

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLDES CRITICOS DE LA
PLANTA DE MOLDEO POR INYECCION DE LA EMPRESA DICOL LTDA.**

DIEGO FERNANDO GUZMAN MENDOZA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTA
2022**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLDES CRITICOS DE LA
PLANTA DE MOLDEO POR INYECCION DE LA EMPRESA DICOL LTDA.**

DIEGO FERNANDO GUZMAN MENDOZA

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista En Gerencia De
Mantenimiento**

DIRECTOR

ALBERTO DAVID PERTUZ Ph.D.

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

BOGOTA

2022

CONTENIDO

1. OBJETIVOS.....	11
1.1 1.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
1.2 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
2. MOLDEO POR INYECCION	12
2.1. PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN.....	12
2.1.1 FUNDICIÓN Y LLENADO.....	12
2.1.2 SOLIDIFICACIÓN.....	13
2.1.3 APERTURA Y EXPULSIÓN.....	13
2.2 MAQUINAS DE MOLDEO POR INYECCION.....	14
2.3 EL MOLDE.....	15
2.3.1 MOLDE DE DOS PLACAS	15
2.3.2 MOLDE DE TRES PLACAS.....	16
2.3.3 PARTES DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO	17
2.4 MATERIALES PLÁSTICOS USADOS EN DICOL LTDA	18
2.4.1 POLIPROPILENO (PP).....	18
2.4.2 ACRILO BUTADIENO ESTIRENO (ABS).....	19
3. FUNDAMENTACION TEORICA	21
3.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO	21
3.1.1 PRIMERA GENERACIÓN 1940-1960	21
3.1.2 SEGUNDA GENERACIÓN 1960-1985.....	21
3.1.3 TERCERA GENERACIÓN 1985- ACTUALIDAD	22
3.2 LA GESTION DEL MANTENIMIENTO Y SUS INDICADORES	23
3.2.1 CONFIABILIDAD.....	24
3.2.2 DISPONIBILIDAD.....	24
3.2.3 MANTENIBILIDAD	25
3.2.4 COSTOS.....	25
4. PROCESO PRODUCTIVO PLANTA DE MOLDEO POR INYECCION	27
4.1 PRODUCCION	27

5. DIAGNOSTICO DEL MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE MOLDEO POR INYECCION DE DICOL LTDA.....	29
5.1 METODOLOGIA	29
5.1.1 EQUIPO DE TRABAJO.....	30
5.1.2 RECONOCIMIENTO DE LA EMPRESA.....	30
5.1.3 ENTREVISTA ANÁLISIS Y RECOPIACIÓN DE DATOS.....	30
5.2 RESULTADOS AUDITORIA DE MANTENIMIENTO	32
5.3 CONCLUSIONES AUDITORIA.....	33
6. INVENTARIO, CLASIFICACION Y CODIFICACION DE MOLDES	34
6.1 FORMATO DE CODIFICACION.....	34
6.2 TAXONOMIA Y RECOLECCION DE DATOS SEGÚN LA ISO 14224	37
6.2.1 DATOS FALLA.....	39
6.2.2 DATOS DE MANTENIMIENTO.....	40
6.2.3 MODOS DE FALLA	41
6.2.4 MECANISMOS DE FALLA.....	42
6.2.5 CAUSAS DE FALLA	44
6.3 FICHA TÉCNICA	45
7. ANALISIS DE CRITICIDAD	46
7.1 EQUIPO DE TRABAJO	46
7.2 CRITERIOS DE EVALUACION	46
7.2.1 IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN	47
7.2.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO	47
7.2.3 TIEMPO PARA REPARAR.	47
7.2.4 IMPACTO EN LA SEGURIDAD	48
7.2.5 IMPACTO AMBIENTAL	48
7.3 MODELO CRITICIDAD CILIBERTI.....	48
7.3.4 MATRIZ DE RIESGO – PROCESO	50
7.3.5 MATRIZ DE RIESGO SHA.....	51
7.4.6 RESULTADOS DE CRITICIDAD Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE RIESGO PARA PROCESO	52

8. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA	55
8.1 NUMERO PRIORITARIO DE RIESGO (NPR)	55
8.1.1 SEVERIDAD (S)	56
8.1.2 OCURRENCIA.....	56
8.1.3 DETECCIÓN.....	57
8.2 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA	58
9. DETERMINACION DE ACTIVIDADES Y TAREAS DE MITIGACION DE MODOS DE FALLA	60
9.1 LISTAS DE CHEQUEO	62
10. COSTO GLOBAL DE MANTENIMIENTO COMO INDICADOR.....	63
10.1COSTO DE INTERVENCIÓN	64
10.1.1 MANO DE OBRA	64
10.1.2 MATERIALES	64
10.2COSTO DE ALMACENAMIENTO O INVENTARIO	64
10.3COSTO DE FALLAS.....	64
10.4GESTIÓN DEL COSTO POR ACTIVIDADES MÉTODO ABC	65
10.6REPARTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO – CORRECTIVO.....	66
10.7COMPONENTES EN INVENTARIO.....	68
11. CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70

LISTA FIGURAS

FIGURA 1.	FUNDICIÓN Y LLENADO	12
FIGURA 2.	SOLIDIFICACIÓN.....	13
FIGURA 3.	APERTURA Y EXPULSIÓN	13
FIGURA 4.	MÁQUINA DE TORNILLO RECIPROCANTE.....	14
FIGURA 5.	MÁQUINA DE DOS ETAPAS.....	15
FIGURA 6.	MOLDE DE DOS PLACAS	16
FIGURA 7.	MOLDE DE TRES PLACAS	17
FIGURA 8.	COMPONENTES MOLDE DE INYECCION	17
FIGURA 9.	GUÍA DE MOLDEO PARA LA INYECCIÓN DE POLIPROPILENO	19
FIGURA 10.	GUÍA DE MOLDEO PARA LA INYECCIÓN DE POLIPROPILENO	20
FIGURA 11.	EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	22
FIGURA 12.	TIEMPOS DE MANTENIMIENTO	24
FIGURA 13.	COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO-CORRECTIVO.....	26
FIGURA 14.	UNIDADES PRODUCIDAS Y % KG PROCESADOS	28
FIGURA 15.	AUDITORIA DEL MANTENIMIENTO	31
FIGURA 16.	RESULTADOS AUDITORIA.....	33
FIGURA 17.	CLASSIFICATION TAXONOMICA.....	37
FIGURA 18.	FICHA TÉCNICA.....	45
FIGURA 19.	ANÁLISIS MODELO CRITICIDAD	46
FIGURA 20.	ANÁLISIS CRITICIDAD MÉTODO CILIBERTI	49
FIGURA 21.	PUNTO ÓPTIMO DE MANTENIMIENTO	67

LISTA TABLAS

TABLA 1.	PROPIEDADES POLIPROPILENO.....	18
TABLA 2.	PROPIEDADES ABS	20
TABLA 3.	CONSUMO MATERIAS PRIMAS.....	27
TABLA 4.	% PRODUCCIÓN.....	27
TABLA 5.	RESULTADOS POR BLOQUE.....	32
TABLA 6.	CODIFICACIÓN ÁREA DE PRODUCCIÓN	34
TABLA 7.	MOLDES DE INYECCIÓN	35
TABLA 8.	CODIFICACIÓN DE MOLDES	36
TABLA 9.	DATOS DE EQUIPOS COMUNES.....	38
TABLA 10.	CATEGORIZACIÓN DE FALLA	39
TABLA 11.	DATOS DE MANTENIMIENTO	40
TABLA 12.	CLASIFICACIÓN DE TIPOS	41
TABLA 13.	SUBDIVISIÓN DE EQUIPOS	41
TABLA 14.	MODOS DE FALLA	42
TABLA 15.	MECANISMOS DE FALLA MOLDES	43
TABLA 16.	CAUSAS DE FALLA.....	44
TABLA 17.	IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN (IP).....	47
TABLA 18.	COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM)	47
TABLA 19.	TIEMPO PARA REPARAR (BM).....	48
TABLA 20.	IMPACTO EN LA SEGURIDAD (IS).....	48
TABLA 21.	IMPACTO AMBIENTAL (IA).....	48
TABLA 22.	CATEGORIZACIÓN DE CONSECUENCIAS	50
TABLA 23.	CATEGORIZACIÓN DE FRECUENCIA PROCESO	50
TABLA 24.	CATEGORIZACIÓN DE CONSECUENCIA SHA	51
TABLA 25.	CATEGORIZACIÓN DE FRECUENCIA PROCESO	51
TABLA 26.	CRITICIDAD PROCESO (COMPLETAR)	52
TABLA 27.	CRITICIDAD SHA (COMPLETAR).....	53
TABLA 28.	CRITICIDAD GLOBAL.....	54
TABLA 29.	SEVERIDAD.....	56

TABLA 30.	OCURRENCIA	56
TABLA 31.	DETECCIÓN	57
TABLA 32.	ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA.....	58
TABLA 33.	TAREAS	60
TABLA 34.	LISTA DE CHEQUEO	62
TABLA 35.	ACTIVIDAD 1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	65
TABLA 36.	ACTIVIDAD 2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	66
TABLA 37.	MÉTODO COMPARATIVO MANTENIMIENTO PREVENTIVO- CORRECTIVO	67
TABLA 38.	FACTORES PONDERADOS	68
TABLA 39.	ELEMENTOS MANTENIBLES PARA INVENTARIO.....	68

INTRODUCCION

DICOL LTDA es fundada en el año 1975 en el Km 7 vía Madrid Puente Piedra (Cundinamarca) como empresa manufacturera dedicada a la extrusión de polímeros termoplásticos para fabricación de mangueras y tubería en polietileno y polipropileno respectivamente.

En cumplimiento con la visión de ser reconocida como una de las primeras empresas de venta de tuberías y griferías en polipropileno para el mercado nacional, DICOL LTDA incursiona en los procesos de moldeo por inyección, con lo cual garantiza la transformación, producción y suministro de piezas y componentes indispensables para el ensamble y producción de griferías y accesorios para tuberías en polipropileno.

El sistema de producción de DICOL LTDA esta basado en los siguientes procesos:

Proceso Extrusión

- Cuenta con máquinas extrusoras para producción de manguera en polietileno (PE) y tubería en polipropileno (PP) con una capacidad de procesamiento de 200 Kg/hora de resina plásticas

Proceso Empaque

- Cuanta con Maquinas de empaque continuo con capacidad de empacar 7.200 und/hora, máquinas de empaque blíster con capacidad de empacar 750 und/hora, empaque Skin con capacidad de empacar 1.000 und/hora

Proceso de Inyección

- Cuenta con máquinas inyectoras para la fabricación de accesorios de tubería en polipropileno (PP) y componentes necesarios para el ensamble de válvulas y grifería en Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) con una capacidades máximas de plastificación de 60 a 100 Kg/hora de resina plástica

Proceso de fabricación de moldes

- Cuenta con máquinas fresadoras verticales CNC, torno convencional y torno CNC para el maquinado y fabricación de moldes de inyección.

Actualmente, la planta de moldeo por inyección de la empresa DICOL LTDA. cuenta con actividades y rutinas de mantenimiento enfocadas a las máquinas inyectoras dejando de lado a los moldes de inyección, activos sumamente importantes para el procesamiento y fabricación de las piezas y componentes indispensables para otros procesos de la compañía.

No se tiene un control del estado de los moldes, ni registro de actividades de mantenimiento y/o fallas ocurridas durante la vida útil del mismo, generando gran incertidumbre en el proceso productivo que posteriormente se transforma en productos fuera de parámetros de calidad, paradas no programadas de máquinas, incumplimiento de metas de producción y/o entrega de productos a los clientes ocasionando pérdidas tanto económicas como de imagen ante los clientes.

Por consiguiente, DICOL LTDA, ve la necesidad de integrar al plan de mantenimiento actual los moldes críticos de la operación con el fin de disminuir costos por paradas no planeadas, costos de mantenimientos correctivos y por otra parte, aumentar la disponibilidad, rendimiento y calidad en la producción, parámetros que se reflejan en los indicadores medidos a través del OEE

1. OBJETIVOS.

1.1 1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo, con el fin de garantizar la operación, continua y confiable de los moldes críticos utilizados en la planta de moldeo por inyección de DICOL LTDA.

1.2 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar una auditoría diagnóstica usando la herramienta de auditoría AMORMS con el fin de evaluar el estado actual del mantenimiento ejecutado en la planta de moldeo por inyección de DICOL LTDA.
- Realizar un inventario, Clasificar y codificar todos los equipos y moldes que componen la planta de moldeo por inyección de DICOL LTDA. mediante fichas técnicas y hojas de vida siguiendo la norma ISO 14224.
- Realizar un análisis de criticidad usando el método cualitativo de Celiberti, con el fin de jerarquizar los equipos de la planta de moldeo por inyección teniendo en cuenta el impacto y las consecuencias que tienen en la producción.
- Determinar las tareas de mantenimiento preventivo para los moldes y elementos críticos de la planta de moldeo por inyección, usando técnicas de mantenimiento rutinario y cíclico, con el fin de garantizar la confiabilidad operacional de los equipos.

2. MOLDEO POR INYECCION

El moldeo por inyección es un proceso de transformación de plásticos donde se calienta un polímero hasta que alcanza el estado fundido y se fuerza a fluir a altas presiones hasta la cavidad de un molde, donde se solidifica y determina la forma, tamaño y peso de la pieza. El moldeo por inyección es el proceso mas usado para los termoplásticos, algunos termofijos y elastómeros.

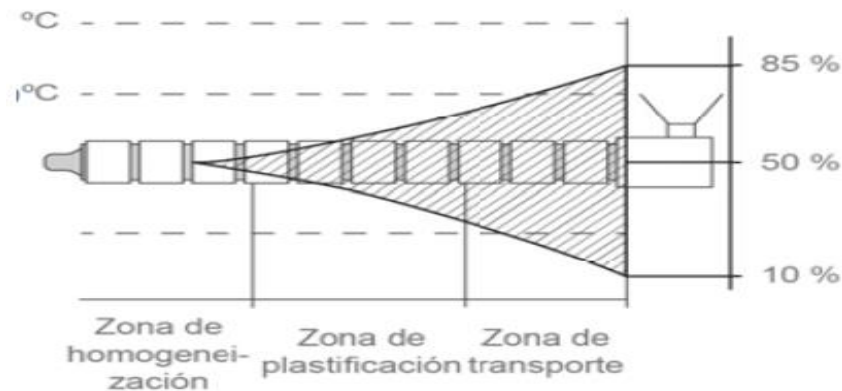
2.1. PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN

El proceso de moldeo por inyección consta de tres operaciones fundamentales:

2.1.1 Fundición y llenado

Consiste en elevar la temperatura más arriba del punto de fusión mediante resistencias térmicas y cizallando el material dentro del barril de una maquina inyectora, en este punto el plástico se comporta como un fluido no newtoniano, una vez el termoplástico se encuentre en estado fundido este se hace fluir a la cavidad del molde aplicando altas presiones.

Figura 1. Fundición y llenado

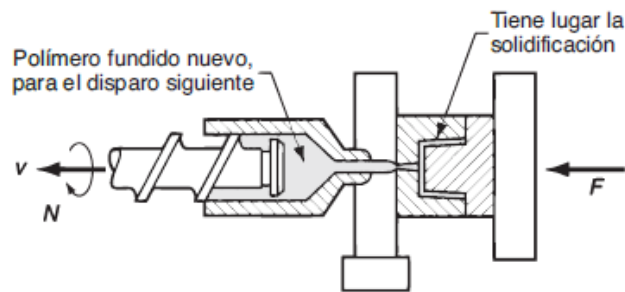


Fuente: CASTANY, Francisco, Diseño y desarrollo de componentes plásticos Tomo 1 El material

2.1.2 Solidificación.

En esta etapa el material transferido a la cavidad del molde es sometido a un proceso de enfriamiento, donde se extrae calor mediante conducción entre el termoplástico y la pastilla del molde que se encuentra refrigerada a través de canales por donde se pasa agua helada con el fin de mantener la temperatura constante en la cavidad.

Figura 2. Solidificación

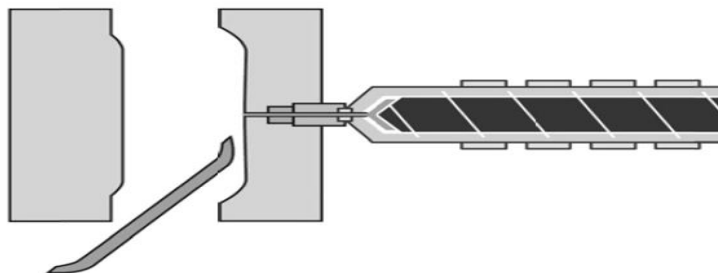


Fuente Groover, Mikel, Fundamentos de manufactura moderna fundamentos de manufactura moderna.

2.1.3 Apertura y expulsión

Esto se hace después de mantener el material bajo presión dentro del molde y una vez el calor aplicado para fundir el material es removido, solidificar la pieza garantiza que esta salga con las especificaciones y dimensiones requeridas.

