



**Universidad De Pamplona  
La Academia Al Servicio De La Vida**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS  
EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE LAS LÍNEAS DE TUBERÍA ESTRUCTURAL  
Y CERRAMIENTOS EN LA EMPRESA ACESCO S. A .S.**

**Autor:**

Vidal Esteban Zambrano Guerrero

**Trabajo de tesis, para optar por el título de Ingeniero Electrónico**

**Director:**

Jesús Eduardo Ortiz Sandoval  
M.Sc(c). Controles Industriales

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**PAMPLONA**

**2016**



**Universidad De Pamplona  
La Academia Al Servicio De La Vida**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS  
EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE LAS LÍNEAS DE TUBERÍA ESTRUCTURAL  
Y CERRAMIENTOS EN LA EMPRESA ACESCO S. A .S.**

**Autor:**

Vidal Esteban Zambrano Guerrero

**Trabajo de tesis, para optar por el título de Ingeniero Electrónico**

**Director:**

Jesús Eduardo Ortiz Sandoval  
M.Sc(c). Controles Industriales

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**PAMPLONA**

**2016**

## ÍNDICE GENERAL

PREFACIO .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
RESÚMEN .....	VI
CAPITULO I - INTRODUCCIÓN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO .....	4
1.2.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.2.3. <i>Alcance</i> .....	4
1.3. ANTECEDENTES .....	4
CAPITULO II – MARCO TEÓRICO .....	6
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	7
2.1. MANTENIMIENTO .....	7
2.1.1. Tipos de mantenimiento .....	7
2.1.1.1. Mantenimiento preventivo .....	8
2.1.1.2. Mantenimiento programado .....	8
2.1.1.2.1. Mantenimiento periódico .....	9
2.1.1.2.2. Mantenimiento sistemático .....	9
2.1.1.3. Mantenimiento correctivo .....	9
2.1.1.4. Mantenimiento predictivo .....	10
2.1.2. Indicadores del mantenimiento .....	10
2.1.2.1. Tiempo promedio para fallar (MTTF) .....	11
2.1.2.2. Tiempo promedio para reparar (MTTR) .....	11
2.1.2.3. Disponibilidad .....	11
2.1.2.4. Confiabilidad .....	12
2.1.2.5. Tiempo promedio entre fallos (MTBF) .....	12
2.1.3. Planificación del mantenimiento .....	12
2.1.3.1. Diagramas de barra (Gantt) .....	13
2.1.4. Planificación de mantenimiento preventivo .....	13
2.2. DEGRADACIÓN DE LOS EQUIPOS .....	14
CAPITULO III – SOFTWARE SAP .....	16
3. PRESENTACION DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN .....	17
3.1. EMPRESA SAP .....	17
3.2. ¿ QUÉ ES SAP Y PARA QUÉ SIRVE ? .....	17
3.3. MÓDULOS DE APLICACIÓN .....	18
3.3.1. Módulo SAP PM .....	19
3.4. TRANSACCIONES EN SAP PM .....	20
3.4.1. Listados de transacciones SAP PM .....	20
3.4.1.1 Datos maestros de mantenimiento .....	20
3.4.1.2. Gestión de mantenimiento .....	21
CAPITULO IV – DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO .....	23
4. METODOLOGÍA Y DESARROLLO .....	24

4.1. IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO EN CAMPO DE LOS EQUIPOS A MANTENER.....	25
4.1.1. Codificación de los equipos.....	25
4.1.2. Equipos a mantener y sus datos técnicos .....	26
4.1.2.1. Tableros eléctricos .....	27
4.1.2.2. Estaciones de mando.....	30
4.1.2.3. Filtro eliminador de armónicos .....	33
4.2. Revisión de fallos históricos .....	38
4.3. CRITICIDAD .....	38
4.3.1. Evaluación de la criticidad de los equipos .....	38
4.3.1.1. Matriz de riesgo.....	39
4.4. PLAN DE MANTENIMIENTO EN SAP .....	42
4.4.1. Ingreso a la planificación del plan de mantenimiento en SAP PM .....	42
4.4.2. Datos deposición.....	44
4.4.3. Asociar hoja de ruta (HDR) .....	45
4.4.4. Parámetros de programación.....	46
4.5. CALENDARIOS DE MANTENIMIENTO.....	48
4.5.1. Asignación de recursos según las operaciones.....	51
4.6. COSTOS DE MANTENIMIENTO .....	53
CAPITULO V – ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	55
5. RESULTADOS.....	56
5.1. ANÁLISIS DE COSTOS.....	56
5.1.1. Calculo de las pérdidas de producción de la empresa .....	57
5.2. EFECTIVIDAD DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	59
5.3. RECOMENDACIONES .....	63
CAPITULO VI – CONCLUSIONES .....	65
6. Conclusiones finales .....	66
BIBLIOGRAFIA.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva de la bañera .....	15
Figura 2: Flujo para la creación del plan .....	25
Figura 3: Marcación de un elemento .....	27
Figura 4: Tablero cortadora LCL02 .....	28
Figura 5: Tablero arrancador LCL02 .....	28
Figura 6: Tablero arrancador TUB02.....	28
Figura 7: Tablero arrancador TUB03.....	28
Figura 8: Tableros de control TUB02 y TUB03.....	28
Figura 9: Estación principal apilador .....	31
Figura 10: Estación acumulador.....	31
Figura 11: Estación del enrollador.....	32
Figura 12: Filtro eliminador de armónicos ACCUSINE .....	35
Figura 13: Campo para transacciones en SAP .....	43
Figura 14: Crear plan de mantenimiento .....	44
Figura 15: Lista de tipo de planes .....	45
Figura 16: Datos de posición.....	46
Figura 17: Asociación de hoja de ruta (HDR) .....	47
Figura 18: Diagrama de tiempos de los equipos .....	49
Figura 19: Reducción del tiempo de paradas al 50% .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de mantenimiento .....	7
Tabla 2: Lista de equipos electrónicos a mantener .....	26
Tabla 3: Avisos de paradas para los equipos.....	38
Tabla 4: Niveles y puntuación asignadas .....	40
Tabla 5: Matriz de riesgo Ocurrencia Vs Severidad .....	41
Tabla 6: Niveles de criticidad calculados.....	42
Tabla 7: MTBF en los equipos .....	49
Tabla 8: Cómo leer los calendarios.....	49
Tabla 9: Calendario tableros y estaciones.....	50
Tabla 10: Calendario filtro ACCUSINE .....	51
Tabla 11: Resumen de costos directos de mantenimiento .....	54
Tabla 12: Resultado alcanzado con el plan de la empresa .....	60
Tabla 12: Resultado alcanzado con nuestro plan.....	61

