativo	Leve
Reparación y mantenimiento Fregado y engrase de partes y piezas	Vertimiento de aguas oleosas	Contaminación del suelo y/o las aguas del manto	Negativo	Moderado
Explotación de las estaciones de transformadores.	Derrame de aceite	Contaminación del suelo y el manto.	Negativo	Moderado
	Áreas de riesgos señalizadas.	Disminución de la posibilidad de ocurrencia de incendios	Positivo	Moderado
	Sistema contra incendio automatizado.			
Almacenamiento de materias primas y productos terminados.	Sobre compactación del suelo en áreas aledañas a la empresa.	Pérdida del valor estético del paisaje.	negativo	Elevado

Producción de tubos plásticos	Índices de consumo de electricidad por unidad de materia prima procesada por debajo de la especificación técnica del equipamiento instalado.	Ahorro de fuentes energéticas no renovables	Positivo	Elevado
	Índices de consumo de los grupos eléctricos, inferiores a los especificados por el fabricante	Ahorro de fuentes energéticas no renovables	Positivo	Elevado
Actividad socio administrativa	Bajo conocimiento ambiental de los trabajadores y directivos	Incapacidad para prevenir o combatir impactos ambientales	Negativo	Elevado
	Emisión de residuales albañales desde el área	Contaminación del medio ambiente	Negativo	Leve

**ANEXO 10** Evaluación cuantitativa de las áreas de actuación en Holplast

No.	Categoría de la gestión de Mantenimiento	META	Calificación del Mantenimiento	%
1.	Organización General del Mantenimiento	15	14.13	94.20
2.	Recursos Humanos	10	8.52	85.20
3.	Control Económico	15	15.00	100.00
4.	Planif, programación y control	15	13.13	87.53
5.	Ingeniería de Mantenimiento	20	15.68	78.38
6	Tercerización	10	8.40	84.00
7	Gestión de seguridad	15	8.25	55.00
	Total	100	83.11	Bien

**ANEXO 11** Selección y determinación del número de expertos. Análisis de concordancia y significación de juicios. Fuente: Pérez Campaña (2005).

**(A)** La cantidad de expertos depende de la complejidad y las características del trabajo a realizar. El grupo de expertos debe estar entre 7 y 15 para mantener un nivel de confianza y calificación elevado (NC 49:1981 C. Calidad. Métodos de expertos). La determinación del número de expertos se realiza utilizando criterios basados en la distribución binomial de probabilidad. Para esto se utiliza la siguiente expresión:

$$M = \frac{P * (1 - P) * K}{i_2}$$

Donde:

M: Cantidad de expertos

i: Nivel de precisión deseado

P: Proporción estimada de errores de los expertos

K: Constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido

Los valores de K se ofrecen a continuación:

Nivel de confianza (%)	Valor de K
99	6,6564
95	3,8416
90	2,6896

**(B)** Para la selección de la comunidad de expertos a utilizar en la obtención de los pesos de importancia relativa de los atributos (Wad), en la que se establecen los siguientes requisitos generales:

- Interés en participar en el estudio: el personal experto debe estar de antemano motivado a participar y a ofrecer sus criterios sin prejuicios de ninguna índole;
- Objetividad: ser profundo y objetivo en los análisis y juicios aportados;
- No estar comprometido con los resultados, de manera tal que sus motivaciones e intereses individuales no se superpongan con el problema abordado, evidenciando imparcialidad.

## Continuación del ANEXO 11

**(C)** Análisis de la concordancia y la significación de los juicios de los expertos:

Con el resultado de la evaluación de los expertos se deberá evaluar el grado de concordancia o de acuerdo existente entre ellos, utilizándose para ello el Coeficiente de Concordancia W de Kendall que se representa por la expresión siguiente:

$$W = \frac{12 * \sum(\Delta)^2}{M^2 * (k^3 - k)}$$

Donde:

M: Cantidad de expertos

K: Número de atributos, características o criterios a evaluar

$\Delta$ : Desviación del valor medio de los juicios emitidos. Este valor se determina a través de la siguiente expresión:

$$\Delta = \sum_{j=1}^m a_{ij} - T$$

Donde:

$a_{ij}$ : Juicio de importancia del atributo i dado por el experto j.

T: Factor de comparación (valor medio de los rangos)

$T = 0,5 * M * (k+1)$

El coeficiente de concordancia de Kendall expresa el grado de asociación (concordancia) entre los M y los expertos, por tanto es una medida de correlación utilizando rangos. Para analizar la significación y/o grado de confiabilidad del juicio de los expertos, se emplean las siguientes pruebas estadísticas.



## Continuación del ANEXO 12

2. Realice una autovaloración sobre el grado de incidencia que ha tenido en su conocimiento cada una de las fuentes de información que se relacionan seguidamente. Marque con una **X**, según corresponda, en A (alto), M (medio) o B (bajo) el grado de influencia.

Fuente del conocimiento	Grado de influencia de cada una de las fuentes		
	A (alto) (0.6 – 1)	M (medio) (0.3 – 0.59)	B (bajo) (0 – 0.29)
Análisis teóricos realizados por usted			
Experiencia de trabajo en la actividad			
Trabajo de autores nacionales consultados			
Trabajo de autores extranjeros consultados			
Su propio conocimiento del estado del problema en el territorio y el país			
Su intuición			

Puede incluir a otros investigadores si lo considera necesario.

Posibles expertos	1	2	3	4	5	6
Ángel Tomas Pérez Rodríguez						
Elio Rafael Hidalgo Batista						
Jorge Labañino Fernández						
Marian Pérez Pérez						
Noemí González Concepción						
Juan S Fuentes Guilarte						
Daniel González Suárez						
Xiomara Guethón Toledo						
Ángel Tomas Pérez Rodríguez						
Elio Rafael Hidalgo Batista						

**Muchas gracias por su colaboración.**

**ANEXO 13** Encuesta para la evaluación del nivel de eficacia del procedimiento

**Cuestionario para la evaluación del nivel de eficacia del procedimiento para el control del mantenimiento en las Fábricas de transformación del plástico.**

Con la intención de evaluar el grado de relevancia que usted, como experto, le amerita al procedimiento propuesto, se presentan a continuación y en síntesis, las 4 etapas de que consta el mismo. Se describe cada etapa prestando atención a sus objetivos.