Figura 3. Apertura y expulsión

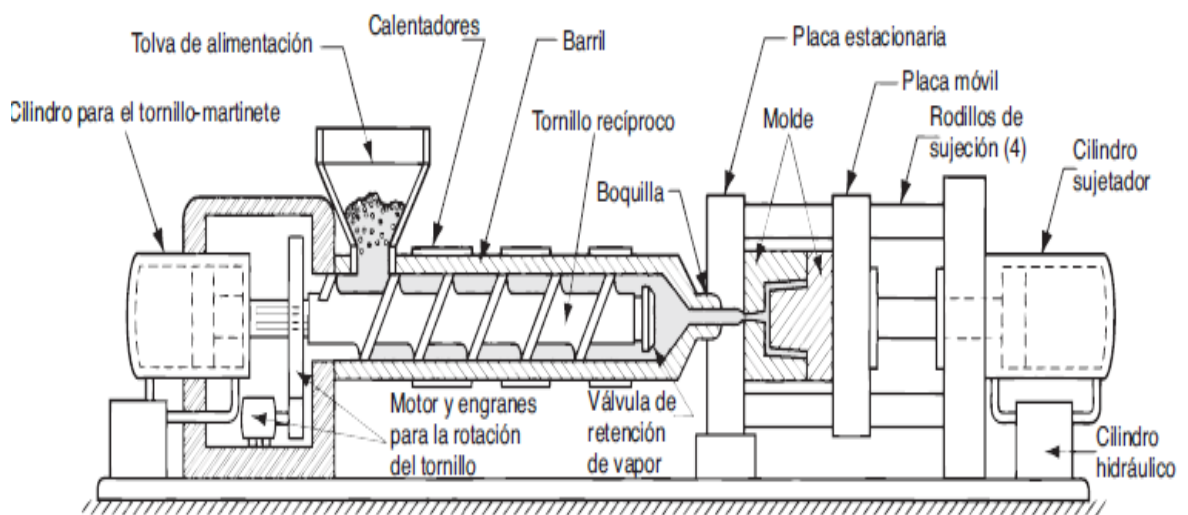


Fuente: CASTANY, Francisco, Diseño y desarrollo de componentes plásticos

2.2 MAQUINAS DE MOLDEO POR INYECCION

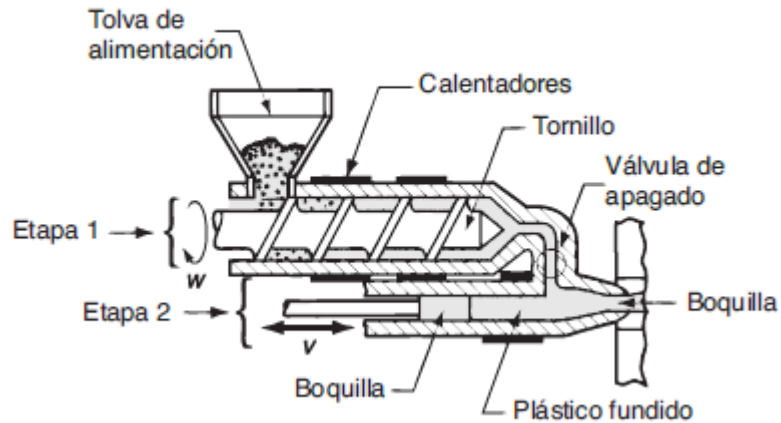
Las máquinas de moldeo por inyección se clasifican según la unidad de inyección, tipo de tornillo usado y capacidad de cierre o fuerza de cierre, en la actualidad hay dos tipos de unidad que son los más usados en la industria, la máquina de tornillo recíprocante (Figura 4). esta es la más común, usa el mismo barril para fundir, plastificar e inyectar el polímero. Como se aprecia en la Figura 5 este tipo de maquina se denomina máquina de dos etapas, en la primera etapa se plastifica el polímero suministrado desde la tolva usando un tornillo para fundir el material y empujarlo hacia adelante, este barril alimenta otro barril que usa un pistón para inyectar el material fundido en el molde.

Figura 4. Máquina de tornillo recíprocante



Fuente: Groover, Mikel, Fundamentos de manufactura moderna fundamentos de manufactura moderna.

Figura 5. Máquina de dos etapas.



2.3 EI MOLDE

Es la herramienta indispensable en los procesos de moldeo por inyección, esta herramienta es quien da las características, dimensiones y peso de la pieza que se ha de producir, cuando se termina el tiempo de producción de una pieza, el molde se cambia por otro para producir la siguiente pieza, en la industria existen diferentes tipos de moldes para inyección de plásticos.

2.3.1 Molde de dos placas

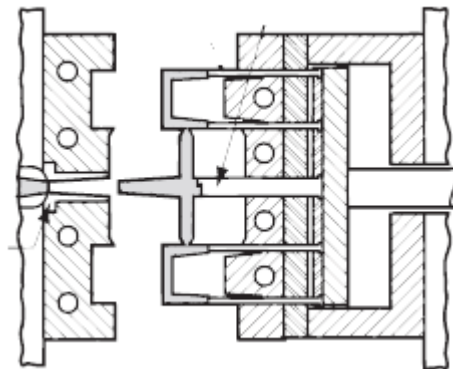
El molde de dos placas es el más común en la industria del plástico, consiste en dos mitades anidadas a las placas de la maquina inyectora, cuando las placas de la maquina inyectora se abren también lo hacen las dos mitades del molde, como se ilustra en la Figura 6. El rasgo más notorio de un molde es la cavidad, los moldes pueden tener una o varias cavidades con el propósito de fabricar mas piezas en un solo disparo, además de las cavidades el molde posee otros rasgos fundamentales durante el proceso de inyección. Los moldes deben tener canales o ramales de distribución por donde fluye en polímero fundido desde la boquilla del barril hasta llegar a la cavidad, todos están equipados con un sistema de eyección para expulsar

la pieza moldeada de la cavidad con el fin de iniciar un nuevo ciclo, también deben estar equipados con un sistema de enfriamiento, el molde cuenta con canales o pasajes por donde circula agua helada con el fin de eliminar calor del plástico caliente.

En resumen, un molde consiste en:

- Una o más cavidades que determina la geometría, tamaño y peso de la pieza
- Canales de distribución por los cuales fluye el polímero fundido hasta las cavidades
- Un sistema de eyección para la expulsión de la pieza
- Un sistema de enfriamiento

Figura 6. Molde de dos placas

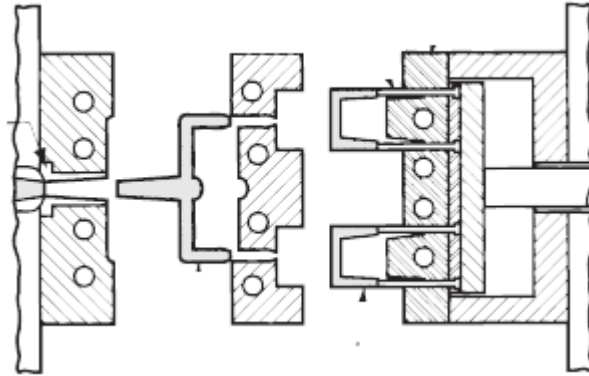


Fuente: **CASTANY, Francisco**, Diseño y desarrollo de componentes plásticos

2.3.2 Molde de tres placas

Este diseño de molde tiene diferentes ventajas sobre el molde de dos placas, el flujo de plástico fundido ocurre a través de una puerta ubicada en la base de la pieza, esto permite una distribución mas ordenada y pareja, cuando este molde se abre, se divide en tres placas con dos aberturas entre ellas, esto fuerza la separación de la pieza con la colada y caen por gravedad Ver figura 7

Figura 7. Molde de tres placas

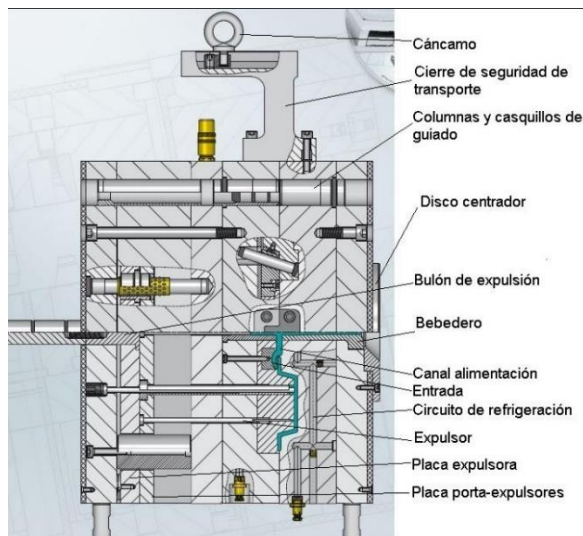


Fuente: **CASTANY, Francisco**, Diseño y desarrollo de componentes plásticos

2.3.3 Partes de un molde de inyección de plástico

Los moldes de inyección de plástico cuentan con sistemas eléctricos, mecánicos, neumáticos, de control y de refrigeración, estos sistemas trabajan en función de la geometría de la pieza y son controlados por el sistema de control de la maquina inyectora, en la Figura 8 se muestra la geometría y componentes principales de un molde de inyección de plástico.

Figura 8. Componentes molde de inyeccion



2.4 Materiales plásticos usados en DICOL LTDA

En la planta de inyección de Dicol limitada se procesan diferentes materiales plásticos, los mas usados son el Polipropileno (PP), Acrilo butadieno estireno (ABS), policloruro de vinilo flexible (PVC) entre otros, se presentas las propiedades físicas y guía de moldeo para los dos materiales mas usados en la planta de moldeo por inyección de Dicol LTDA

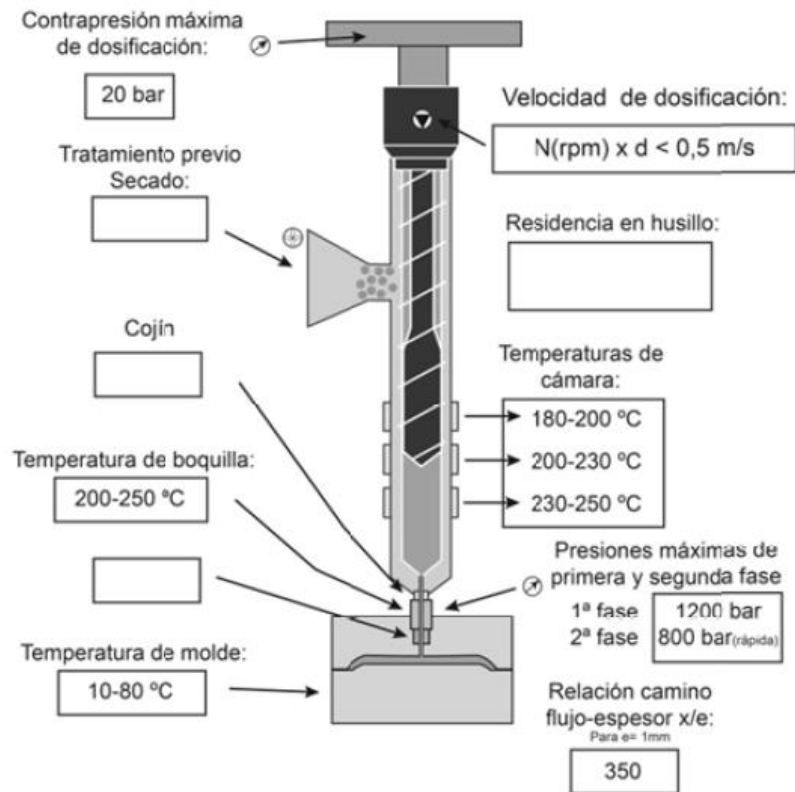
2.4.1 Polipropileno (PP)

Plástico de uso general más usado en la industria del plástico, desarrollado en 1957, pertenece al grupo de las poliolefinas, es un material semicristiano de color opaco con propiedades mecánica y físicas similares al polietileno de alta densidad, presenta buen comportamiento a la fatiga y flexión, insoluble en agua pero es permeable a hidrocarburos

Tabla 1. Propiedades Polipropileno

<i>Polipropileno (PP)</i>	
Temperatura de fusión Cristalina, Tm (°C)	168 - 169
Temperatura de transición vítrea, Tg (°C)	-10
Temperatura de Flexión, HDT (1,85 Mpa, °C)	50 - 70
Temperatura resistencia continua (°C)	95
Conductividad térmica (W/ m*k)	0,15
Contracción (%)	1 - 2,5
Tasa de cristalinidad (%)	60
Densidad (g/cc)	0,90 - 0,91

Figura 9. Guía de moldeo para la inyección de Polipropileno



Fuente: CASTANY, Francisco, Diseño y desarrollo de componentes plásticos P.206

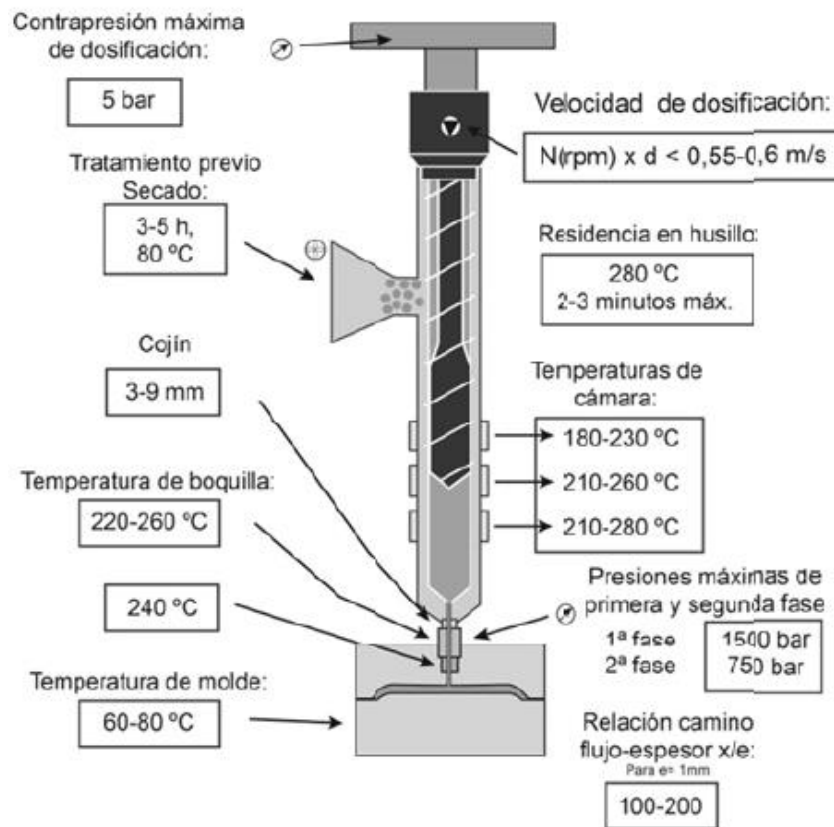
2.4.2 Acrilo Butadieno estireno (ABS)

Es un material obtenido por dispersión de butadieno, es una composición mixta que asegura las ventajas que tiene el poliestireno de alto impacto, la tenacidad y la resistencia química y al calor del estireno acrilonitrilo (SAN), la estabilidad dimensional y la habilidad para ser moldeado con pequeñas tolerancias hace que sea uno de los materiales mas usados en la industria, cuando se requieren piezas de precisión

Tabla 2. Propiedades ABS

ABS	
Temperatura de fusión Cristalina, Tm (°C)	-
Temperatura de transición vítrea, Tg (°C)	105 - 115
Temperatura de Flexión, HDT (1,85 Mpa, °C)	90 - 110
Temperatura resistencia continua (°C)	55 - 95
Conductividad térmica (W/ m*k)	-
Contracción (%)	0,4 - 0,9
Densidad (g/cc)	1,03 - 1,08

Figura 10. Guía de moldeo para la inyección de Polipropileno



Fuente: **CASTANY, Francisco**, Diseño y desarrollo de componentes plásticos P.213

3. FUNDAMENTACION TEORICA

3.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción hasta la concepción actual del mantenimiento con funciones de prevenir, corregir y revisar los equipos a fin de optimizar el costo global.

Con la implementación de nuevas formas y metodologías de trabajo en las organizaciones, el mantenimiento tomo una nueva concepción, pues este adquirió especializaciones y se convirtió en una actividad autónoma e independiente, dando lugar a la administración, dirección, control y planeación de la gestión de mantenimiento.

La historio y evolución del mantenimiento puede ser definida en tres generaciones.

3.1.1 Primera generación 1940-1960

En esta época la industria era poco mecanizada, la mayoría de los equipos eran simples y sobredimensionado, lo que los hacia muy confiables y fáciles de reparar. Como resultados las organizaciones solo se ocupaban de arreglar averías, rutinas de limpieza servicio y lubricación.