Usted debe responder, según el grado de relevancia que le asigna a cada uno de los momentos de la propuesta para el desarrollo del procedimiento en la entidad, utilizando los siguientes parámetros:

MR: Muy relevante	BR: Bastante relevante	R: Relevante	PR: Poco relevante	NR: No relevante
-------------------	------------------------	--------------	--------------------	------------------

**Etapla 1. Involucramiento y compromiso \_\_\_\_\_**

Esta etapa tiene como objetivos crear el grupo de trabajo, involucrar y alcanzar un mayor compromiso, preparación y participación activa de todo el personal implicado, desde la alta dirección, el jefe de mantenimiento que dirige y se responsabiliza por el cumplimiento de las tareas de mantenimiento, así como personal directo que participa en el proceso de producción, además de profesores y estudiantes de la Universidad.

1.1 Creación del grupo de trabajo.

1.2 Capacitación del grupo de trabajo.

1.3 Compromiso de la alta dirección.

Técnicas a utilizar: Criterio de experto, trabajo en grupo, entrevistas, charlas, debates, revisión de documentos, observación directa.

**Etapla 2. Aplicación del Análisis de Modos de Efectos y Fallos (AMEF) \_\_\_\_\_**

Esta etapa tiene como objetivo la aplicación del Análisis de Modos de Efectos y Fallos para determinar el grado de importancia del equipo de acuerdo a los tres grupos de clasificación y el tipo de mantenimiento a aplicar.

2.1 Análisis de Modos de Efectos y Fallos.

2.2 Clasificación de los fallos.

2.3 Análisis de los fallos para la selección del tipo de mantenimiento de los equipos

## **Continuación del ANEXO 13**

2.4 Selección del grado de importancia del equipo según el análisis de fallos.

### **Etapas 3. Aplicación del Cuadro de Mando Integral (CMI) \_\_\_\_\_**

En esta etapa se siguen los siguientes pasos: construcción de la matriz OVAR, elaboración del mapa estratégico, determinar los indicadores para el mantenimiento y, por último, la elaboración del cuadro de mando integral para el control del mantenimiento.

3.1 El método OVAR para definir responsabilidades.

3.2 Elaborar el mapa del Cuadro de Mando Integral (CMI).

3.3 Determinar los indicadores para evaluar el mantenimiento.

3.4 Diseñar el Cuadro de Mando Integral (CMI).

### **Etapas 4. Mejora continua \_\_\_\_\_**

Esta etapa tiene como objetivo de determinar el costo del ciclo de vida identificando las funciones aplicables en cada una de sus fases (diseño, fabricación y producción), calculando el costo de estas funciones, además de diseñar y aplicar acciones preventivas y correctivas.

4.1 Análisis del ciclo de vida de los equipos.

4.2 Diseño y aplicación de acciones preventivas y correctivas.

**Le agradecemos, además cualquier, sugerencia para mejorar nuestro trabajo:**

---

---

---

---

---

**Muchas gracias por su colaboración.**

**ANEXO 14** Aplicación de la AMEF

**Tabla 3 Análisis** de Modos de Efectos y Fallos (AMEF) de la línea 3 de producción.

<b>Tanque de Calibración</b>						
Falla Funcional	Modo de falla (síntomas)	Parte del equipo afectada	Causas de falla	Efecto de falla	Actividad de mantenimiento recomendada	
Falta de enfriamiento en la Tubería	Falla en el sistema de enfriamiento	Tuberías	Obstrucción en las tuberías	Mala calidad en la tubería	Limpiar o sustituir tuberías	
		Aspersores	Suciedad en los aspersores		Limpiar aspersores	
		Filtros	Obstrucción en el filtros		Limpiar filtros	
	Falla en el sistema de bombeo	Bombas	Motor eléctrico dañado		Reparar motor	
			Salidero por sello mecánico		Sustituir sello	
			Desgastes en el impelente		Sustituir impelente	
	Tubería fuera de parámetros	Error de calibración	Calibrador		Rotura o desgaste en el calibrador	Reparar o sustituir calibrador
					Rotura en el motor eléctrico	Reparar motor
					Rotura en el sello mecánico	Sustituir sello

	Falla en el sistema de vacío	Bombas de vacío	Válvula de regulación dañada		Cambiar válvulas
			Falta de hermeticidad en la junta de vacío		Fabricar juntas y sustituir las dañadas
La tubería no se traslada a la bañera	Falla en el sistema de traslación	Reductor	Rodamiento dañados	Mal funcionamiento del equipo	Sustituir rodamientos
			Dientes desgastados o fracturados		Cambiar engranes
			Falta de lubricación		Completar nivel de aceite

**Tabla 3.1** Análisis de Modos de Efectos y Fallos (AMEF) de la línea 3 de producción.

<b>Tanque de enfriamiento</b>					
Falla Funcional	Modo de falla (síntomas)	Parte del equipo afectada	Causas de falla	Efecto de falla	Actividad de mantenimiento recomendada
Falta de enfriamiento en la tubería	Falla en el sistema de enfriamiento	Tuberías	Obstrucción en las tuberías	Mala calidad en la tubería	Limpiar o sustituir tuberías
		Aspersores	Suciedad en los aspersores		Limpiar los aspersores
		Filtros	Obstrucción en los filtros		Limpiar los filtros
		Motor eléctrico dañado	Reparar motor		