3.1.2 Segunda generación 1960-1985

En esta época aumento exponencialmente la mecanización en la industria, al aumentar la dependencia de los equipos cada vez más complejos se empezó a prestar más atención a los tiempos y costos inherentes a las paradas no planeadas de los equipos, esto llevo a la industria a tratar de evitar las fallas, dando lugar al concepto de mantenimiento preventivo, el cual consistió en reparaciones y

sustituciones cíclicas de los componentes críticos de los equipos, esto condujo al crecimiento de los costos de mantenimiento comparado con otros costos operacionales apalancando el desarrollo de metodologías y sistemas de planeación y control del mantenimiento con el fin de maximizar la vida útil de los equipos.

3.1.3 Tercera generación 1985- Actualidad

El tiempo de parada de los equipos afecta las capacidades de producción, aumentando los costos operaciones y el servicio al cliente. En la actualidad factores como la confiabilidad y la disponibilidad son claves para gran parte de las organizaciones. Surgen nuevas filosofías de mantenimiento, se inician estudios de causa y efecto, nace el mantenimiento de detección antes de ocurrida la falla, el mantenimiento ahora es contemplado como una parte fundamental de la organización, en la Figura 9 se muestra la evolución del mantenimiento según las tres generaciones ya mencionadas

Figura 11. Evolución del mantenimiento



Fuente: MOUBRAY, John. RCM II Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. P.7

3.2 LA GESTION DEL MANTENIMIENTO Y SUS INDICADORES

La gestión eficiente de los recursos en los procesos de mantenimiento es hoy en día uno de los mas grandes retos en el interior de las compañías, el mantenimiento paso de ser un costo cuya gestión era netamente reactiva a un complejo proceso que bien gestionando brinda a las organizaciones ventajas competitivas frente a sus competidores.

La moderna gestión de mantenimiento incluye todas las actividades que determinan los objetivos, metas, estrategias y metodologías trazadas por la dirección, estas deben tener un curso o plan de acción, es decir una serie de pasos a seguir, esto con el fin de encaminar la estructura hacia la eficiencia y el acopio de buenas prácticas de m mantenimiento.

Los objetivos y metas fijados por la dirección de la gestión de mantenimiento se deben poder monitorear o seguir en el tiempo mediante indicadores, estos proporcionan un medio sencillo y fiable para medir logros, comparar niveles de referencia con el fin de acoger acciones correctivas, modificativas o proactivas según lo demande el caso, existen tres indicadores básicos sobre los que se sustenta cualquier departamento de mantenimiento (**Confiabilidad, Disponibilidad y costo**).

Para el cálculo de cualquier indicador se debe tener en cuenta los siguientes tiempos de mantenimiento:

- **MTBF (Mean Time Between Failures):** Tiempo promedio entre Fallas

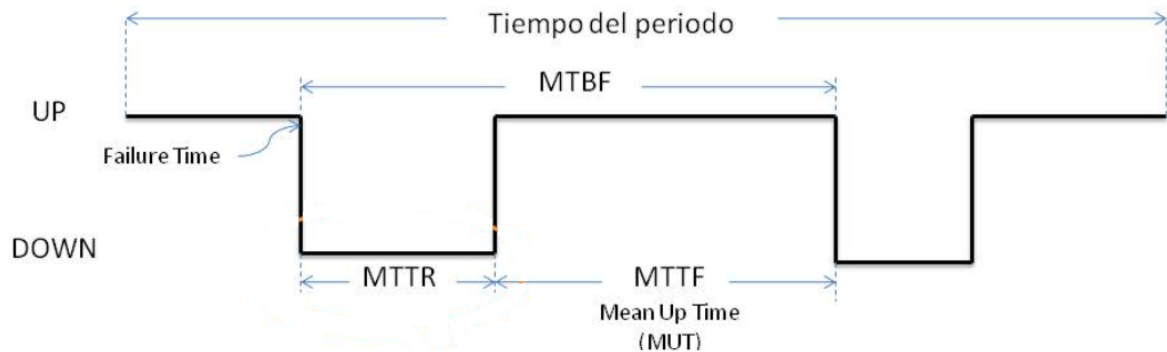
$$MTBF = (\text{N}^\circ \text{ Horas periodo analizado}) / (\text{N}^\circ \text{ Fallas})$$

- **MTTR (Mean Time To Repair):** Tiempo Promedio para Reparar

$$MTTR = (\text{N}^\circ \text{ Horas de paro por falla}) / (\text{N}^\circ \text{ de averías})$$

- **MUT (Mean Up Time):** Tiempo Promedio en Operación (up) o Tiempo promedio para fallar (**MTTF**)

Figura 12. Tiempos de mantenimiento



3.1.1 Confiabilidad

Es la probabilidad que un equipo desempeñe a satisfacción las funciones para las cuales fue diseñado, durante un periodo de tiempo especificado, bajo condiciones de operación dadas

$$\text{CONFIABILIDAD} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

El equipo trabaja continuamente durante un periodo de tiempo dado, es decir la función del equipo no se interrumpe, el equipo se pone en operación y se mantiene en operación.

3.1.2 Disponibilidad

Es la capacidad de un activo de estar en estado óptimo para realizar una función requerida en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo.

$$\text{Disponibilidad} = \text{MUT} / (\text{MUT} + \text{MTTR})$$

Cuando se habla de disponibilidad el componente es puesto en operación en un instante dado y no importa lo que pase después

3.1.3 Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo en estado de falla, pueda ser reparado a una condición específica en un periodo de tiempo dado, usando recursos determinados

Si un componente tiene un 95% de Mantenibilidad en una hora, entonces habrá 95% de probabilidad de que ese componente sea reparado exitosamente en una hora.

$$\text{Mantenibilidad} = 1 - e^{-(\mu t)}$$

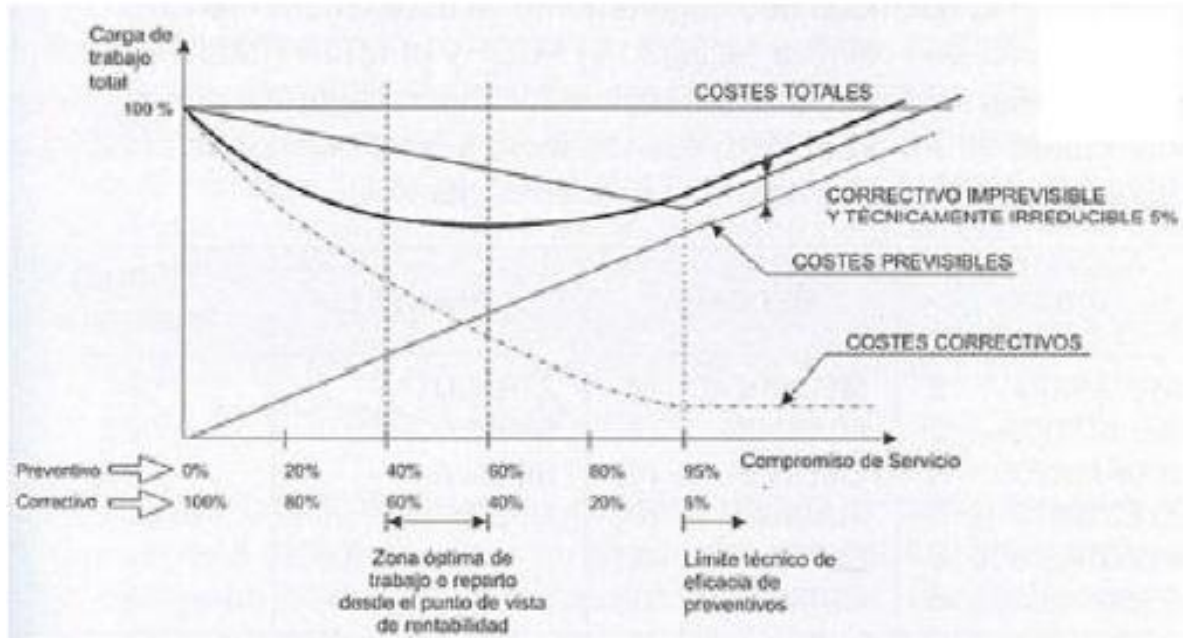
$$\mu = 1/\text{MTTR}$$

3.2.4 Costos

El costo de mantenimiento es uno de los indicadores fundamentales para las organizaciones, pues este refleja cuanto gasta o invierte en el área de mantenimiento.

En la Figura 13. Se exponen el equilibrio entre dos tipos de mantenimiento, el mantenimiento preventivo y correctivo, el objetivo es identificar cuánto cuesta reducir fallas aumentando el mantenimiento preventivo y viceversa, identificar cuánto cuestan las fallas si aumento el mantenimiento correctivo, esto no es fácil, en gran parte de los casos la reducción de fallas solo se consigue modificando el sistema, gran parte de los autores recomiendan estudiar la posibilidad de modificar el sistema más que intentar reducir fallas con mayores actividades preventivas.

Figura 13. Costo mantenimiento preventivo-correctivo



Fuente: GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier, Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión

4. PROCESO PRODUCTIVO PLANTA DE MOLDEO POR INYECCION

Con 47 años en el mercado DICOL LTDA es una de las principales compañías colombianas productoras y comercializadoras de tuberías y accesorios en polipropileno, cuenta con 85 moldes y 5 máquinas de inyección trabajando 24 horas al día.

4.1 PRODUCCION

En la planta de moldeo por inyección se trabaja en promedio 20.000 horas al año, se producen en promedio 8.000.000 de unidades al año y se procesan 84.000 kilogramos de materia prima como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Consumo Materias Primas

Materia Prima	Suma de Kg Procesadas	Suma de Suma de Cantidad Piezas Entregadas
PP	56.824	5.587.854
ABS	12.578	2.105.148
GOMA	12.341	319.088
HTR	810	177.900
PVC Flexible	706	839.500
Total general	83.259	9.029.490

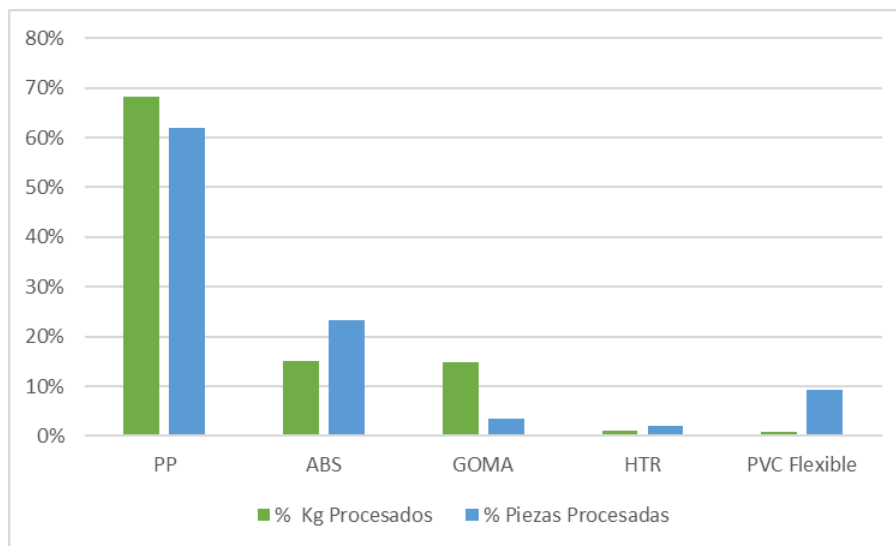
El 61% de las piezas fabricadas son en polipropileno (PP), 23% en Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), 16% en HTR, Goma y PVC Flexible

Tabla 4. % Producción

<i>Etiquetas de fila</i>	<i>Suma de Kg Procesadas</i>	<i>Suma de Suma de Cantidad Piezas Entregadas</i>	<i>% Produccion</i>
Ensamble	49.226	6.911.400	77%
Terminado	34.033	2.118.090	23%
<i>Total general</i>	<i>83.259</i>	<i>9.029.490</i>	

La producción de elementos destinados al ensamble de productos de la línea tradicional (Válvulas, acoples flexibles, sifones flexibles, etc) representa el 77% de la producción total de la planta de moldeo por inyección, frente a un 23% de productos terminados listo para empaque. En la Figura 13 se muestra la comparación en número de unidades y kilogramos de materias primas procesadas.

Figura 14. unidades producidas y % Kg procesados



5. DIAGNOSTICO DEL MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE MOLDEO POR INYECCION DE DICOL LTDA.

Con el fin de evaluar, analizar y plantear metodologías de mejora en el proceso de mantenimiento y gestión de activos se usan herramientas que permiten diagnosticar y detectar puntos que no se gestionan correctamente en el proceso u organización, estas herramientas son denominadas auditorias.

Para este caso, se tomará como referencia el modelo de gestión de mantenimiento señalado por GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier, Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión, Madrid España, 2004.

5.1 METODOLOGIA

La auditoría contempla doce bloques de análisis con un total de 128 preguntas con las cuales se pretende evaluar y diagnosticar con un alto grado de certeza el estado actual de la gestión de activos del departamento de mantenimiento.

Los bloques evaluados en la auditoria están distribuidos de la siguiente manera:

- Organización general
- Métodos y sistemas de trabajo
- Control técnico de instalaciones y equipos
- Gestión de la carga de trabajo
- Compra y logística de respuestas y equipos
- Sistemas informáticos
- Organización del taller de mantenimiento
- Herramientas y medios de prueba
- Documentación técnica

- Personal y formación
- Contratación
- Control de actividades

Cada bloque consta entre 8 y 14 preguntas, cada pregunta tiene un valor entre 0,10,20,30 y 40 dependiendo de la importancia que tiene en el bloque.

Para la obtención de resultados útiles en la auditoria al proceso de gestión de mantenimiento es indispensable contemplar las siguientes etapas complementarias al proceso:

5.1.1 Equipo de trabajo

El equipo de trabajo debe ser conformado por personas con conocimientos específicos en diversas materias, para llegar a la meta es importante que entiendan que el éxito depende del trabajo en equipo y no de uno solo de los integrantes.

Para el desarrollo del proyecto se conformó un equipo de trabajo con personas de los procesos de producción y mantenimiento

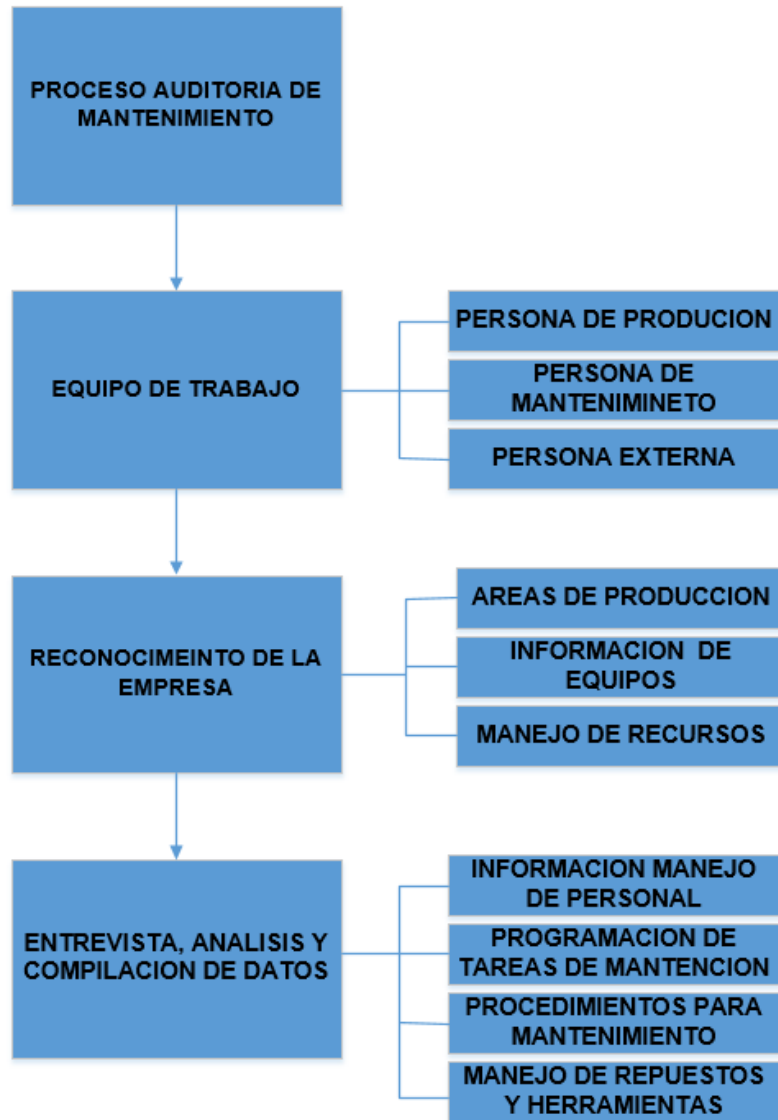
5.1.2 Reconocimiento de la empresa

El equipo auditor debe conocer los procesos de las diferentes áreas de la organización y tener un grado de conocimiento sobre la operación de las mismas

5.1.3 Entrevista análisis y recopilación de datos.

se vincula al proceso de auditoria a personal involucrado con labores de mantenimiento, producción y almacén, esto con el fin de obtener información de diferentes puntos de vista sobre la gestión llevada a cabo por la organización, los datos obtenidos son el resultado de la aplicación de un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a una muestra representativa del personal de mantenimiento y producción

Figura 15. Auditoria del mantenimiento



5.2 RESULTADOS AUDITORIA DE MANTENIMIENTO

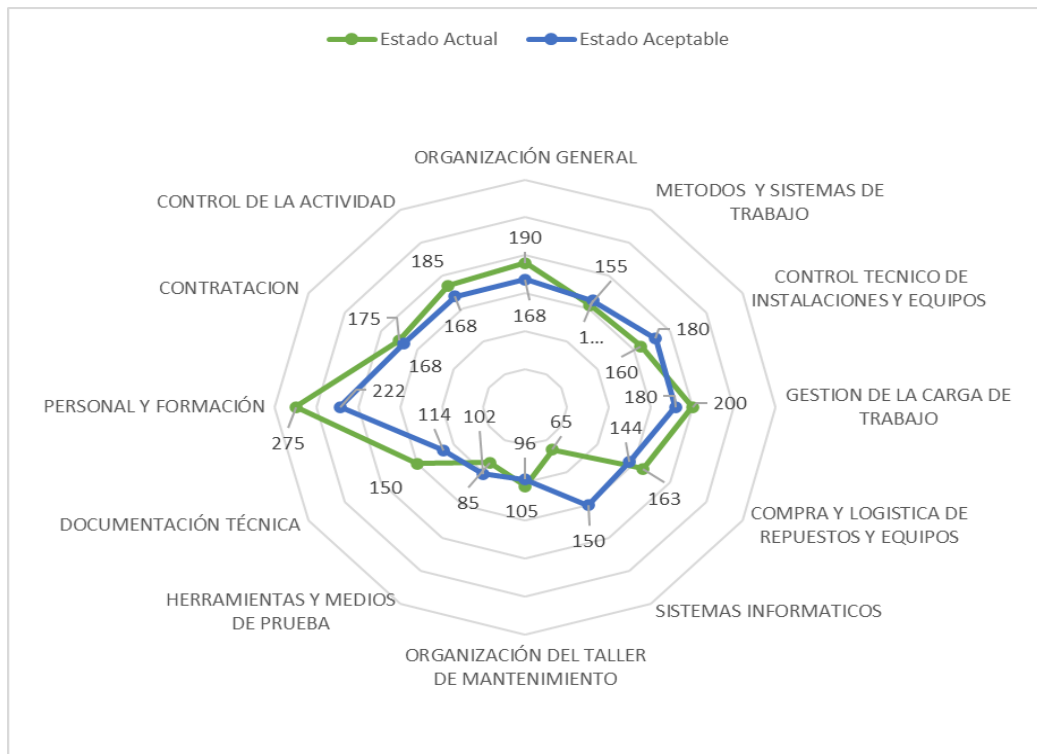
En la Tabla 5 se muestra los resultados obtenidos al aplicar la auditoria del mantenimiento a DICOL LTDA

Tabla 5. Resultados por bloque

	BLOQUE	Estado Actual	Estado Aceptable
A	ORGANIZACIÓN GENERAL	190	168
B	METODOS Y SISTEMAS DE TRABAJO	155	162
C	CONTROL TECNICO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS	160	180
D	GESTION DE LA CARGA DE TRABAJO	200	180
E	COMPRA Y LOGISTICA DE REPUESTOS Y EQUIPOS	163	144
F	SISTEMAS INFORMATICOS	65	150
G	ORGANIZACIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO	105	96
H	HERRAMIENTAS Y MEDIOS DE PRUEBA	85	102
I	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	150	114
J	PERSONAL Y FORMACIÓN	275	222
K	CONTRATACION	175	168
L	CONTROL DE LA ACTIVIDAD	185	168

Los resultados obtenidos en la auditoria de mantenimiento aplicada se muestran en la Figura 16. en forma de grafico radial, que muestra de forma mas especifica todos los aspectos que presentan debilidades o fortalezas en el proceso de gestión del mantenimiento, se considera como debilidad todos los bloques que cuenten con una puntuación inferior a la aceptable recomendada por el autor de la metodología aplicada. En color azul se representa el estado aceptable y en color verde el estado actual

Figura 16. Resultados auditoria



5.3 CONCLUSIONES AUDITORIA

- La planta de moldeo por inyección de Dicol LTDA cuenta con inventario de equipos y herramientas en el cual no están codificados la totalidad de los moldes, los moldes no cuentan con registro en fichas técnicas y hojas de vida.
- No se cuenta con sistemas de priorización de actividades y equipos con base a su criticidad y/o importancia a nivel productivo
- La planta de moldeo por inyección de Dicol LTDA no cuenta con un plan de mantenimiento definido para los moldes que permita organizar de forma adecuada y anticipada actividades de mantenimiento preventivas
- No se cuenta con un registro donde se evidencia los costos por mano de obra, materiales y tiempo empleados en actividades de mantenimiento

Una muestra del material usado en la aplicación y recolección de información de la auditoria de mantenimiento se presenta en el anexo A

6. INVENTARIO, CLASIFICACION Y CODIFICACION DE MOLDES

En la planta de moldeo por inyección de Dicol LTDA no se cuenta con un sistema estandarizado de codificación de moldes ni con un formato único para identificación de equipos que facilite la recolección e intercambio de información entre partes interesadas la identificación del molde se hace de acuerdo a la descripción del producto fabricado en él.

6.1 FORMATO DE CODIFICACION

La codificación debe dar una idea clara al lector del tipo de equipo y área de producción a la que se está haciendo referencia, un buen sistema de codificación permite establecer relaciones en la programación del sistema de información que cada equipo requiere para ser monitoreado.

XX - #####XX - ##
↓ ↓ ↓
1 2 3

Parte 1. Representa el área de producción a la cual está asignado el equipo compuesto por las dos letras mas significativas del nombre del área como se muestra en la Tabla 6

Tabla 6. Codificación área de producción

AREA DE PRODUCCION	CODIGO
ALISTAMIENTO Y DESPACHO	AD
ALMACEN DE TUBERIA	AT
ALMACEN DE ACCESORIOS	AC
ENSAMBLE Y EMPAQUE	EE
EXTRUSION	EX
INYECCION	IN
PREAISLADO DE TUBERIAS	PR
CUARTO DE COMPRESORES	CP
CUARTO DE CHILLER	CC

Parte 2. Combinación alfa numérica que representa la referencia de producción del producto procesado

Parte 3. Número consecutivo de veces que esta misma clase de equipo existe dentro de los activos.

Tabla 7. Moldes de inyección

Descripción	REF
CODO HEMBRA MACHO 3/4 A 1/2	9-144
CODO HEMBRA MACHO DE 1/2"*1/2"	9-143
BRIDA PARA SANITARIO 3"	9-126I
BRIDA PARA SANITARIO 4"	9-125I
ADAPTADOR MACHO DE 1/2*3/8	9-114
TEE HEMBRA 1/2" MACHO 1/2" BLANCO	9-112
TEE MACHO DE 1/2"	9-111
Y PARA LAVADORA	9-109I
TEE HEMBRA MACHO MACHO DE 1/2"	9-108
TUERCA LAVAMANOS 1/2"*1/2" (M.J.)	4-309
TUERCA 13 MM BLANCA	4-307B
TUERCA HEXAGONAL DE 1/4"	4-302
TUERCA LAVAMANOS DE 3/8" x 1/2" REDONDA	4-300-6
TUERCA LAVAMANOS BLANCA	4-300-4
Tuerca Lavamanos Pavco	4-300-3
BUJE LAVAPLATOS A CODO 1.1/2"	3-713
BUJE LAVAMANOS A CODO 1.1/2"	3-712I
BUJE LAVAPLATOS 2"	3-711
BUJE LAVAMANOS 2"	3-710
Vastago]Abs	31-051S

En la Tabla 7 se muestra una parte de los moldes pertenecientes al proceso de moldeo por inyección de Dicol LTDA

Tabla 8. Codificación de moldes

Descripcion		CODIGO	
UNION H.H. 1/2" BLANCO	IN	14-201	01
FITTING	IN	31-014	01
ENTREROSCA 1/2" BLANCO	IN	14-104	01
TUBO DESAGUE LAVAPLATOS ACAMPANADO 20cm	IN	0-318	01
CUERPO VALVULA REGULACION 1/2" P.P.	IN	31-015S	01
Buje Tb Corrugado	IN	20-158	01
CUERPO VALVULA DOBLE SALIDA BLANCO	IN	31-009S	01
TUBO DESAGUE LAVAMANOS ACAMPANADO 25cm.	IN	0-312	01
CUERPO VALVULA REGULACION 1/2" P.P.	IN	31-015S	02
Porta Tuerca	IN	20-159	01
CUERPO VALVULA DE PASO 1/2	IN	31-005	01
CUERPO VALVULA JARDINERA BLANCA	IN	31-011	01
TUERCA LAVAMANOS BLANCA	IN	4-300-4	01
UNION MH 1/2" BLANCO	IN	14-345	01
MANIJA OVALADA ABS SPIN	IN	31-026S	01
TUERCA HEXAGONAL PP SPIN	IN	4-042S	01
Reduccion de 1 1/2 a 1 1/4" Sifon Corrugado	IN	14-395	01
REDUCCION MM 3/4"*1/2" BLANCO	IN	14-317	01
CUERPO VALVULA LAVADORA DE 1/2" PP	IN	31-012	01
GRAPA DE FIJACION 25mm.(3/4") AZUL	IN	14-516	01
ADAPTADOR MH 20mm*1/2" FR VERDE	IN	20-284	01
ADAPTADOR HM 32mm*1" F-R.	IN	20-286	02
TUERCA SANITARIO AZUL PP	IN	4-305-2	01
UNION ESPIGO 20mm. (1/2")	IN	11-103	01
TEE MACHO DE 1/2"	IN	9-111	01
BRIDA PARA SANITARIO 3"	IN	9-126I	01
TEE HEMBRA MACHO MACHO DE 1/2"	IN	9-108	01
Tuerca Lavamanos Pavco	IN	4-300-3	01

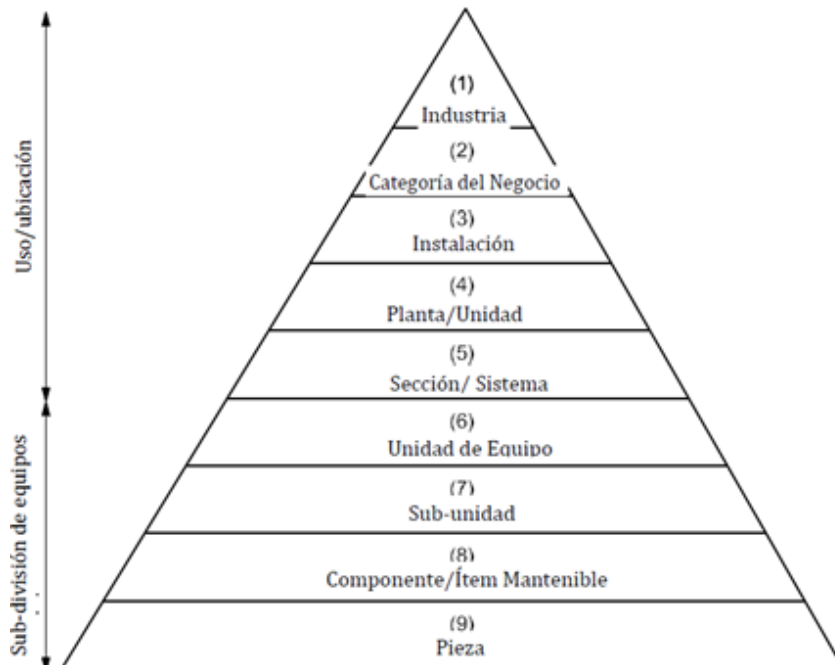
En la Tabla 8 se presenta una muestra de los moldes existentes en la planta de moldeo por inyección, en el anexo B se presenta la totalidad de moldes codificados

6.2 TAXONOMIA Y RECOLECCION DE DATOS SEGÚN LA ISO 14224

La norma ISO 14224 fue desarrollada por un conglomerado de compañías petroleras que vieron la necesidad de compartir y comparar datos de la operación de sus equipos con el fin de mejorar la confiabilidad, fue así como nació la gran base de datos OREDA. La ISO 14224 consta de dos secciones una normativa y otra informativa, en la sección normativa se tratan temas como el alcance de la norma, definiciones y abreviaciones, calidad de los datos, cuerpo y jerarquización de equipos, la sección informativa se tratan temas como atributos de las clases de equipos, notas de falla y listados de chequeo para el control de calidad.

Según la ISO 14224 la taxonomía es la clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores comunes como ubicación, uso y subdivisión de equipos.

Figura 17. Classification Taxonomica



Fuente: ISO 14224. Petroleum, petrochemical and natural gas industries—collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment; 2016

Para asegurar que los objetivos del estándar internacional se cumplan, se debe recolectar un mínimo de datos identificados con un (*) en las tablas 9, 10 y 11. Sin embargo la suma de otras categorías de datos puede mejorar significativamente el potencial de utilidad de los datos, en todos los casos el mínimo de datos recolectados debe permitir un intercambio de información en entre el propietario del equipo y el fabricante, estos datos incluirán datos requeridos para la identificación física del equipo, datos de categorización de mantenimiento y datos de mantenimiento.

Tabla 9. Datos de equipos comunes

Categoría de Datos	Datos	Nivel Taxonomía	Ejemplo
Atributos de uso/ubicación	Industria	1	Petróleo
	Categoría del Negocio (*)	2	Refinería
	Categoría de instalación	3	Tuberías
	Código o nombre de instalación (*)	3	Química Delta
	Código o nombre propietario	4	JPL Corp.
	ubicación geográfica	3	Reino Unido
	Categoría Unidad/Planta (*)	4	Estación de Compresor
	Código o nombre Planta/Unidad (*)	4	EC 1
	Sección/Sistema (*)	5	Procesamiento de Petróleo (Ver Anexo A)
Equipment attributes	Clase de Equipo (*)	6	Bomba (Ver Anexo A)
	Tipo de Equipo (*)	6	Centrifugo (Ver Anexo A),
	Ubicación/Identificación de Equipo (p.ej. no. de etiqueta) (*)	6	C1001
	Descripción de Equipo (nomenclatura)	6	Compresor Principal
	Número único de identificación de equipo b	6	10101
	Nombre del Fabricante (*)	6	Smith
Operación (uso normal)	Modo/Estado operativo normal (*)	6	Intermitente
	Fecha inicial de comisionamiento de	6	2003.01.01
	Fecha de inicio del servicio actual (*)	6	2003.02.01
	Tiempo de vigilancia, h (calculado) (*)	6	8950
	Tiempo operacional, h d (medido/calculado)	6	7540
	Número de demandas de pruebas periódicas durante el periodo de vigilancia donde aplique (*)	6	4

Fuente: ISO 14224. Petroleum, petrochemical and natural gas industries—collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment; 2016

6.2.1 Datos Falla

Una definición uniforme de falla y un método de clasificación de fallas son esenciales cuando se necesitan combinar los datos de diferentes fuentes (planta y operadores) en una base de datos común, se debe utilizar información común de falla como lo muestra la Tabla 10

Tabla 10. Categorización de falla

Categoría de Datos	Datos	Descripción
Identificación	Registro de falla (*)	Identificación de registro de falla único
Datos Falla	Identificación/ubicación del equipo (*)	P.ej. número de etiqueta (Véase Table 6)
	Fecha de falla (*)	Fecha de detección de falla (año/mes/día)
	Modo de falla (*)	Usualmente a nivel de unidad de equipo (nivel 6) (Véase B.2.6) (a)
	Impacto de falla en la seguridad de la planta (p.ej. personal, medioambiental, activos)	Categorización cualitativa y cuantitativa de consecuencia de falla (Véase también C.1.10)
	Impacto de falla en la operación de la planta (p.ej. producción, perforación intervención) (b)	Categorización cualitativa y cuantitativa de consecuencia de falla (Véase también C.1.10)
	Impacto de falla en la función del equipo (*)	Efecto en la función de unidad del equipo (nivel 6): falla crítica, degradada, o incipiente ©
	Mecanismo de falla	Los procesos físicos y químicos que han conducido a una falla
	Causa de Falla (d)	Las circunstancias durante el diseño, fabricación o uso que han conducido a una falla (Véase Tabla B.3)
	Subunidad en falla	Nombre o subunidad en falla (Véase ejemplos en Anexo A)
	Componente/Ítem mantenible(s) en falla	Nombre del componente/ítem mantenible en falla (Véase Anexo A)
	Método de detección	Como se detectó la falla (Véase Table B.4)
	Condición operativa al momento de la falla (*)	Detención, puesta en marcha, funcionamiento, espera en caliente, tiempo inactivo, espera en frío, pruebas
Fase operacional en falla (e)	Tipo de operación al momento de falla	
Clasificación de modo de falla SIS (f)	Clasificar la falla para un evento específico (DU, DD, SU, SD; Véase F.2) (g)	
Observaciones	Información adicional	Proporcionar más detalles, si están disponibles, acerca de las circunstancias que conducen a la falla: falla de unidades redundantes, causas de falla etc.