	Falla en el sistema de bombeo	Bombas	Salidero por sello mecánico		Sustituir sello
			Desgaste en el impelente		Sustituir impelente
<b>Máquina de marcado</b>					
Falla Funcional	Modo de falla (síntomas)	Parte del equipo afectada	Causas de falla	Efecto de falla	Actividad de mantenimiento recomendada
No realiza el marcaje de la tubería	Falla en el sistema de regulación	Mecanismo de elevación	Rotura de la cremallera	Mal funcionamiento del equipo	Reparar o cambiar cremallera
			Falta de lubricación		Lubricar el mecanismo
	Falla en el sistema de transmisión	Transmisión por correa	Rotura de las correas		Sustituir correas dañadas
			Rodamientos de las poleas		Rotura de los rodamientos
					Mala lubricación de los rodamientos

**ANEXO 14** (Continuación).

**Tabla 3.2** Análisis de Modos de Efectos y Fallos (AMEF) de la línea 3 de producción

<b>Máquina de marcado</b>					
Falla Funcional	Modo de falla (síntomas)	Parte del equipo afectada	Causas de falla	Efecto de falla	Actividad de mantenimiento recomendada
No realiza el marcaje de la tubería	Falla en el sistema de marcaje	Rueda de marcaje	Resistencia dañada	Mal funcionamiento del equipo	Cambiar resistencia
			Troqueles desgastados		Ajustar troqueles
	Falla en el sistema neumático	Cilindro neumático	Sellas del cilindro dañados		Sustituir sellos
			Electroválvula		Bobina dañada
		Atascamiento en la electroválvula			Limpiar la electroválvula
		Regulador de presión	Sello dañado		Sustituir sello
		Mangueras neumáticas	Salidero en las mangueras		Sustituir mangueras
		<b>Carro de arrastre</b>			
Falla funcional	Modo de falla (síntoma)	Parte del equipo afectada	Causas de falla	Efecto de falla	Actividad de mantenimiento recomendada

No realiza la tracción de tubería	Fallo en el sistema de tracción	Cadenas	Rotura o desgaste de las cadenas	Parada de la producción	Sustituir cadenas y tensar
			Desgastes de los <u>sprockets</u>		Sustituir <u>sprockets</u>
			Desgaste de los tacos de arrastre		Sustituir tacos desgastados
			Atascamiento de los tacos de arrastre		Desatascar, alinear y reapretar tornillos

**Tabla 3.3** Análisis de Modos de Efectos y Fallos (AMEF) de la línea 3 de producción.

<b>Carro de arrastre</b>					
Falla funcional	Modo de falla (síntoma)	Parte del equipo afectada	Causas de falla	Efecto de falla	Actividad de mantenimiento recomendada
No realiza la tracción de la tubería	Fallo en el sistema de transmisión	Reductores de velocidad	Rodamientos dañados		Sustituir rodamientos
			Falta de lubricación		Lubricar
			Elemento elástico del acoplamiento deteriorado		Sustituir elemento elástico
			Engranajes desgastados		Sustituir engranaje
	Cilindros neumáticos	Sellos de los cilindros dañados	Sustituir sello		

	Fallo en el sistema de neumáticos	Electroválvulas	Bobina dañada	Parada de la producción	Cambiar bobina
			Electroválvula atascada		limpiar la electroválvula
		Acumulador de presión	Condensado en los acumuladores		Drenar acumuladores
		Regulador de presión	Sistema de regulación con salideros		Sustituir sello
		Mangueras neumáticas	Rotura de las mangueras		Sustituir mangueras
No realiza el ajuste del equipo al diámetro indicado	Fallo en el sistema de regulación	Brazos de regulación	Desajustes de los tornillos		Ajustar tornillos
			Cadenas de ajustes y <u>sprockets</u> desgastados		Sustituir elementos desgastados

**Tabla 3.4** Análisis de Modos de Efectos y Fallos (AMEF) de la línea 3 de producción.

<b>Cortadora</b>					
Falla funcional	Modo de falla (síntoma)	Parte del equipo afectada	Causas de falla	Efecto de falla	Actividad de mantenimiento recomendada
		Disco de corte	Rotura del disco de corte		Sustituir disco

No realiza el corte de la tubería	Fallo en el sistema de corte	Tornillos de ajuste	Desajuste de los tornillo	Parada de la máquina	Ajustar tornillos
		Eje de sujeción del disco de corte	Desajuste o flexión del eje		Sustituir eje
	Fallo en el sistema motriz	Motor eléctrico	Rodamientos desgastados		Sustituir rodamientos
		Reductor de velocidad	Rodamientos dañados		Sustituir rodamientos
			Engranajes deteriorados		Cambiar engranes
			Falta de lubricación		Lubricar
	Transmisión por correa	Rotura de la correa	Reponer correa		
	Fallo en el sistema de traslación	Sensor de posición	Sensor fuera de posición		Colocar sensor
		Guías	Guías desalineadas		Alinear guías y lubricar
		Cilindro neumático	Rotura de sellos		Sustituir sellos
		Electroválvula	Bobina dañada		Cambiar bobina
			Atascamiento en la electroválvula		Limpieza de la electroválvula

**ANEXO 14** (Continuación).

**Tabla 3.5** Análisis de Modos de Efectos y Fallos (AMEF) de la línea 3 de producción.

<b>Volcador</b>					
Falla funcional	Modo de falla (síntoma)	Parte del equipo afectada	Causas de falla	Efecto de falla	Actividad de mantenimiento recomendada
No voltea la tubería para su acomodo	Fallo en el sistema de elevación	Tornillos de elevación	Deterioro de los tornillos de elevación	Parada de la máquina	Sustituir tornillos
	Fallo en el sistema de volteo	Cilindros neumáticos	Rotura de sellos		Cambiar sellos
		Electroválvula	Bobina dañada		Cambiar bobina
			Atascamiento		Limpiar la electroválvula
		Mangueras neumáticas	Rotura de las mangueras		Sustituir mangueras
		Regulador de presión	Sistema de regulación con salideros		Cambiar sellos