Fuente: ISO 14224. Petroleum, petrochemical and natural gas industries—collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment; 2016

6.2.2 Datos de mantenimiento

Se debe usar un informe común para todas las clases de equipos para informar datos de mantenimiento, como lo muestra la Tabla 11

Tabla 11. Datos de mantenimiento

Categoría de Datos	Datos	Descripción
Identificación	Registro de Mantenimiento (*)	Identificación de Mantenimiento único
	Identificación/ubicación del equipo (*)	ej. número de etiqueta (Véase Tabla 6)
	Registro de falla (*)	Correspondiente al registro de identificación de falla (no es relevante para el mantenimiento preventivo)
Datos de Mantenimiento	Fecha del mantenimiento (*)	Fecha cuando fue realizada la acción de mantenimiento o planificada (fecha de inicio)
	Categoría de Mantenimiento (*)	Categoría principal (correctiva, preventiva)
	Prioridad del Mantenimiento	Prioridad alta, media o baja
	Intervalo (planeado)	Calendario o intervalo operativo (no relevante para mantenimiento correctivo)
	Actividad de Mantenimiento	Descripción de la actividad de mantenimiento, Véase Anexo B, Tabla B.5
	Impacto en planta de las operaciones de mantenimiento	Cero, parcial o total
	Sub-unidad mantenida	Nombre de la sub-unidad mantenida (Véase Anexo A) (b) (puede ser omitido del mantenimiento preventivo).
	Componente/ítem mantenible(s)	Especificar el componente/ítem mantenible(s). Que estuvo en mantenimiento (Véase Anexo A) (se puede omitir del mantenimiento preventivo)
Ubicación de repuestos	Disponibilidad de repuestos (p.ej. fabricante local/a distancia)	
Recursos de Mantenimiento	Horas hombre mantenimiento, por disciplina c	Horas hombre mantenimiento por disciplina (mecánico, eléctrico, instrumentos, otros)
	Mantenimiento horas hombre, total	Total de horas hombre de mantenimiento
	Mantenimiento de recursos de equipos	ej. intervención de buques y grúas

Fuente: ISO 14224. Petroleum, petrochemical and natural gas industries—collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment; 2016

Como la ISO 14224 está diseñada para equipos usados en la industria petrolera esta no cuenta con una clasificación taxonómica definida para equipos usados en industria de transformación de plásticos, pero la metodología, lineamientos y filosofía enmarcados en la ISO 14224 son aplicables en cualquier industria. En las Tablas 12 y 13 se presenta la clasificación de tipos y subdivisión de equipos propuesta para los moldes de la planta de moldeo por inyección

Tabla 12. Clasificación de tipos

Clase Equipo		Tipo Equipo	
Descripción	Código	Descripción	Código
Moldes	MD	Dos placas	MD
		Tres Placas	MT

Tabla 13. Subdivisión de equipos

Equipo	Moldes		
Subunidad	Transmisión potencia	Expulsión	Refrigeración
Ítem Mantenible	Rodamientos	Placas	Sellos
	Cadenas	Expulsores	O ring
	Acoples	Resortes	
	Ejes de engrane		
	Engranajes		
	Motor hidráulico		
	Aceite		

6.2.3 Modos de falla

La norma ISO 14224 establece 62 modos de fallas para todas las clases de equipos existentes en las operaciones petroleras, estos 62 modos de falla son una base para establecer los modos de falla presentes en los equipos de otras industrias, cada clase de equipo tiene modos de falla asociados, todos los modos de falla están codificados con el propósito de facilitar análisis estadísticos posteriores, en la Tabla 14 se muestran los modos de falla sugeridos para la clase moldes (MD)

Tabla 14. Modos de falla

Código Modo Falla	Descripción modo falla	Moldes de Inyección (MD)	Ejemplo
BRD	Parada	x	Agarrotamiento, rotura
CSF	Falla de control/señal	x	Monitoreo o regulación inexistente o defectuosa, falla en transmitir o recibir comando o datos, falla en accionamiento de función
ELP	Fuga externa – medio del proceso	x	Aceite, gas, condensado
ELU	Fuga externa – medio de suministro	x	lubricante, aceite de enfriamiento
ERO	Producción errática	x	oscilación, variación, inestabilidad
FTI	Falla de funcionamiento según lo requerido	x	Falla operacional general
FTS	Falla de arranque bajo demanda	x	
IHT	Transferencia de calor insuficiente	x	Sistema de calefacción/enfriamiento por debajo del nivel aceptado
NOI	Ruido	x	
OHE	Sobrecalentamiento	x	
PLU	Taponamiento/atascamiento	x	Restricción de flujo
STD	Deficiencia estructural	x	Daños materiales (grietas, desgaste, fracturas, corrosión)
UNK	Desconocido	x	
UST	Parada espuria	x	Parada inesperada
VIB	Vibración	x	vibración

6.2.4 Mecanismos de falla

La ISO 14224 define el mecanismo de falla como el proceso físico, químico o la combinación de procesos que da lugar a la falla, es un atributo del evento de falla, los códigos de mecanismo de falla están asociados a 6 categorías

- 1 Falla mecánica
- 2 Falla de material
- 3 Falla de instrumentación
- 4 Falla eléctrica
- 5 Influencia externa
- 6 Varios

En la Tabla 15. Se presentan los mecanismos de falla seleccionados, sugeridos que aplican a la categoría moldes de inyección, los mecanismos de falla instrumentación y eléctrico no fueron incluidos en la Tabla 15. puesto que es improbable que se presenten en un molde

Tabla 15. Mecanismos de falla Moldes

Mecanismo Falla		Subdivisión del mecanismo de falla		Descripción del mecanismo de falla
Código	Notación	Código	Notación	
1	Falla mecánica	1	General	Falla relacionada a defectos mecánicos, pero no se conocen detalles mayores
		1.1	Fuga	Fugas externas e internas, ya sean de líquidos o gases: si el modo de falla al nivel del equipo se codifica como "fuga", se debe utilizar un mecanismo de falla orientado a la causa siempre que sea posible.
		1.2	Vibración	Vibración anormal: Si el modo de falla al nivel del equipo es "vibración", un mecanismo de falla orientado a la causa, la causa de la falla (causa raíz) debe ser registrado siempre que sea posible.
		1.3	Alineamiento/espacio	Falla provocada por un espacio o alineamiento inadecuado.
		1.4	Deformación	Distorsión, flexión, abolladura, mellas, exceso de tensión, contracción, formación de ampollas, reptación, etc.
		1.5	Soltura	Desconexión, ítems sueltos.
		1.6	Atascamiento	Atascamiento, agarrotamiento, bloqueo por
2	Falla Material	2.0	General	Falla relacionada a un defecto del material, pero donde no se conocen detalles mayores
		2.1	Cavitación	Relevante para los equipos tales como las bombas y válvulas
		2.2	Corrosión	Todo tipo de corrosión, tanto húmeda (electroquímica) como seca (química)
		2.3	Erosión	Desgaste por erosión
		2.4	Desgaste	Desgaste abrasivo y adhesivo, p.ej. ralladuras, engrane, raspado, frotamiento
		2.5	Rotura	Fracturas, quebrantamientos, grietas
		2.6	Fatiga	Si la causa de la falla puede ser trazado a la fatiga, se debe utilizar este código.
		2.7	Sobrecalentamiento	Daños al material debido al sobrecalentamiento/
5	Influencia externa	5.0	General	Failure debido a algún evento externo o sustancia fuera del límite, pero donde no se conocen detalles mayores.
		5.1	Bloqueo/Taponamiento	Restricción/taponamiento de flujo debido a incrustaciones, congelamiento, aseguramiento de flujo (hidratos) etc.
		5.3	Contaminación	Fluido/gas/superficie contaminado, p.ej. contaminación de aceite de lubricación, contaminación del cabezal del detector de gas
		5.4	Otra Influencia Externa	Objetos externos, impactos, influencia ambiental desde sistemas cercanos
6	Varios	6.0	General	Mecanismo de falla que no entre en las categorías anteriores
		6.1	Ninguna causa	Falla investigada, pero no se reveló la causa o
		6.2	Causas combinadas	Varias causas: Si existe una causa predominante, esta debe ser codificada.
		6.3	Otros	Sin código aplicable: Utilizar texto libre.
		6.4	Desconocido	No existe información disponible

(a) La persona responsable de adquirir los datos debe juzgar cual de los descriptores de mecanismo de falla es más importante si existe más de uno, intentando evitar los códigos 6.3 y 6.4. (b) Los errores humanos no están considerados bajo los mecanismos de falla, sino que se consideran como parte de las causas de falla.

Fuente: ISO 14224. Petroleum, petrochemical and natural gas industries—collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment; 2016

6.2.5 Causas de falla

Con la recolección de estos datos se pretende identificar la causa raíz que da lugar a la falla, en la Tabla 16. Se identifican cinco categorías con subdivisiones respectivas.

Tabla 16. Causas de Falla


Número de código	Notación	No. Código de subdivisión	Subdivisión de la causa de falla	Descripción de la causa de falla
1	Causas relacionadas al diseño	1.0	General	Diseño o configuración inapropiada del equipo (forma, tamaño, tecnología, configuración, operabilidad, mantenibilidad, etc.), pero no se conocen mayores detalles.
		1.1	Capacidad inapropiada	Dimensiones/capacidad inadecuada.
		1.2	Material inapropiado	Selección de materiales inapropiados.
2	Causas relacionadas a la fabricación/ instalación	2.0	General	Falla relacionada a la fabricación o instalación, pero no se conocen mayores detalles.
		2.1	Falla de fabricación	Falla de fabricación o procesamiento.
		2.2	Falla de instalación	Falla de instalación o montaje (no incluye montaje después de mantenimiento)
3	Causas relacionadas a la operación/ mantenimiento	3.0	General	Falla relacionada a la operación/uso o mantenimiento del equipo, pero no se conocen mayores detalles.
		3.1	Servicio no provisto/ no diseñado	Condiciones de servicio imprevistas o no diseñadas, p.ej. operación del compresor fuera del rango apropiado, presión mayor a las especificaciones, etc.
		3.2	Error de operación	Error humano: Error, mal uso, negligencia, descuido, etc. durante la operación (ej. debido a fatiga humana)
		3.3	Error de mantenimiento	Error humano: Error, mal uso, negligencia, descuido, etc. durante el mantenimiento (ej. debido a fatiga humana)
		3.4	Desgaste esperado	Falla causada por el desgaste resultante de la operación normal del equipo
4	Falla relacionada a la gestión	4.0	General	Falla relacionada a problemas de gestión, pero no se conocen mayores detalles.
		4.1	Error de documentación	Error humano: Falla relacionada a procedimientos, especificaciones, planos, reportes, etc. (ej. debido a fatiga humana)
		4.2	Error de gestión	Falla relacionada a la planificación, organización, aseguramiento de calidad, etc.
<p>^a La persona responsable de adquirir los datos debe juzgar cuál de los descriptores de mecanismo de falla es más importante si existe más de uno, intentando evitar los códigos 5.5 y 5.6.</p> <p>^b Véase mayor información en B.2.3.2 y también F.3.2.</p>				

Fuente: ISO 14224. Petroleum, petrochemical and natural gas industries—collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment; 2016

6.3 Ficha técnica

Con la información mostrada en las Tablas 9,10 y 11 se diseña una ficha técnica general con la cual se pretende recolectar información de los moldes siguiendo los lineamientos del estándar ISO 14224 (Ver Figura 18) que contenga datos relevantes del molde, con el fin de reducir el tiempo de búsqueda de información y agilizar el pedido de respuestas específicos.

Figura 18. Ficha Técnica

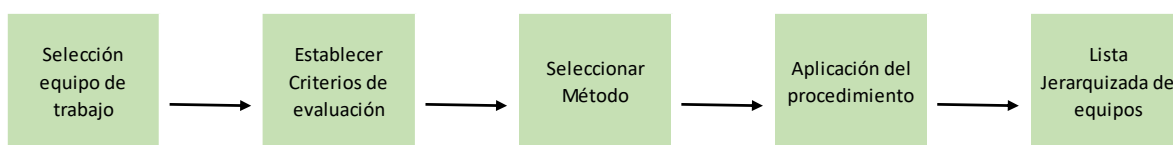
PROCESO DE PRODUCCIÓN			CÓDIGO: PP001-D01	
FICHA TÉCNICA DE MOLDES			VERSIÓN: 02	FECHA VIGENCIA: Febrero 21 de 2022
Foto del Equipos		Producir piezas en polipropileno a una velocidad de 144 und/hora, cumpliendo con las dimensiones y geometría establecidas en le ficha técnica XXX		
<i>Equipo: MOLDE CUERPO VALVULA REGULACION SENCILLA DE</i>				
<i>TAG: IN 31-015S 01</i>				
Atributos de uso/ubicacion			Componente Mantenible	
<i>Categoría del Negocio (*)</i>	2	PLASTICO	<i>Caracterisitcas</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Codigo o nombre de instalacion (*)</i>	3	DICOL	Motor Hidráulico Ref: 101-1027-009	2
<i>Categoría Unidad/Planta (*)</i>	4	PLANTA INYECCION	Resorte 1" x 3" 1/2"	4
Atributos De Equipo			Interlock de 16 x 34 mm	4
<i>Clase de Equipo (*)</i>	6	MOLDE	Pin expulsor de 5/8" x 8"	4
<i>Tipo de Equipo (*)</i>	6	2 PLACAS	Pin expulsor de 3/16" x 8"	1
<i>Ubicación/Identificación de Equipo (p.ej. no. de etiqueta) (*)</i>	6		Pin expulsor de 1/4" x 8"	2
<i>Nombre del Fabricante (*)</i>	6	DICOL	Piñon Transmisión 150 x 48 mm	4
Condiciones Operación			Piñon Arrastre 55 x 18 mm	4
<i>Modo/Estado operativo normal (*)</i>	6	CONTINUO	Ceguer 32 mm	2
<i>Fecha de inicio del servicio actual (*)</i>	6	2015.01.02	Ceguer 24 mm	6
<i>Temperatura Operacional</i>	6	40/60 °C	Rodamiento Ref: 6005	2
<i>Fuerza de Cierre</i>	6	80 TON	Rodamiento Ref: 6007	4
<i>Ciclos/hora</i>	6	72	Rodamiento Ref: 51106	4
<i>No Cavidades</i>	6	2	Retenedores Diáme: 42 x 10 mm	4

7. ANALISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad aplicado a los activos físicos, permite establecer jerarquizar y priorizar actividades o recursos considerando el impacto que tienen en la organización desde la perspectiva de la producción, la seguridad, el ambiente e implicaciones legales en las que se pueda incurrir.

En la aplicación exitosa de cualquier modelo de criticidad se deben seguir los pasos o lineamientos mostrados en la Figura 19.

Figura 19. Análisis Modelo Criticidad



7.1 EQUIPO DE TRABAJO

El análisis de criticidad es una técnica clave a la hora de definir la futura estrategia de mantenimiento dentro de la empresa, por ello a la hora de aplicarla se deben tener en cuenta aspectos estrategias de las organizaciones.

En el desarrollo del modelo no solo debe participar personal destinado al mantenimiento de los equipos, quienes serán los usuarios principales del análisis, sino que también deben participar personal procedente de otros procesos de la compañía como **producción** y **seguridad industrial**.

7.2 CRITERIOS DE EVALUACION

Los criterios definidos para ser aplicados en el modelo de criticidad fueron seleccionados por el equipo de trabajo, compuesto por personal de producción SST y mantenimiento

7.2.1 Impacto en la producción

Representa la producción que se deja de obtener debido a la falla ocurrida, esta falla puede representar un paro parcial o total del equipo analizado

Tabla 17. Impacto en la Producción (IP)

IP	IMPACTO EN PRODUCCION
5	Perdidas de producción superiores 75 %
4	Perdidas entre 50% y 75% de la producción total
3	Perdidas entre 25% y 50% de la producción total
2	Perdidas entre 10% y 25% de la producción total
1	Perdidas de producción inferiores al 10 %

7.2.2 Costos de mantenimiento

Hace referencia al costo incurrido para restablecer el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, el costo se calcula teniendo en cuenta mano de obra, materiales, repuestos, transporte y se compara con el valor de compra del activo o equipo

Tabla 18. Costos de mantenimiento (CM)

CM	COSTOS DE MANTENIMIENTO
5	Daños irreversibles al sistema, costo reparación supera 75% valor del equipo
4	Costo reparación esta entre 50% y 75% valor del equipo
3	Costo reparación esta entre 25% y 50% valor del equipo
2	Costo reparación esta entre 10% y 25% valor del equipo
1	Costo reparación inferior al 10% del valor del equipo

7.2.3 Tiempo para reparar.

Es el tiempo necesario para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para operar nuevamente.

Tabla 19. Tiempo para reparar (BM)

BM	MANTENIBILIDAD
5	tiempo reparación superior 24 horas
4	No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción parcialmente
3	tiempos de reparación entre 4 y 24 horas
2	se cuenta con unidades de reserva en línea y/o tiempos de reparación inferiores a 4 horas

7.2.4 Impacto en la seguridad

Se define como la posibilidad que la falla de un equipo derive en eventos no deseados que ocasionen que una persona pueda resultar lesionada

Tabla 20. Impacto en la seguridad (IS)

IS	IMPACTO EN SEGURIDAD
10	puede causar perdidas humanas
8	Causa lesiones o heridas graves con incapacidad temporal superior a 30 días
6	Causa lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días
4	Causa lesiones o heridas leves no incapacitantes
2	No existe ningún riesgo en la salud

7.2.5 Impacto ambiental

Se define como la posibilidad que la falla de un equipo derive en la violación de cualquier regulación ambiental

Tabla 21. Impacto ambiental (IA)

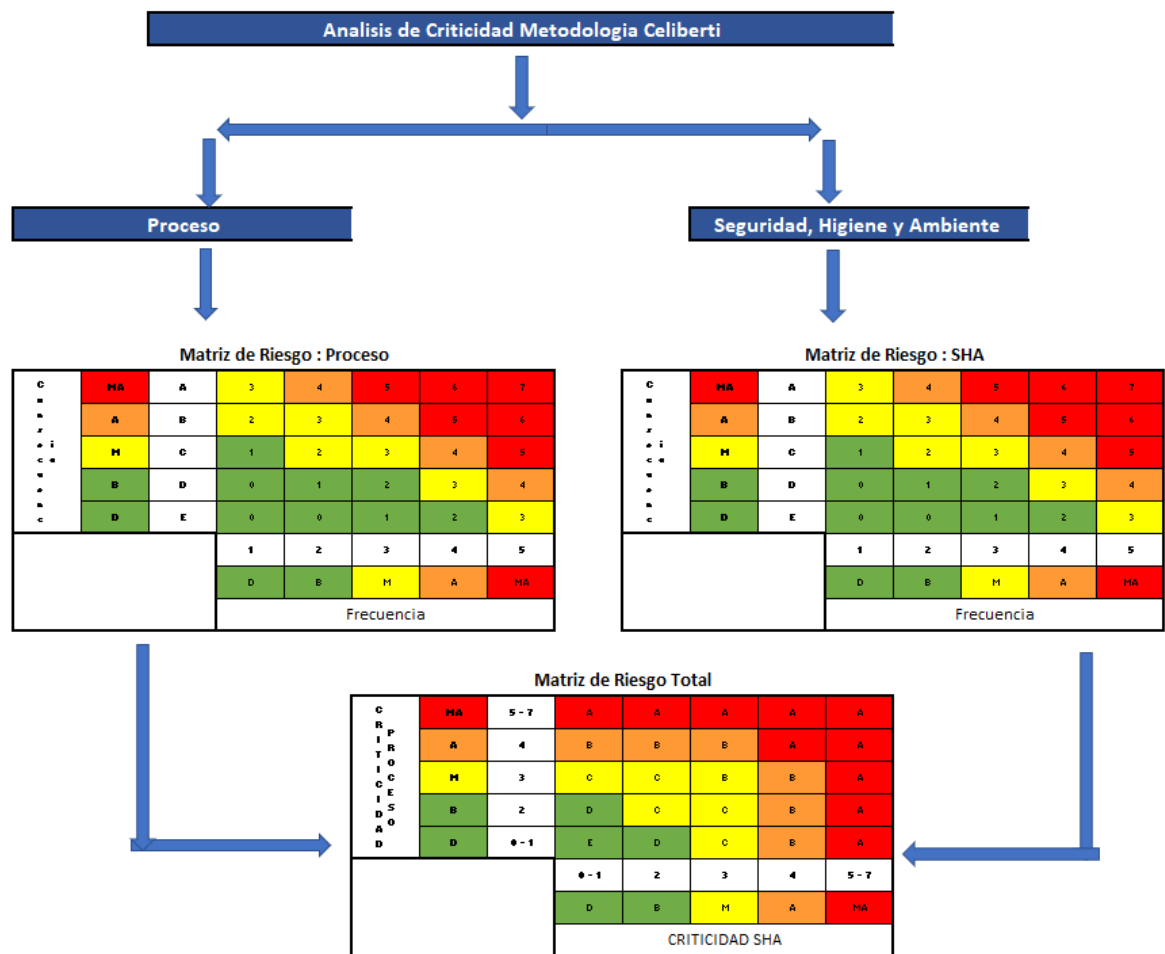
IA	IMPACTO AMBIENTAL
10	Fallas que generan incumplimiento de normas ambientales , quejas de la comunidad
8	Contaminación ambiental moderada, se manifiesta en un espacio reducido de la planta
6	Incidente ambiental fácil de contener
4	No originan impacto ambiental

7.3 MODELO CRITICIDAD CILIBERTI

El método consiste en determinar valores de consecuencia y probabilidad desde la óptica del proceso (Producción y mantenimiento) los cuales se introducen en la llamada matriz de proceso para determinar el nivel de riesgo en el proceso, luego

se obtienen los valores de consecuencia y probabilidad de las la óptica se seguridad, salud, higiene y ambiente, los cuales se introducen en la matriz llamada SHA para determinar el nivel de riesgo visto desde SHA, los niveles obtenidos para las matrices de proceso y SHA se introducen en una matriz de riesgo global y se obtiene el nivel de criticidad total del componente desde la perspectiva del proceso, la salud y seguridad como se muestra en la Figura 20.

Figura 20. Análisis Criticidad Método Ciliberti



Fuente: Santos, Joaquín, Revista Investigaciones Científicas (NE) UNERMB. Volumen 4, 2013

7.3.4 Matriz de riesgo – Proceso

Usando los criterios Impacto en producción, costos de mantenimiento y mantenibilidad descritos anteriormente en el apartado 7.2 se procede a definir los parámetros de consecuencia y frecuencia para construir la matriz de riesgo de proceso.

$$\text{Criticidad Proceso} = (\text{Consecuencias}) * (\text{Frecuencia Proceso})$$

Donde:

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto producción}) * (\text{Costo Mantenimiento}) * (\text{Mantenibilidad})$$

En la Tabla 22. Se muestra el rango de clasificación para la consecuencia categorizada en muy alta, alta, media, baja y despreciable

Tabla 22. Categorización de consecuencias

Consecuencias				
Clasificación		Categoría	Min Valor	Max Valor
MA	Muy Alta	A	106	125
A	Alta	B	64	105
M	Media	C	27	63
B	Baja	D	8	26
D	Despreciable	E	1	7

En la Tabla 23. Se muestra la categorización de la frecuencia o probabilidad de ocurrencia para la construcción de la matriz de riesgo del **proceso**.

Tabla 23. Categorización de Frecuencia Proceso

Frecuencia			
Clasificación		Categoría	Probabilidad Ocurrencia
MA	Muy Alta	5	Mas de 52 por año
A	Alta	4	Entre 13 y 52 por año
M	Media	3	Entre 5 y 12 año
B	Baja	2	Entre 2 y 5 año
D	Despreciable	1	No mas de 1 al año

7.3.5 Matriz de riesgo SHA

Usando los criterios Impacto en seguridad e impacto ambiental descritos anteriormente en el apartado 7.2 se procede a definir los parámetros de consecuencia y frecuencia para construir la matriz de riesgo de **SHA**

$$\text{Críticidad SHA} = (\text{Consecuencias SHA}) * (\text{Frecuencia})$$

Donde:

$$\text{Consecuencia SHA} = (\text{Impacto Seguridad}) * (\text{Impacto Ambiental})$$

En la Tabla 24. Se muestra el rango de clasificación para la consecuencia categorizada en muy alta, alta, media, baja y despreciable

Tabla 24. Categorización de consecuencia SHA

Consecuencias				
Clasificación		Categoría	Min Valor	Max Valor
MA	Muy Alta	A	86	100
A	Alta	B	64	85
M	Media	C	36	64
B	Baja	D	16	35
D	Despreciable	E	4	15

En la Tabla 25. Se muestra la categorización de la frecuencia o probabilidad de ocurrencia para la construcción de la matriz de riesgo del **proceso**.

Tabla 25. Categorización de Frecuencia Proceso

Categoría De Probabilidades SHA			
Clasificación		Categoría	Probabilidad Ocurrencia
MA	Muy Alta	5	Uno o mas eventos es posible que suceda anualmente
A	Alta	4	Varios eventos es posible que sucedan a lo largo de la vida útil del activo o de la unidad
M	Media	3	Un evento es posible que suceda en la vida útil del activo o de la unidad
B	Baja	2	No se espera que suceda un evento a lo largo de la vida útil del activo o de la unidad, pero la ocurrencia del mismo es posible
D	Despreciable	1	Prácticamente imposible

7.4.6 Resultados de criticidad y construcción de la Matriz de riesgo para Proceso

En la Tabla 26 y Tabla 27. Se presenta una fracción de los resultados obtenidos en la evaluación de la criticidad desde la óptica del proceso y SHA, los resultados arrojados se construyeron con ayuda de la **Matriz de riesgo - Proceso** y la **Matriz de riesgo – SHA**

Tabla 26. Criticidad Proceso (completar)

Descripción	Criticidad Proceso								
	CODIGO	IP	CM	BM	Consecuencia	Categoría	Frecuencia	Criticidad	
TUBO DESAGUE LAVAPLATOS ACAMPANADO 20cm	IN 0-318 01	3	3	4	36	C	4	4	
CUERPO VALVULA REGULACION 1/2" P.P.	IN 31-015S 01	4	4	2	32	C	4	4	
CUERPO VALVULA DOBLE SALIDA BLANCO	IN 31-009S 01	4	3	4	48	C	4	4	
Buje Tb Corrugado	IN 20-158 01	3	3	3	27	C	4	4	
TUERCA LAVAMANOS BLANCA	IN 4-300-4 01	4	4	4	64	B	3	4	
TUERCA HEXAGONAL PP SPIN	IN 4-042S 01	4	4	4	64	B	3	4	
UNION H.H. 1/2" BLANCO	IN 14-201 01	2	4	3	24	D	4	3	
ENTREROSCA 1/2" BLANCO	IN 14-104 01	3	2	3	18	D	4	3	
TUBO DESAGUE LAVAMANOS ACAMPANADO 25cm.	IN 0-312 01	3	3	4	36	C	3	3	
CUERPO VALVULA REGULACION 1/2" P.P.	IN 31-015S 02	4	4	2	32	C	3	3	
Porta Tuerca	IN 20-159 01	3	3	3	27	C	3	3	
CUERPO VALVULA DE PASO 1/2	IN 31-005 01	2	3	3	18	D	4	3	
Reduccion de 1 1/2 a 1 1/4" Sifon Corrugado	IN 14-395 01	3	3	4	36	C	3	3	
REDUCCION MM 3/4"*1/2" BLANCO	IN 14-317 01	4	4	4	64	B	2	3	
CUERPO VALVULA JARDINERA BLANCA	IN 31-011 01	2	2	3	12	D	4	3	
Y Desague Corrugado	IN 20-157 01	4	3	3	36	C	3	3	
FITTING	IN 31-014 01	3	2	3	18	D	3	2	
UNION MH 1/2" BLANCO	IN 14-345 01	3	2	3	18	D	3	2	
MANIJA OVALADA ABS SPIN	IN 31-026S 01	3	3	4	36	C	2	2	
CUERPO VALVULA LAVADORA DE 1/2" PP	IN 31-012 01	2	3	3	18	D	3	2	
GRAPA DE FIJACION 25mm.(3/4") AZUL	IN 14-516 01	2	2	3	12	D	3	2	
ADAPTADOR MH 20mm*1/2" FR VERDE	IN 20-284 01	1	2	3	6	E	4	2	
ADAPTADOR HM 32mm*1" F-R.	IN 20-286 02	1	1	2	2	E	4	2	
TUERCA SANITARIO AZUL PP	IN 4-305-2 01	4	3	4	48	C	1	1	
UNION ESPIGO 20mm. (1/2")	IN 11-103 01	2	3	3	18	D	2	1	
TEE MACHO DE 1/2"	IN 9-111 01	3	4	3	36	C	1	1	
BRIDA PARA SANITARIO 3"	IN 9-126I 01	2	4	2	16	D	2	1	
TEE HEMBRA MACHO MACHO DE 1/2"	IN 9-108 01	3	3	3	27	C	1	1	
Tuerca Lavamanos Pavco	IN 4-300-3 01	3	3	4	36	C	1	1	
TUERCA SANITARIO AZUL CIELO PAVCO (1/2"*3/8")	IN 4-305-4 01	3	3	4	36	C	1	1	
Vastago]Abs	IN 31-051S 01	3	3	4	36	C	1	1	
TEE ESPIGO 20mm. (1/2")	IN 11-106 01	2	2	3	12	D	2	1	
CODO ESPIGO 20mm ROSCA M. (1/2")	IN 11-105 01	1	2	3	6	E	3	1	
ADAPTADOR ESPIGO 20mm a ROSCA M. 1/2"	IN 11-109 01	1	2	3	6	E	3	1	
UNION MH RED. 1/2"*3/4"	IN 14-347 01	2	1	3	6	E	3	1	
GRAPA DE FIJACION 20mm.(1/2")	IN 14-515 01	1	2	3	6	E	3	1	
TEE HEMBRA 1/2" MACHO 1/2" BLANCO	IN 9-112 01	3	3	3	27	C	1	1	
CUERPO VALVULA REGULACION FILTRO	IN 31-013 01	2	2	3	12	D	2	1	
ADAPTADOR HM 32mm*1" F-R.	IN 20-286 01	1	2	2	4	E	3	1	
ADAPTADOR HM 32mm*1" FR-AZUL	IN 20-286A 01	1	1	3	3	E	3	1	
GRAPA DE FIJACION 20mm.(1/2") AZUL	IN 14-515 02	1	2	3	6	E	3	1	
GRAPA DE FIJACION 32mm. (1") AZUL	IN 14-517 01	1	3	2	6	E	3	1	
CUERPO VALVULA DE PASO 3/4	IN 31-006 01	1	2	3	6	E	3	1	
BUJE LAVAMANOS 2"	IN 3-710 01	3	2	3	18	D	1	0	
BUJE LAVAPLATOS A CODO 1.1/2"	IN 3-713 01	2	3	3	18	D	1	0	
ADAPTADOR MACHO DE 1/2*3/8	IN 9-114 01	2	3	3	18	D	1	0	

Tabla 27. Criticidad SHA (completar)