**Tabla 3.6** Clasificación de las fallas de la línea 3 de producción.

Tanque de calibración			Clasificación de la falla	
Fallas Funcionales	Parte del equipo afectada	Causa de la Falla	Según Frecuencia	Según detección
	Tuberías	Obstrucción en las tuberías	Aleatoria	

Falta de enfriamiento en la Tubería	Aspersores	Suciedad en los aspersores	Aleatoria	
	Filtros	Obstrucción en los filtros	Cíclico	
	Bombas	Motor eléctrico dañado	Aleatoria	
		Salidero por sello mecánico	Aleatoria	
		Desgastes en el impelente	Cíclica	Difícil detección
Tubería fuera de parámetros	Calibrador	Rotura o desgaste en el calibrador	Cíclica	Difícil detección
	Bombas de vacío	Rotura en el motor eléctrico	Aleatoria	
		Rotura en el sello mecánico	Aleatoria	
		Válvula de regulación dañada	Cíclica	Fácil detección
		Falta de hermeticidad en la junta de vacío	Aleatoria	
No se traslada la bañera	Reductor	Rodamiento dañados	Cíclica	Difícil detección
		Dientes desgastados o fracturados	Cíclica	Difícil detección
		Falta de lubricación	Aleatoria	

**ANEXO 14** Continuación.

**Tabla 3.6** Clasificación de las fallas de la línea 3 de producción.

Tanque de enfriamiento			Clasificación de la falla	
Fallas Funcionales	Parte del equipo afectada	Causa de la Falla	Según Frecuencia	Según detección
Falta de enfriamiento en la tubería	Tuberías	Obstrucción en las tuberías	Aleatoria	
	Aspersores	Suciedad en los aspersores	Aleatoria	
	Filtros	Obstrucción en los filtros	Cíclica	Fácil detección
	Bombas	Motor eléctrico dañado	Aleatoria	
		Salidero por sello mecánico	Aleatoria	
		Desgaste en el impelente	Cíclica	Difícil detección
<b>Máquina de marcado</b>			Clasificación de la falla	
Fallas Funcionales	Parte del equipo afectada	Causa de la Falla	Según Frecuencia	Según detección
No realiza el marcaje de la tubería	Mecanismo de elevación	Rotura de la cremallera	Aleatorio	
		Falta de lubricación	Aleatoria	

	Transmisión por correa	Rotura de las correas	Cíclica	Fácil detección
	Rodamientos de las poleas	Rotura de los rodamientos	Cíclica	Difícil detección
		Mala lubricación de los rodamientos	Aleatoria	

**Tabla 3.7** Clasificación de las fallas de la línea 3 de producción.

Máquina de marcado			Clasificación de la falla	
Fallas Funcionales	Parte del equipo afectada	Causa de la Falla	Según Frecuencia	Según detección
No realiza el marcaje de la tubería	Rueda de marcaje	Resistencia dañada	Cíclica	Fácil detección
		Troqueles desgastados	Cíclica	Fácil detección
	Cilindro neumático	Sellos del cilindro dañados	Aleatoria	
	Electroválvula	Bobina dañada	Aleatoria	
		Atascamiento en la electroválvula	Aleatoria	
	Regulador de presión	Sello dañado	Cíclica	
	Mangueras neumáticas	Salidero en las mangueras	Aleatoria	

Carro de arrastre			Clasificación de la falla	
Fallas Funcionales	Parte del equipo afectada	Causa de la Falla	Según Frecuencia	Según detección
No realiza la tracción de tubería	Cadenas	Rotura o desgaste de las cadenas	Cíclica	Fácil detección
		Desgastes de los <u>sprockets</u>	Cíclica	Fácil detección
		Desgaste de los tacos de arrastre	Cíclica	Fácil detección
		Atascamiento de los tacos de arrastre	Aleatoria	
	Reductores de velocidad	Rodamientos dañados	Cíclica	Difícil detección
		Falta de lubricación	Aleatoria	

**Tabla 3.8** Clasificación de las fallas de la línea 3 de producción.

Carro de arrastre			Clasificación de la falla	
Fallas Funcionales	Parte del equipo afectada	Causa de la Falla	Según Frecuencia	Según detección
No realiza la tracción de tubería	Reductores de velocidad	Elemento elástico del acoplamiento deteriorado	Cíclica	Difícil detección
		Engranajes desgastados	Cíclica	Difícil detección

	Cilindros neumáticos	Sellos de los cilindros dañados	Aleatoria	
	Electroválvulas	Bobina dañada	Aleatoria	
		Electroválvula atascada	Aleatoria	
	Acumulador de presión	Condensado en los acumuladores	Aleatoria	
	Regulador de presión	Sistema de regulación con salideros	Aleatoria	
	Mangueras neumáticas	Rotura de las mangueras	Cíclica	Fácil detección
No realiza el ajuste del equipo al diámetro indicado	Brazos de regulación	Desajustes de los tornillos	Cíclica	Fácil detección
		Cadenas de ajustes y <u>sprockets</u> desgastados	Cíclica	Fácil detección

**Tabla 4** Análisis de los fallos.

Tanque de calibración									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seg. Medio Ambiente.	Operacional	Si	No	Condición	Cíclica	
1- Obstrucción en las tuberías.	X			X	X			X	
2- Suciedad en los aspersores.	X			X	X			X	
3- Obstrucción en los filtros.	X			X		X	X		
4- Motor eléctrico dañado bombas de recirculación.	X			X	X			X	
5- Salidero por sello mecánico bombas de recirculación.	X			X		X			X
6- Desgastes en el impelente.	X			X		X	X		
7- Rotura o desgaste en el calibrador.	X			X		X	X		
8- Rotura en el motor eléctrico bombas de vacío.	X			X	X			X	
9- Rotura en el sello mecánico bombas de vacío.	X			X		X			X
10- Válvula de regulación de vacío dañada.	X			X		X	X		
11-Faltade hermeticidad en la junta de vacío.	X			X		X		X	
12-Rodamientos dañados del reductor de traslación.	X			X		X	X		
13- Dientes desgastados o fracturados	X			X		X			X