Criticidad SHA								
Descripción	CODIGO	IS	IA	Consecuencia	Categoría	Frecuencia	Criticidad SHA	
CUERPO VALVULA DOBLE SALIDA BLANCO	IN 31-009S	01	4	6	24	D	5	4
TUERCA LAVAMANOS BLANCA	IN 4-300-4	01	4	6	24	D	5	4
UNION H.H. 1/2" BLANCO	IN 14-201	01	4	6	24	E	5	3
FITTING	IN 31-014	01	4	6	24	D	4	3
TUBO DESAGUE LAVAPLATOS ACAMPANADO 20cm	IN 0-318	01	4	6	24	D	4	3
CUERPO VALVULA REGULACION 1/2" P.P.	IN 31-015s	01	2	6	12	E	5	3
Buje Tb Corrugado	IN 20-158	01	4	6	24	D	4	3
Porta Tuerca	IN 20-159	01	4	6	24	D	4	3
UNION MH 1/2" BLANCO	IN 14-345	01	4	6	24	D	4	3
MANIJA OVALADA ABS SPIN	IN 31-026S	01	4	6	24	D	4	3
TUERCA HEXAGONAL PP SPIN	IN 4-042S	01	4	6	24	D	4	3
Reduccion de 1 1/2 a 1 1/4" Sifon Corrugado	IN 14-395	01	4	6	24	D	4	3
Y Desague Corrugado	IN 20-157	01	4	6	24	D	4	3
ENTREROSCA 1/2" BLANCO	IN 14-104	01	4	6	24	D	3	2
TUBO DESAGUE LAVAMANOS ACAMPANADO 25cm.	IN 0-312	01	4	6	24	D	3	2
CUERPO VALVULA REGULACION 1/2" P.P.	IN 31-015s	02	2	6	12	E	4	2
CUERPO VALVULA DE PASO 1/2	IN 31-005	01	4	6	24	D	3	2
REDUCCION MM 3/4"*1/2" BLANCO	IN 14-317	01	2	6	12	E	4	2
TUERCA SANITARIO AZUL PP	IN 4-305-2	01	2	6	12	E	4	2
UNION ESPIGO 20mm. (1/2")	IN 11-103	01	2	6	12	E	4	2
TEE MACHO DE 1/2"	IN 9-111	01	2	6	12	E	4	2
BRIDA PARA SANITARIO 3"	IN 9-126I	01	2	6	12	E	4	2
TEE HEMBRA MACHO MACHO DE 1/2"	IN 9-108	01	2	6	12	E	4	2
TEE ESPIGO 20mm. (1/2")	IN 11-106	01	2	6	12	E	4	2
ADAPTADOR MH 20mm*1/2" FR VERDE	IN 20-284	01	2	6	12	E	4	2
BUJE LAVAMANOS 2"	IN 3-710	01	2	6	12	E	4	2
CODO ESPIGO 20mm ROSCA M. (1/2")	IN 11-105	01	2	6	12	E	4	2
ADAPTADOR ESPIGO 20mm a ROSCA M. 1/2"	IN 11-109	01	2	6	12	E	4	2
BUJE LAVAPLATOS A CODO 1.1/2"	IN 3-713	01	2	6	12	E	4	2
UNION MH RED. 1/2"*3/4"	IN 14-347	01	2	6	12	E	4	2
GRAPA DE FIJACION 20mm.(1/2")	IN 14-515	01	2	6	12	E	4	2
ADAPTADOR MACHO DE 1/2*3/8	IN 9-114	01	2	6	12	E	4	2
TUERCA MACHO DE 1/2" * 6 CMS	IN 4-300-10	01	2	6	12	E	4	2
TUERCA 13 MM BLANCA	IN 4-307B	01	2	6	12	E	4	2
ADAPTADOR HM 32mm*1" F-R.	IN 20-286	01	2	6	12	E	4	2
CODO HEMBRA MACHO 3/4 A 1/2	IN 9-144	01	2	6	12	E	4	2
SOPORTE TOALLERO CROMADO	IN 9-128	01	2	6	12	E	4	2
ADAPTADOR HM 32mm*1" FR-AZUL	IN 20-286A	01	2	6	12	E	4	2
NIPLE DE 3/4*1/2 * 2.1/2	IN 9-139	01	2	6	12	E	4	2
CODO HEMBRA MACHO DE 1/2"*1/2"	IN 9-143	01	2	6	12	E	4	2
CUERPO VALVULA LAVADORA DE 1/2" PP	IN 31-012	01	2	6	12	E	3	1
CUERPO VALVULA JARDINERA BLANCA	IN 31-011	01	2	6	12	E	3	1
Tuerca Lavamanos Pavco	IN 4-300-3	01	2	6	12	E	3	1
GRAPA DE FIJACION 25mm.(3/4") AZUL	IN 14-516	01	2	6	12	E	3	1
TUERCA SANITARIO AZUL CIELO PAVCO (1/2"*3/8")	IN 4-305-4	01	2	6	12	E	3	1
Vastago JAbs	IN 31-051S	01	2	6	12	E	3	1
TEE HEMBRA 1/2" MACHO 1/2" BLANCO	IN 9-112	01	2	6	12	E	3	1
CUERPO VALVULA REGULACION FILTRO	IN 31-013	01	2	6	12	E	3	1
BRIDA PARA SANITARIO 4"	IN 9-125I	01	2	6	12	E	3	1
TUERCA HEXAGONAL DE 1/4"	IN 4-302	01	2	6	12	E	3	1
GRAPA DE FIJACION 20mm.(1/2") AZUL	IN 14-515	02	2	6	12	E	3	1
GRAPA DE FIJACION 32mm. (1") AZUL	IN 14-517	01	2	6	12	E	3	1

Usando la matriz de criticidad global mostrada en la Figura 20 y Combinando los resultados mostrados en la Tabla 26 y la Tabla 27 se obtiene la criticidad global de los equipos mostrada en la Tabla 28.

Tabla 28. Criticidad Global

CRITICIDAD GLOBAL						
Descripcion	CODIGO			Criticidad Proceso	Criticidad SHA	Criticidad Global
CUERPO VALVULA DOBLE SALIDA BLANCO	IN	31-009S	01	4	4	A
TUERCA LAVAMANOS BLANCA	IN	4-300-4	01	4	4	A
UNION H.H. 1/2" BLANCO	IN	14-201	01	3	3	B
TUBO DESAGUE LAVAPLATOS ACAMPANADO 20cm	IN	0-318	01	4	3	B
CUERPO VALVULA REGULACION 1/2" P.P.	IN	31-015s	01	4	3	B
Buje Tb Corrugado	IN	20-158	01	4	3	B
Porta Tuerca	IN	20-159	01	3	3	B
TUERCA HEXAGONAL PP SPIN	IN	4-042S	01	4	3	B
Reduccion de 1 1/2 a 1 1/4" Sifon Corrugado	IN	14-395	01	3	3	B
Y Desague Corrugado	IN	20-157	01	3	3	B
FITTING	IN	31-014	01	2	3	C
ENTREROSCA 1/2" BLANCO	IN	14-104	01	3	2	C
TUBO DESAGUE LAVAMANOS ACAMPANADO 25cm.	IN	0-312	01	3	2	C
CUERPO VALVULA REGULACION 1/2" P.P.	IN	31-015s	02	3	2	C
UNION MH 1/2" BLANCO	IN	14-345	01	2	3	C
MANIJA OVALADA ABS SPIN	IN	31-026S	01	2	3	C
CUERPO VALVULA DE PASO 1/2	IN	31-005	01	3	2	C
REDUCCION MM 3/4"*1/2" BLANCO	IN	14-317	01	3	2	C
CUERPO VALVULA JARDINERA BLANCA	IN	31-011	01	3	1	C
ADAPTADOR MH 20mm*1/2" FR VERDE	IN	20-284	01	2	2	C
TUERCA SANITARIO AZUL PP	IN	4-305-2	01	1	2	D
CUERPO VALVULA LAVADORA DE 1/2" PP	IN	31-012	01	2	1	D
UNION ESPIGO 20mm. (1/2")	IN	11-103	01	1	2	D
TEE MACHO DE 1/2"	IN	9-111	01	1	2	D
BRIDA PARA SANITARIO 3"	IN	9-126I	01	1	2	D
TEE HEMBRA MACHO MACHO DE 1/2"	IN	9-108	01	1	2	D
GRAPA DE FIJACION 25mm.(3/4") AZUL	IN	14-516	01	2	1	D
TEE ESPIGO 20mm. (1/2")	IN	11-106	01	1	2	D
BUJE LAVAMANOS 2"	IN	3-710	01	0	2	D
CODO ESPIGO 20mm ROSCA M. (1/2")	IN	11-105	01	1	2	D
ADAPTADOR ESPIGO 20mm a ROSCA M. 1/2"	IN	11-109	01	1	2	D
BUJE LAVAPLATOS A CODO 1.1/2"	IN	3-713	01	0	2	D
UNION MH RED. 1/2"*3/4"	IN	14-347	01	1	2	D
GRAPA DE FIJACION 20mm.(1/2")	IN	14-515	01	1	2	D
ADAPTADOR MACHO DE 1/2*3/8	IN	9-114	01	0	2	D
TUERCA MACHO DE 1/2" * 6 CMS	IN	4-300-10	01	0	2	D
TUERCA 13 MM BLANCA	IN	4-307B	01	0	2	D
ADAPTADOR HM 32mm*1" F-R.	IN	20-286	01	1	2	D
CODO HEMBRA MACHO 3/4 A 1/2	IN	9-144	01	0	2	D
SOPORTE TOALLERO CROMADO	IN	9-128	01	0	2	D
ADAPTADOR HM 32mm*1" FR-AZUL	IN	20-286A	01	1	2	D
NIPLE DE 3/4*1/2 * 2.1/2	IN	9-139	01	0	2	D

Los resultados del análisis de criticidad de la planta de moldeo por inyección de Dicol LTDA muestran 10 moldes en la zona de alta criticidad, 10 moldes en la zona de mediana criticidad y 46 moldes en la zona de baja criticidad.

8. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA

El análisis de modos y efectos de falla es una metodología usada para identificar y determinar la severidad de las fallas funcionales y los efectos que generan en el contexto operativo y de seguridad de los moldes involucrados en el proceso productivo de la planta de inyección de DICOL LTDA , con el fin de generar e implementar estrategias de mitigación y reducción de riesgos, los modos de falla son categorizados según su impacto, ocurrencia y detección conocido como el número prioritario de riesgo (NPR)

Los modos de falla están directamente relacionados con el contexto operacional del molde, en este caso moldes de inyección de piezas en Polipropileno y ABS.

Siguiente los parámetros dictados por la ISO 14224 se clasificaron los moldes en moldes de 2 placas y tres placas con la subdivisión de equipos en sistema de transmisión de potencia, sistema de expulsión y sistema de refrigeración como lo muestra la Tabla 12 y Tabla 13 en la página 42.

En el Análisis de modos y efectos de falla se estudiarán todos los sistemas definidos para los moldes, (Transmisión de potencia, expulsión y refrigeración)

8.1 Numero prioritario de riesgo (NPR)

Permite jerarquizar los modos de falla de un equipo o sistema evaluando cada uno de ellos con factores ponderados de Ocurrencia, severidad y detección

$$\text{NPR} = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detección}$$

El NPR tiene un rango del 1 al 648 y proporciona un indicador relativo para la evaluación y clasificación de los modos de falla, los modos de falla con altos NPR será de alta prioridad cuando se estén definiendo las acciones preventivas

8.1.1 Severidad (S)

Representa la gravedad del modo de falla analizado desde la visión de la operación, es evaluado en una escala del 1 al 9

Tabla 29. Severidad

EFEECTO	RANGO	CRITERIO
No	1	Sin efecto
Muy Poco	2	Cliente no molesto, Poco efecto en el desempeño del articulo o sistema
Poco	3	Cliente molesto, Poco efecto en el desempeño del articulo o sistema
Menor	4	Efecto moderado en el desempeño del articulo o sistemas, cliente insatisfecho
Significativo	5	Desempeño de articulo se ve afectado, pero es operable y esta salvo, falla parcial, cliente inconforme
Mayor	6	Desempeño del articulo seriamente afectado, pero es funcional y esta a salvo, cliente insatisfecho
Serio	7	Articulo inoperable, pero a salvo
Extremo	8	Peligro potencial, capaz de discontinuar el uso del articulo. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo
Peligroso	9	Efecto peligroso, incumpliendo de las normas gubernamentales

8.1.2 Ocurrencia

Tabla 30. Ocurrencia

EFEECTO	RANGO	CRITERIO	PROBABILIDAD
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este proceso o con un producto casi identico	1 en 500
Poca	2	Fallas aisladas asociadas con el proceso	1 en 150
	3		1 en 100
	4		1 en 80
Moderada	5	Fallas ocaciones	1 en 50
	6		1 en 30
	7		1 en 15
Alta	8	Este proceso a uno similar a fallado a menudo	1 en 6
	9		1 en 30
Muy alta	8	Falla es casi inevitable	1 en 6
	9		1 en 30

8.1.3 Detección

Probabilidad de detectar un modo de falla antes de que se genere una falla funcional

Tabla 31. Detección

EFEECTO	RANGO	CRITERIO	PROBABILIDAD
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este proceso o con un producto casi idéntico	1 en 500
Poca	2	Fallas aisladas asociadas con el proceso	1 en 150
Moderada	3	Fallas ocasionales	1 en 100
	4		1 en 80
	5		1 en 50
Alta	6	Este proceso a uno similar a fallado a menudo	1 en 30
	7		1 en 15
Muy alta	8	Falla es casi inevitable	1 en 6
	9		1 en 30

Según la puntuación obtenida al evaluar el NPR para cada modo de falla, estos se clasifican en 3 grupos así:

- Modo de falla prioritario NPR <25
- Modo de falla altamente prioritario $26 < \text{NPR} < 70$
- Modo de falla críticamente prioritarios NPR >70

8.2 Análisis de modos y efectos de falla

Tabla 32. Análisis modos y efectos de falla

Cód.. F	Función	Sistema	Cód. FF	Descripción falla funcional	Cód. MF	Modo Falla	Efectos de Falla	Cod. MF	Mecanismo Falla	S	O	D	NPR
1	Producir piezas en polipropileno a una velocidad de 144 und/hora, cumpliendo con las dimensiones y geometría establecidas para la pieza	Sistema Expulsión	A	Molde produce piezas a una velocidad inferior a 144 und/hora	1	Rotura Expulsores	parada total del molde	2,5	Rotura	7	3	4	84
					2	Rotura Resortes		2,5	Rotura	4	5	4	80
					3	Grietas/pandeo placa expulsora		1,4	Deformacion	5	3	4	60
					4	Rotura Engranajes		2,5	Rotura	6	3	4	72
					5	Fractura parcial o total de rodamientos		2,5	Rotura	5	2	6	60
		Sistema Transmisión de potencia	B	Molde produce piezas fuera de las dimensiones y geometría establecidas	1	Agrietamiento en las superficie de los rodamientos	vibraciones excesivas, elevación de temperatura, fugas en los retenes del rodamiento	2,2	General	3	2	6	36
					2	Rayado abrasivo sobre las superficies de rodadura		2,4	Desgaste	4	4	6	96
					3	Ataque corrosivo sobre las superficies de rodadura, por acción del lubricante u otro fluido		2,2	Corrosion	3	2	4	24
					4	perdida de material por contacto metal metal entre machos y cavidad		2,4	Desgaste	7	6	4	168
					5	Ruido de roce o chirrido, operación forzada de columnas guía		2,5	Desgaste	6	5	4	120

Tabla 32. Análisis modos y efectos de falla

Cód.. F	Función	Sistema	Cód. FF	Descripción falla funcional	Cód. MF	Modo Falla	Efectos de Falla	Cod. MF	Mecanismo Falla	S	O	D	NPR
	Producir piezas en polipropileno a una velocidad de 144 und/hora, cumpliendo con las dimensiones y geometría establecidas para la pieza	Sistema Transmisión de potencia	B	Molde produce piezas fuera de las dimensiones y geometría establecidas	6	Corrosión en dientes de engranajes	vibraciones excesivas, elevación de temperatura, fugas en los retenes del rodamiento	2,2	Corrosion	3	2	4	24
		7			Grietas en dientes de engranes	fugas en los retenes del rodamiento	1,1	Fuga	3	3	8	72	
		8			Canales de refrigeración obstruidos	Aumento de temperatura en la cavidad	1	General	6	4	4	96	
		9			Oring/Retenedor roto	Contaminación de piezas, pérdida de propiedades mecánicas y geometría	1,1	Fuga	3	5	4	60	
		10			Fuga de agua en la cavidad		1,1	Fuga	5	4	4	80	
		11			Fuga de agua en distribuidores		1,1	Fuga	4	3	4	48	
		12			Fuga de agua en conexión principal		1,1	Fuga	3	2	4	24	
		Sistema Refrigeración											

9. DETERMINACION DE ACTIVIDADES Y TAREAS DE MITIGACION DE MODOS DE FALLA

En la tabla 33. se muestran las técnicas de mantenimiento más adecuadas y técnicamente factibles para mitigar las consecuencias de cada modo de falla

Tabla 33. Tareas

SISTEMA	MODO DE FALLA	CONSECUENCIA	Tipo Actividad	Tarea Propuesta	Intervalo inicial
Sistema Expulsión	Rotura Expulsores	Operacional	A condición	Inspección visual y medición por ensayo no destructivo	3 Meses
	Rotura Resortes	Operacional	Sustitución Cíclica	Reemplazar resortes después de 300.000 ciclos de inyección	6 Meses
	Grietas/pande o placa expulsora	Operacional	A condición	Inspección y medición con comparador centesimal	12 Meses
Sistema Transmisión de potencia	Rotura Engranajes	Operacional	A condición	Inspección visual y medición por ensayo no destructivo (Tinta penetrante)	6 Meses
	Dientes de engranajes rotos total o parcialmente	Operacional	Combinación de tareas	Inspección visual y medición por ensayo no destructivo	6 Meses
	Fractura parcial o total de rodamientos	Operacional	Combinación de tareas	Inspección del rodamiento, sustitución del rodamiento después de 300.000 ciclos de inyección	6 Meses
	Agrietamiento en las superficie de los rodamientos	Operacional	A condición	Inspección visual y medición por ensayo no destructivo (Tinta Penetrante)	6 Meses
	Rayado abrasivo sobre las superficies de rodadura	Operacional	Combinación de tareas	Inspección del rodamiento, lubricación, sustitución del rodamiento después de ciclos de inyección	6 Meses
	Ataque corrosivo sobre las superficies de rodadura, por acción del lubricante u otro fluido		Combinación de tareas	Verificación calidad de lubricante, Re lubricación	3 Meses