14- Falta de lubricación	X			X	X			X	
--------------------------	---	--	--	---	---	--	--	---	--

**Anexo 14** (Continuación). **Tabla 4.1** Análisis de los fallos

<b>Tanque de enfriamiento</b>									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seg. Medio Ambiente.	Operacional	Si	No	Condic.	Cíclic.	
1- Obstrucción en las tuberías	X			X	X			X	
2- Suciedad en los aspersores	X			X	X			X	
3- Obstrucción en los filtros	X			X		X	X		
4- Motor eléctrico dañado	X			X	X			X	
5- Salidero por sello mecánico	X			X		X			X
6- Desgaste en el impelente	X			X		X	X		
<b>Máquina de marcado</b>									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seg. Medio Ambiente.	Operacional	Si	No	Condic.	Cíclic.	
1- Rotura de la cremallera	X			X		X			X
2- Falta de lubricación	X			X	X			X	
3- Rotura de las correas	X			X	X			X	
4- Rotura de los rodamientos	X			X	X			X	
5- Mala lubricación de los rodamientos	X			X	X			X	
6- Resistencia dañada	X			X		X			X

7- Troqueles desgastados	X			X		X			X
--------------------------	---	--	--	---	--	---	--	--	---

**ANEXO 14 Tabla 4.2** Análisis de los fallos (Continuación).

<b>Máquina de marcado</b>									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seg. Medio Ambiente.	Operacional	Si	No	Condic.	Cíclic.	
8- Sellos del cilindro dañados	X			X		X			X
9- Bobina dañada	X			X		X			X
10- Atascamiento en la electroválvula	X			X	X			X	
11- Sello dañado	X			X		X			X
12- Salidero en las mangueras	X			X		X	X		
<b>Carro de arrastre</b>									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seg. Medio Ambiente.	Operacional	Si	No	Condic.	Cíclic.	
1- Rotura o desgaste de las cadenas	X			X		X		X	
2- Desgastes de los sprockets	X			X		X		X	
3- Desgaste de los tacos de arrastre	X			X		X		X	
4- Atascamiento de los tacos de arrastre	X			X		X			X
5-Rodamientos dañados	X			X		X		X	
6- Falta de lubricación	X			X	X			X	
7- Elemento elástico del acoplamiento deteriorado	X			X		X	X		

**ANEXO 14 Tabla 4.2** Análisis de los fallos (Continuación).

<b>Carro de arrastre</b>									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seg. Medio Ambiente.	Operacion al	Si	No	Condic.	Cíclic.	
8- Engranajes desgastados	X			X		X	X		
9- Sellos de los cilindros dañados	X			X		X			X
10- Bobina dañada	X			X		X			X
11- Electroválvula atascada	X			X	X			X	
12- Condensado en los acumuladores	X			X	X			X	
13- Sistema de regulación con salideros	X			X		X			X
14- Rotura de las mangueras	X			X		X			X
15- Desajustes de los tornillos	X			X	X				X
16- Cadenas de ajustes y sprockets desgastados	X			X	X			X	
<b>Cortadora</b>									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seg. Medio Ambiente.	Operacion al	Si	No	Condic.	Cíclic.	
1-Rotura del disco de corte	X			X		X			X

**ANEXO 14 Tabla 4.3** Análisis de los fallos (Continuación).

<b>Cortadora</b>									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seg. Medio Ambiente.	Operacional	Si	No	Condic.	Cíclic.	
2-Desajuste de los tornillo	X			X	X			X	
3-Desajuste o flexión del eje	X			X	X			X	
4-Rodamientos desgastados	X			X			X		
5-Rodamientos dañados	X			X		X	X		
6-Engranajes deteriorados	X			X		X			X
7-Falta de lubricación	X			X	X			X	
8-Rotura de la correa	X			X		X	X		
9-Sensor fuera de posición	X			X		X			X
10-Guías desalineadas	X			X	X		X		
11-Rotura de sellos	X			X	X		X		
12-Bobina dañada	X			X		X			X
13-Atascamiento en la electroválvula	X			X	X			X	
<b>Volcador</b>									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esp erar fallo
	Si	No	Seg. Medio Ambiente.	Operacional	Si	No	Condic.	Cíclic.	
1-Deterioro de los tornillos de elevación	X			X	X			X	

**Anexo 14 Tabla 4.4** Análisis de los fallos (continuación).

<b>Volcador</b>									
Fallo	¿Se puede detectar?		Afectación		¿Se puede prevenir?		Tareas planificadas		Esperar fallo
	Si	No	Seg. Medio Ambiente.	Operacional	Si	No	Condic	Cíclic.	
2-Rotura de sellos	X			X	X		X		
3-Bobina dañada	X			X		X			X
4-Atascamiento	X			X	X			X	
5-Rotura de las mangueras	X			X		X			X
6-Sistema de regulación con salideros	X			X		X			X

**ANEXO 15** Selección del grado de importancia

**Tabla 5** Selección del grado de importancia. (Continuación).

<b>Tanque de calibración</b>			
Fallos	Grado de importancia		
	Bajo	Medio	Alto
1- Obstrucción en las tuberías.		X	
2- Suciedad en los aspersores.		X	
3- Obstrucción en el filtro.			X
4- Motor eléctrico dañado bombas de recirculación.		X	
5- Salidero por sello mecánico bombas de recirculación.	X		
6- Desgastes en el impelente.			X
7- Rotura o desgaste en el calibrador.			X
8- Rotura en el motor eléctrico bombas de vacío.		X	
9- Rotura en el sello mecánico bombas de vacío.	X		
10- Válvula de regulación de vacío dañada.			X
11- Faltade hermeticidad en la junta de vacío.		X	
12- Rodamientos dañados del reductor de traslación.			X
13- Dientes desgastados o fracturados	X		
14- Falta de lubricación		X	
<b>Tanque de enfriamiento</b>			
Fallos	Grado de importancia		
	Bajo	Medio	Alto
1- Obstrucción en las tuberías		X	
2- Suciedad en los aspersores		X	
3- Obstrucción en los filtros			X
4- Motor eléctrico dañado		X	