Tabla 33. Tareas


SISTEMA	MODO DE FALLA	CONSECUENCIA	Tipo Actividad	Tarea Propuesta	Intervalo inicial
Sistema Transmisión de potencia	perdida de material por contacto metal metal entre machos y cavidad	Operacional	Combinación de tareas	Inspección de componente, lubricación, sustitución del componente después de 200.000 ciclos de inyección	3 Meses
	Ruido de roce o chirrido, operación forzada de columnas guía	Operacional	Combinación de tareas	Inspección de columnas guía, verificación con comparador centesimal, lubricación lubricación de columnas	6 Meses
	Corrosión en dientes de engranajes	Operacional	Combinación de tareas	Inspección visual y medición por ensayo no destructivo	6 Meses
	Grietas en dientes de engranes	Operacional	Combinación de tareas	Inspección visual y medición por ensayo no destructivo	6 Meses
Sistema Refrigeración	Canales de refrigeración obstruidos	Operacional	Reacondicionamiento	Limpieza canales en placa fija, móvil y pastillas	12 Meses
	O ring/Retenedor roto	Operacional	Combinación de tareas	Limpieza canales en placa fija, móvil, pastillas y cambio de o ring y retenedores	12 Meses
	Fuga de agua en la cavidad	Operacional	Combinación de tareas	Limpieza canales en placa fija, móvil, pastillas y cambio de o ring y	12 Meses
	Fuga de agua en distribuidores	Operacional	Combinación de tareas	Limpieza canales en placa fija, móvil, pastillas y cambio de o ring y retenedores	12 Meses
	Fuga de agua en conexión principal	Operacional		Limpieza canales en placa fija, móvil, pastillas y cambio de o ring y retenedores	Semanal

- En la columna Sistema, se identifica el sistema donde el modo de falla se presenta
- Cada modo de falla esta categorizado según la consecuencia que genera para en la organización (Seguridad, Ambiental, Operacional y no operacionales)
- En las dos últimas columnas se registra la tarea que ha sido seleccionada y la frecuencia con la que debe realizarse

9.1 Listas de chequeo

El seguimiento a los moldes críticos se hace bajo listas de chequeo, el operador ejecutara estas actividades de manera sistemática, con el fin de realizar un seguimiento al equipo e identificar de forma temprana la aparición de fallas

Tabla 34. Lista de chequeo

LISTA DE CHEQUEO				
PLANTA INYECCION Dicol LTDA				
FECHA DE CHEQUEO	DD	MM	AA	
CARAS MOVIL Y FIJA	Chequeo		OBSERVACIONES	
Se evidencia oxidación o ralladura en placa base	SI	NO		
Se evidencia oxidación en placa expulsora	SI	NO		
Se evidencian daños superficiales en placa expulsora	SI	NO		
Se evidencian expulsores fisurados	SI	NO		
Se evidencia Oxidación en las Columnas guía	SI	NO		
Se evidencia fisuras o ralladura en Columnas guía	SI	NO		
Se evidencia fisuras o ralladura en las pastillas	SI	NO		
Se evidencia contacto metal metal entre machos y pastillas	SI	NO		
Se evidencia Fisuras, golpes o ralladura en los machos	SI	NO		
Ruidos o golpeteo excesivo en los engranajes	SI	NO		
CIRCUITOS DE REFRIGERACION	SI	NO		
Se evidencia gotas o fugas	SI	NO		
Oring y rene tenedores presentan fisuras	SI	NO		
Mantener el flujo del agua a una presión constante durante 10 minutos y revisar si hay fugas.	SI	NO		
Bebederos/Boquilla/resistencias	SI	NO		
resistencias operativas	SI	NO		
Se evidencia fugas de plástico en la boquilla	SI	NO		

10. COSTO GLOBAL DE MANTENIMIENTO COMO INDICADOR

Desde una perspectiva netamente contable, el costo es el valor de los recursos necesarios para poder fabricar un producto o prestar un servicio, este debe generar un valor agregado. Los procesos de mantenimiento son tratados como un servicio con criterio de costo cero, los costos de los procesos de mantenimiento son adjudicados a los usuarios internos (Procesos productivos) de tal forma que al final de periodo el valor asignado o adjudicado sea igual al costo total de mantenimiento. Los costos de mantenimiento se agrupan en dos grandes categorías:

- Costos directos de la operación de mantenimiento que incluye costos administrativos, mano de obra, materiales, repuestos, tercerización y almacenamiento
- Costos por pérdidas productivas a causa de fallas de equipos que se traducen en pérdidas en la capacidad productiva y fallas en la calidad del producto

Con los criterios mencionados anteriormente es posible definir una estructura para el costo global de mantenimiento

$$\text{Costo global de mantenimiento} = Ci + CA + CF$$

Donde:

CI=Costo Intervención

CA=Costo Almacenamiento o inventario

CF= Costo Falla

10.1 Costo de intervención

Son los costos relacionados con cualquier tipo de actividad netamente de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo, este compuesto por mano de obra requerida para la intervención, mano de obra interna o externa y materiales, repuestos y consumibles requeridos para la intervención, no se deben incluir costos de actualizaciones tecnológicas ni tareas de limpieza ejecutadas por los operadores de producción

10.1.1 Mano de obra

Se entiende el costo de mano de obra interna como la remuneración que se paga por el esfuerzo humano que se incorpora en el servicio de mantenimiento, se deben tener en cuenta todas las cargas asociadas a salarios y seguridad social, la mano de obra externa es un monto convenido con un tercero o contratista por la intervención

10.1.2 Materiales

Son todos los materiales y repuestos necesarios e indispensables para ejecutar la actividad o intervención de mantenimiento

10.2 Costo de almacenamiento o inventario

Son todos los costos en lo que se incurre al financiar y manejar un almacén de repuestos e insumos:

- Capital invertido en insumos y repuestos
- Mano de obra e infraestructura usada para la gestión del inventario

10.3 Costo de fallas

Costos por pérdidas productivas a causa de fallas de equipos que se traducen en pérdidas en la capacidad productiva, fallas en la calidad del producto, multas debido al incumplimiento de normas ambientales y de seguridad

10.4 Gestión del costo por actividades método ABC

Con el fin de que los datos de costos puedan ser realmente un indicador válido para cualquier proceso de mantenimiento las asignaciones e imputaciones económicas deben estructurarse por actividades y sistemas, el método de gestión de costos por actividades más recomendado y usado en los departamentos de mantenimiento, es el denominado ABC (Activity Based Costing) este método permite:

- Identificar claramente la mano de obra, repuestos y servicios usados en cada actividad
- Permite identificar las actividades que añaden valor al producto o servicio y cuales no
- Cuantifica el valor de todos los recursos por separado

Para poder implementar una gestión de costos basado en actividades (ABC) se deben especificar y clasificar actividades y subactividades de tal forma que permitan definir a que actividad y subactividad será imputado el costo de la actividad realizada.

Tabla 35. Actividad 1 Mantenimiento Preventivo

Actividad	1	Mantenimiento Preventivo
Subactividad	1,1	Mantenimiento Preventivo sistemático
Subactividad	1,2	Mantenimiento Preventivo legal o reglamentario
Subactividad	1,3	Mantenimiento Predictivo
Subactividad	1,4	Mantenimiento de seguridad
Subactividad	1,5	Limpieza y engrase
Subactividad	1,6	Varios

Fuente: GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier, Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión

Tabla 36. Actividad 2. Mantenimiento Correctivo

Actividad	2	Mantenimiento Correctivo
Subactividad	2,1	Mantenimiento Correctivo inmediato o urgente
Subactividad	2,2	Mantenimiento Correctivo Programable
Subactividad	2,3	Otro tipo de averías

Fuente: GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier, Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión

Al imputar las actividades descritas en las Tablas 35 y 36 a los equipos intervenidos en la planta de moldeo por inyección permitirá evaluar qué porcentaje del presupuesto se está invirtiendo en mantenimiento preventivo y que porcentaje en correctivo y dentro de cada uno de ellos se puede evaluar en que equipos se queda la inversión, esto permitirá analizar la eficiencia del mantenimiento desde la perspectiva de la inversión

10.6 Reparto Mantenimiento Preventivo – Correctivo

Con el fin de identificar el rango óptimo de componentes que por mantenimiento se deben mantener en inventario se aplica un método comparativo entre los costos incurridos al tener el 100% de los elementos mantenibles en inventario disponibles para realizar mantenimiento preventivo y los costos de aplicar un mantenimiento netamente correctivo, en la Tabla 37 se observa la aplicación del método para el molde IN 31-009 01, la tabla se construye aplicando la siguiente lógica:

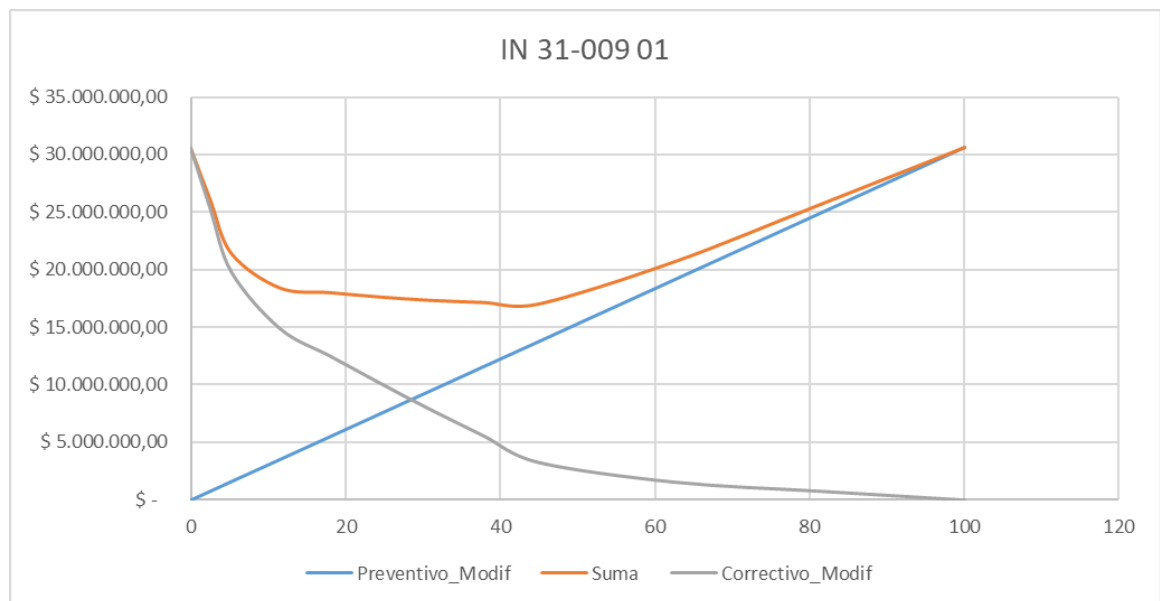
- Se ordenan los costos asociados al mantenimiento preventivo de menor a mayor en la columna número uno
- Se ordenan los costos asociados al mantenimiento correctivo de mayor a menor en la columna número siete
- Las columnas % preventivo y % correctivo representa el porcentaje acumulado de las columnas uno y siete respectivamente
- La columna cuatro es la suma del porcentaje de mantenimiento preventivo mas el porcentaje de mantenimiento correctivo

Tabla 37. Método comparativo mantenimiento preventivo-correctivo

preventivo	% preventivo	Preventivo_Modif	Suma	Correctivo_Modif	% correctivo	Correctivo
\$ -	0	\$ -	\$ 30.542.000	\$ 30.542.000	1	\$ 5.377.000
\$ 788.667	3	\$ 788.667	\$ 25.953.667	\$ 25.165.000	82	\$ 5.377.000
\$ 823.667	5	\$ 1.612.333	\$ 21.400.333	\$ 19.788.000	65	\$ 4.880.833
\$ 1.909.833	12	\$ 3.522.167	\$ 18.429.333	\$ 14.907.167	49	\$ 2.388.500
\$ 1.980.417	18	\$ 5.502.583	\$ 18.021.250	\$ 12.518.667	41	\$ 2.358.500
\$ 1.980.417	24	\$ 7.483.000	\$ 17.643.167	\$ 10.160.167	33	\$ 2.308.500
\$ 2.015.417	31	\$ 9.498.417	\$ 17.350.083	\$ 7.851.667	26	\$ 2.288.500
\$ 2.102.917	38	\$ 11.601.333	\$ 17.164.500	\$ 5.563.167	18	\$ 2.288.500
\$ 2.155.417	45	\$ 13.756.750	\$ 17.031.417	\$ 3.274.667	11	\$ 1.722.333
\$ 5.412.750	63	\$ 19.169.500	\$ 20.721.833	\$ 1.552.333	5	\$ 786.167
\$ 5.728.917	81	\$ 24.898.417	\$ 25.664.583	\$ 766.167	3	\$ 766.167
\$ 5.728.917	100	\$ 30.627.333	\$ 30.627.333	\$ 0	0	

Con la información registrada en la Tabla 37 se realiza la gráfica mostrada en la Figura 21 con la cual se determina el punto óptimo de componentes mantenibles que se debe tener en inventario, en este caso el 30% de los elementos más críticos para este molde se deben tener en inventario.

Figura 21. Punto Óptimo de mantenimiento



10.7 Componentes en inventario

El método comparativo aplicado en el apartado anterior indica la cantidad de componentes mantenibles que se deben mantener en inventario, pero no muestra cuáles, de ellos, para determinar los componentes mantenibles que se deben tener en inventario para los moldes críticos se realiza un análisis de criticidad con factores ponderados a cada molde, con esto se identifican cuáles son los elementos más importantes para estos.

Tabla 38. Factores ponderados

FACTORES PONDERADOS		
PROBABILIDAD DE FALLA	REMOTA	2
	BAJA	4
	MODERADA	6
	ALTA	8
IMPACTO OPERACIONAL	PERDIDAS PRODUCCION 1%- 30%	2
	PERDIDAS PRODUCCION 30%- 65%	6
	PERDIDAS PRODUCCION 65%- 100%	10
MANTENIBILIDAD	TIEMPO REPARACION 1-2 HORAS	1
	TIEMPO REPARACION 2-4 HORAS	4
	TIEMPO REPARACION 4-8 HORAS	8
	TIEMPO REPARACION MAS DE 8 HORAS	10

Tabla 39. Elementos mantenibles para inventario

IN 31-009 01						
Item	Características	Cantidad	PF	IO	MA	CRT
9	Piñon 40B14	7	4	10	10	400
6	Pin expulsor de 5/16" x 6"	4	8	6	8	384
5	Pin expulsor de 3/8" x 6"	1	6	6	8	288

En el Anexo G se presenta el análisis de criticidad realizado a los moldes críticos con el fin de identificar los elementos mantenibles que se deben tener en inventario

11. CONCLUSIONES

- Se desarrollo una auditoria diagnostica siguiendo los parámetros y recomendaciones descritas en el libro Auditoria de mantenimiento e indicadores, en la que se refleja de forma global las buenas prácticas y los aspectos a mejorar en la planeación y ejecución del mantenimiento en la planta de inyección de Dicol LTDA
- Se realizo un análisis taxonómico siguiendo la norma ISO 14224 lo que permitió inventariar, codificar y se crear fichas técnicas para los moldes de la planta de moldeo por inyección de Dicol LTDA
- Se realizo un análisis de criticidad aplicando en modelo de ciliberti con el fin de identificar y clasificar los moldes mas importantes desde el punto de vista productivo y de seguridad, esto permitirá centrar esfuerzos y recursos en los moldes mas importantes y significativos para el proceso de moldeo por inyección de la planta de Dicol LTDA
- Se establecen las actividades y estrategias de mantenimiento requeridas para minimizar las consecuencias de los modos de falla que se pueden presentar en los moldes de la planta de moldeo por inyección de Dicol LTDA
- Se estableció cuales, y cuantos elementos mantenibles son viables económicamente mantener en inventario, esto mediante método comparativo entre los costos incurridos al tener el 100% de los elementos mantenibles de un molde crítico en inventario disponibles para realizar mantenimiento preventivo y los costos de aplicar un mantenimiento netamente correctivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Castany F.J. y Martínez A. Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados I: El material [En Línea]. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2014
- Kulkarni S. Robust Process Development and Scientific Molding. München: Hanser; 2017. 392 p.
- Groover MP, Groover MR, Groover MB, Barrientos Morales A. FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA: MATERIALES, PROCESOS Y SISTEMAS. 3ed.. ed. Mexico: McGraw-Hill; 2007.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier, Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión, Madrid España, 2004.
- Santos Joaquín, Gutiérrez Edwin, Strefezza Miguel. Análisis de criticidad integral de activos físicos: Investigaciones científicas. Revista. Volumen 4. 2013, 1–30
- Parra Carlos, Solari Franco, Morales Marcos, Herrera Alex, Carrasco Héctor. Técnicas de auditoría para los procesos de mantenimiento, fiabilidad operacional y gestión de activos: AMORMS & AMS-ISO 55001. Caso de estudio: Sector Ferroviario Chile.2021.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION, Petroleum, petrochemical and gas industries; Collection and Exchange of Realiability and Maintance data for Equipment. [SI], ISO, 1999
- ANSI Chrysler llc; ford motor company y general motors corporation. Análisis de modos y efectos de fallas potenciales. 4 ed.[S.I], ,2001.110 P.