5- Salidero por sello mecánico	X		
6- Desgaste en el impelente			X
<b>Máquina de marcado</b>			
Fallos	Grado de importancia		
	Bajo	Medio	Alto
1- Rotura de la cremallera	X		
2- Falta de lubricación		X	
3- Rotura de las correas		X	
4- Rotura de los rodamientos		X	
5- Mala lubricación de los rodamientos		X	
6- Resistencia dañada	X		
7- Troqueles desgastados	X		
8- Sellos del cilindro dañados	X		
9- Bobina dañada	X		
10- Atascamiento en la electroválvula		X	
11- Sello dañado	X		
12- Salidero en las mangueras			X
<b>Carro de arrastre</b>			
Fallos	Grado de importancia		
	Bajo	Medio	Alto
1- Rotura o desgaste de las cadenas		X	
2- Desgastes de los <u>sprockets</u>		X	
3- Desgaste de los tacos de arrastre		X	
4- Atascamiento de los tacos de arrastre			X

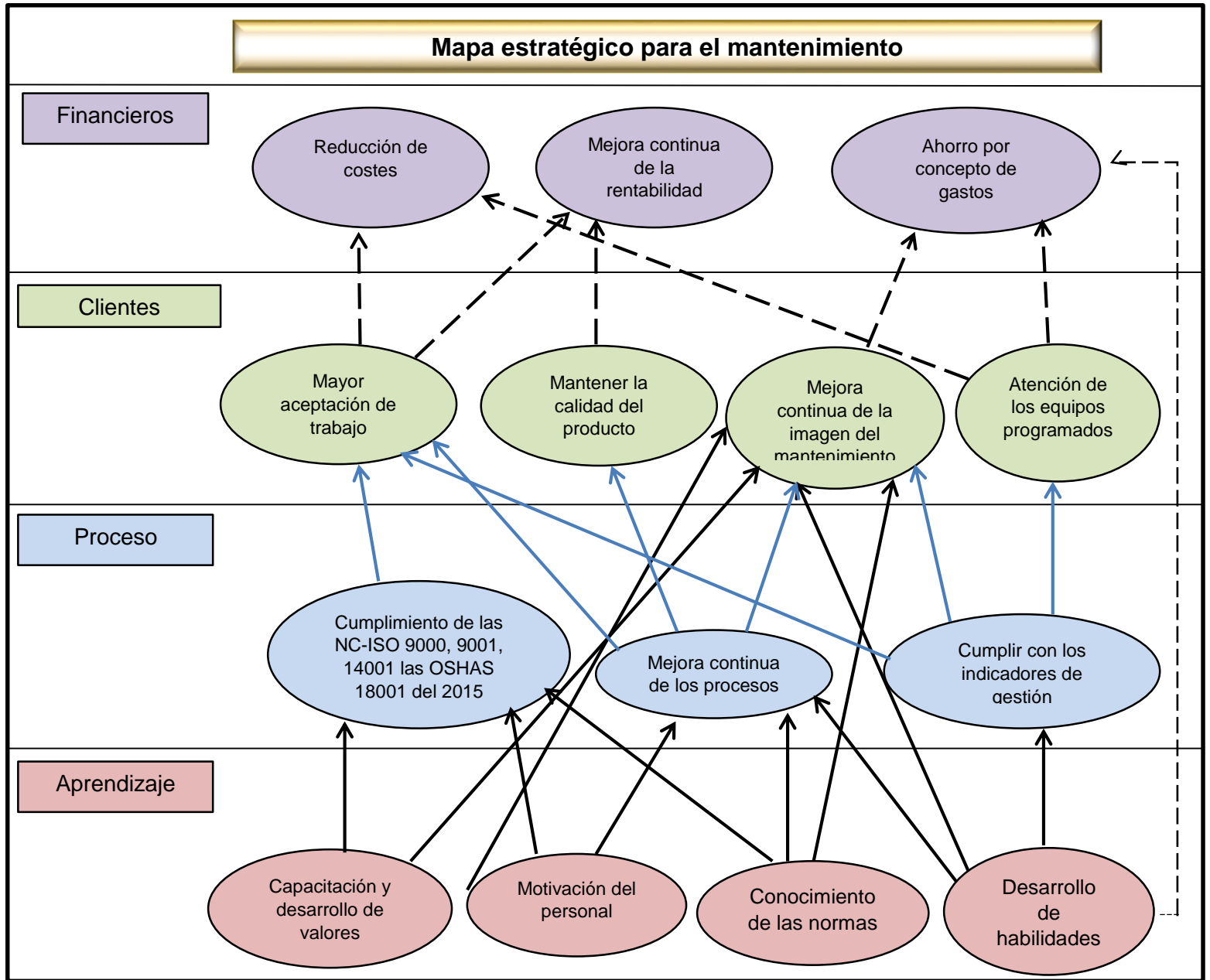
5-Rodamientos dañados		X	
6- Falta de lubricación		X	
7- Elemento elástico del acoplamiento deteriorado			X
8- Engranajes desgastados			X
9- Sellos de los cilindros dañados	X		
10- Bobina dañada	X		
11- Electroválvula atascada		X	
12- Condensado en los acumuladores		X	
13- Sistema de regulación con salideros	X		
14- Rotura de las mangueras	X		
15- Desajustes de los tornillos	X		
16- Cadenas de ajustes y sprockets desgastados		X	
<b>Cortadora</b>			
Fallos	Grado de importancia		
	Bajo	Medio	Alto
1-Rotura del disco de corte	X		
2-Desajuste de los tornillo		X	
3-Desajuste o flexión del eje		X	
4-Rodamientos desgastados			X
5-Rodamientos dañados			X
6-Engranajes deteriorados	X		
7-Falta de lubricación		X	
8-Rotura de la correa			X
9-Sensor fuera de posición	X		
10-Guías desalineadas			X
11-Rotura de sellos			X

12-Bobina dañada	X		
13-Atascamiento en la electroválvula		X	
<b>Volcador</b>			
Fallos	Grado de importancia		
	Bajo	Medio	Alto
1-Deterioro de los tornillos de elevación		X	
2-Rotura de sellos			X
3-Bobina dañada	X		
4-Atascamiento		X	
5-Rotura de las mangueras	X		
6-Sistema de regulación con salideros	X		

## ANEXO 16 Matriz OVAR

Variables de Acción	Objetivos						Responsables					
	Gestión del mantenimiento	Rentabilidad y Eficiencia	Gestión de RH	Control Económico	Gestión de la Calidad	Gestión de recursos	Director	Especialista principal de Mantenimiento	Jefe de RH	Jefe Económico	Jefe del Laboratorio de calidad	Jefe de SST y GA
Cumplimiento de la política de mantenimiento	x	x	x		x	x		x				
Activos informáticos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Utilización eficiente de los recursos	x	x					x	x	x	x	x	x
Capacitación del personal del mantenimiento	x	x	x		x				x			
Motivación del personal de mantenimiento	x	x	x		x				x			
Negociación con los proveedores						x	x	x				
Elaboración del presupuesto anual				x				x		x		
Aprobación del presupuesto anual				x			x					
Control periódico de los indicadores económicos		x		x					x			
Control periódico de los indicadores de mantenimiento	x	x						x				
Cumplimiento del plan mensual de mantenimiento	x	x	x	x	x	x		x				
Implementación de las acciones al SIG basado en la familia de la norma ISO 9001 del 2015		x	x		x						x	
Supervisión constante del consumo energético de los equipos	x							x				
Optimización del tiempo de ejecución del mantenimiento	x	x	x					x				
Cumplimiento de las política de SST y GA	x	x	x					x				x

ANEXO 17 Mapa estratégico del cuadro de mando integral



**ANEXO 18** Indicadores de mantenimiento

**Tabla 6** Indicadores de mantenimiento para el Cuadro de mando integral

No.	Indicador	Expresión de cálculo	Objetivo	Nivel de referencia
1	Tiempo medio entre fallos (TMEF)	$TMEF = \frac{HTrab}{Nfallos}$ Donde: HTrab: Horas trabajadas Nfallos: Números de fallos	Relación entre las horas trabajadas y el número de fallos	Deficiente (D): menor de 8h Aceptable (A): 8-24h Satisfactorio (S): mayor 24h
2	Tiempo medio para reparar (TMPR)	$TMPR = \frac{Hfallos}{Nfallos}$ Donde: Hfallos: Horas fallos Nfallos: Número de fallos	Relación entre el total de horas fallos y el número de fallos	El menor valor posible ,que tienda a cero
3	Disponibilidad(D)	$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} * 100$ Donde: TMEF:Tiempo Medio entre fallos TMPR:Tiempo Medio para reparar	Relación entre el Tiempo medio entre fallos y la suma de este con el tiempo medio para reparar.	Deficiente (D): menor que 80 % Aceptable (A): Del 80% al 89,9%. Satisfactorio (S): Del 90% al 100%.
4	% de Utilización(U)	$U = \frac{TTrabReal}{TPosTrab} * 100$ Donde: TTrabReal: Tiempo de trabajo real TPosTrab: Tiempo	Es la relación entre el tiempo de trabajo real y el tiempo posible de trabajo.	Deficiente (D): menor del 80% Aceptable (A): Del 80% al 89,9%. Satisfactorio (S): Del 90% al 100%.

		posible de trabajo		
5	Rendimiento (R)	$R = \frac{\text{Prod Real}}{\text{Prod Plan}} * 100$ <p>Donde:  Prod Real: Producción Real  Prod Plan: Producción Plan</p>	Relación entre la producción real y la producción plan	Deficiente (D): menor del 80 % Aceptable (A): Del 80% al 89,9%. Satisfactorio (S): Del 90% al 100%.
6	Aprovechamiento(A)	$A = D * U * R * 0.0001$ <p>Donde:  D: Disponibilidad  U: % de Utilización  R: Rendimiento  0.0001: valor exponencial</p>	Es la relación entre la multiplicación de los por cientos de disponibilidad por el por ciento de utilización por el rendimiento y el valor exponencial	Deficiente(D) : menor del 80% Aceptable (A): Del 80% al 89,9%. Satisfactorio (S): Del 90% al 100%.
7	Ejecución del plan anual de mantenimiento (EPAM)	$EPAM = \frac{\sum Am}{\sum Apm} * 100$ <p>Donde:  Am: número de actividades ejecutadas en el mantenimiento  Apm: número de actividades programadas para mantenimiento</p>	Es la relación de actividades del plan anual de mantenimiento ejecutadas y las actividades del plan anual de mantenimiento programadas	Deficiente (D): menor del 80 % Aceptable (A): Del 80% al 89,9%. Satisfactorio (S): Del 90% al 100%.
8	Rentabilidad financiera (Rn)	$Rn = \frac{\text{Utilidadneta}}{\text{Patrimonio}}$	Medir el rendimiento extraído a la inversión del mantenimiento	Se comparará con respecto al mejor de los resultados históricos de la empresa y con respecto a la media de su comportamiento en otras empresas similares. La tendencia debe ser de

				crecimiento
9	Rendimiento de los activos (Ra)	$Ra = \frac{Ventas}{AT}$ Donde: AT: Activos totales	Medir cuánto se genera en ventas por cada peso de activos totales	Su tendencia debe ser a aumentar, se comparará con respecto a la media de su comportamiento en otras organizaciones similares.
10	Costo de mantenimiento por facturación (CMF)	$CMF = \frac{CTM}{F} * 100$ Donde: CTM: Costo total de mantenimiento F: Facturación de la empresa en el período considerado	Establece la relación que permite la comparación entre los costos de mantenimiento y los valores de ventas de la organización en un período de tiempo determinado	Mientras menor sea, mejor
11	Número de órdenes de trabajo atendidas (ODTa)	$ODT = \frac{NOe}{NOr} * 100$ Donde: NOe: número de órdenes de trabajo emitidas NOr: el número de órdenes de trabajo realizadas	Relación entre el número de órdenes de trabajo emitidas y el número de órdenes de trabajo realizadas.	Deficiente (D): menor del 80 % Aceptable (A): Del 80% al 89,9%. Satisfactorio (S): Del 90% al 100%.
12	Número de pedidos de materiales atendidas (PMA)	$PMA = \frac{PMe}{PMr} * 100$ Donde: PMe: número de pedidos de materiales emitidas PMr: el número de	Relación entre el número de pedidos de materiales emitidos y el número de pedidos de material realizados.	Deficiente (D): menor del 80 % Aceptable (A): Del 80% al 89,9%. Satisfactorio (S): Del 90% al 100%.

		órdenes de materiales realizadas		
13	Consumo energético	Plan energético	Según establezca la empresa	Se puede consumir hasta 0.53 kwh/kg
14	Capacitación del personal de mantenimiento(CPM)	$CPM = \frac{\sum CCPm}{\sum CTCp} * 100$ <p>Donde:  CCpm: Cantidad de cursos de capacitación de mantenimiento  CTCp: Cantidad de cursos totales de capacitación en la empresa.</p>	Relación entre la sumatoria de cursos de capacitación de mantenimiento y la sumatoria de cursos totales de capacitación de la empresa.	Deficiente (D): menor del 80 % Aceptable (A): Del 80% al 89,9%. Satisfactorio (S): Del 90% al 100%.
15	Nivel de servicio (NS)	$NS = \prod \left(1 - \frac{NF}{NT}\right)$ <p>Donde:  NF: número de fallos  NT: tamaño de la muestra</p>	Conocer el nivel de servicio proporcionado por los almacenes a la empresa.	La tendencia de este indicador debe ser aumentar el estado deseado aproximarse al 100%
16	Índice de satisfacción del cliente interno (I.S.C.I)	Encuesta del anexo 21	Medir el grado de motivación del cliente interno.	La tendencia debe ser creciente.

**ANEXO 19** Cuadro de mando integral para el mantenimiento



Indicadores	Nivel de decisión			Perspectiva				Impacto	
	AD	MI	SF	Fi	C	P	F	Eficacia	Eficiencia
Tiempo medio entre fallos			X			X		X	
Tiempo medio para reparar			X			X		X	
Disponibilidad			X			X		X	
% de Utilización			X			X		X	
Rendimiento			X			X		X	
Aprovechamiento			X			X		X	
Ejecución del plan anual de mantenimiento		X				X		X	
Rentabilidad financiera		X		X					X
Rendimiento de los activos (Ra)		X		X					X
Costo de mantenimiento por facturación		X		X					X
Número de órdenes de trabajo atendidas			X			X		X	
Número de pedidos de materiales atendidas	X					X		X	
Consumo energético	X					X			X
Capacitación del personal de mantenimiento		X					X	X	
Nivel de servicio (NS)		X			X				X
Índice de satisfacción del cliente interno		X			X			X	

## ANEXO 20 Evaluación de los indicadores

**Tabla del Cálculo de los indicadores**

No	Indicadores	Resultados último trimestre 2017	Resultados primer trimestre 2018	Evaluación cualitativa
1	Tiempo medio entre fallos	72.53(h)	142.12(h)	Satisfactorio
2	Tiempo medio para reparar	3.10(h)	3.35(h)	Satisfactorio
3	Disponibilidad	98.63 (%)	97.47 (%)	Satisfactorio
4	% de Utilización	76.04 (%)	68.75 (%)	Deficiente
5	Rendimiento	97.42 (%)	98.26 (%)	Satisfactorio
6	Aprovechamiento	80.17 (%)	65.52 (%)	Aceptable
7	Ejecución del plan anual de mantenimiento	100 (%) (Anual)		Satisfactorio
8	Rentabilidad financiera	0,683(pesos) (Anual)		Satisfactorio
9	Rendimiento de los activos	2,08(pesos) (Anual)		Satisfactorio
10	Costo de mantenimiento por facturación	0.29 (%)	0.10 (%)	Satisfactorio
11	Número de órdenes de trabajo atendidas	100 (%)	100(%)	Satisfactorio
12	Número de pedidos de materiales atendidas	100 (%)	100(%)	Satisfactorio
	Consumo energético	0.51(kwh/kg)	0.54(kwh/kg)	Satisfactorio
14	Capacitación del personal de mantenimiento	37.89 (%)	50.52 (%)	Deficiente
15	Nivel de servicio	99.99 (%)	100(%)	Satisfactorio
16	Índice de satisfacción del cliente interno	Encuestas		Satisfactorio

**ANEXO 21** Medición del Cliente interno

	Sistema de Gestión de la Calidad	Código: RFP 01-04	
	MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LOS CLIENTES INTERNOS DE LOS PROCESOS	Proceso: _____ Período: _____	

Puntuación otorgada de 1 a 10

Procesos	Puntos Obtenidos
----------	------------------

01 Gestión Estratégica de la Dirección	
02 Gestión Económica	
03 Gestión de los Recursos Humanos	
04 Gestión Logística	
05 Gestión del Mantenimiento	
06 Producción	
07 Gestión del Laboratorio	

Comentarios sobre los aspectos negativos:

---



---



---



---

Criterio de puntuación:

Insatisfecho: 1-5 puntos.

Satisfecho: 6-8 puntos.

Muy satisfecho: 9-10 puntos.

Nombre y Apellidos \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Responsable del proceso