---

# Prefacio

---

<i>PREFACIO</i> .....	<i>IV</i>
<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>V</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	<i>VI</i>
<i>RESÚMEN</i> .....	<i>VII</i>

*“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”*

*FILIPENSES 4:13*

*Para Ustedes*

*Vidal Zambrano y Amparo Guerrero*

*Eternamente Agradecido.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios por haber estado conmigo durante la carrera y por mostrarme una vez más que sin Él nada podemos hacer, que a pesar de las adversidades Él siempre estará con nosotros, su amor es incondicional y verdaderamente todo lo podemos en Cristo que nos fortalece.

En segundo lugar quiero agradecer a mis padres que con su esfuerzo y su lucha diaria me sacaron adelante en este proceso y me ayudaron a cumplir este sueño. Estaré eternamente agradecido con ustedes.

A mis hermanas también quiero agradecer, quienes con sus consejos y sus voces de aliento en momentos difíciles no me dejarón desfallecer.

A mis profesores de la carrera Ingeniería Electrónica: Julio Ospino, Judith Cristancho, Cesar Rangel, Carlos Vides, Pablo Santafé, Oscar Gualdron, Aldo Pardo, Jorge Luis Díaz, Tania Acevedo, William Villamizar, Luis Mendoza, Hernando Velandia, Mauricio Sequeda, Jesús Ortiz, Crhistian Duran a todos ellos gracias, no solo porque compartieron conmigo sus conocimientos académicos si no porque aportaron para que hoy yo no fuera un simple profesional, si un profesional lleno de valores.

A mis amigos y compañeros quienes fueron de gran apoyo en aquellos momentos anímicos y académicos que se tornaron complicados.

Junto a ellos mi familia en general y aquellas personas que tal vez se me olvidó mencionar, pero que de una u otra han estado ahí brindándome su apoyo y cariño para que esto fuera posible, verdaderamente mil y mil gracias.



## RESÚMEN

La práctica empresarial consistió en ejercer labores en el área de Planeación y Confiabilidad - Mantenimiento de la Empresa ACESCO SAS ubicada en la ciudad de Barranquilla, municipio de Malambo (Atlántico-Colombia), donde se diseñó un plan de mantenimiento preventivo para alguno de los equipos electrónicos de las nuevas líneas de producción (línea de corte longitudinal 2 (LCT02), tuberías 2 (TUB02), tuberías 3 (TUB03)); desarrollado paso a paso en el software ERP SAP (PM), iniciando con la identificación en campo de los equipos a mantener, evaluación de la criticidad de los equipos, planeación del mantenimiento: recomendaciones del fabricante, revisión de fallas históricas; hoja de ruta, la cual me determina: las actividades, materiales, tiempos y recursos que necesitara el plan, luego se asociara el plan ideado con la hoja de ruta, para poder establecer un parámetro de programación, es decir, los intervalos de mantenimiento, por ultimo poder obtener mis respectivas ordenes de mantenimiento y poder relacionar los costos y obtener de ellos un análisis de los beneficios de la implementación de dicho plan.



---

# 1.

# Introducción

---

1. INTRODUCCION.....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	3
1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO.....	4
1.3. ANTECEDENTES.....	4

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad es fácil darse cuenta como ha incrementado el uso de equipos tecnológicos en las industrias, los cuales contribuyen a la realización de diferentes tareas que nos permiten controlar y monitorear un proceso, arrojando así como principales beneficios la calidad del producto final y la conformidad del cliente; no obstante la constante utilización de estos equipos generan desgastes y posibles fallas que pueden atentar a futuro con la proyección de la industria, por lo que se hace necesario el cambio de una o varias de las piezas después de cierto tiempo de funcionamiento para poder mantener los equipos en las condiciones que tenían cuando se le consideraban de fábrica.

Por lo expuesto anteriormente es que nos remitimos a la palabra mantenimiento, que consiste en realizar de manera periódica labores que nos permitan conservar en condiciones favorables los equipos, considerando además que las tareas de mantenimiento no solo se basan en el cambio de piezas, también incluye tareas de medición, limpieza, ajuste y verificación con el fin de prevenir futuras fallas, dando origen así a lo que se conoce como mantenimiento preventivo, el cual resulta ser de mucha importancia al momento de prolongar la disponibilidad y vida útil de los equipos.

Este libro consta de 6 capítulos en los que se explica detalladamente los aspectos teóricos y prácticos que se deben tener en cuenta al momento de la planificación y diseño de un plan de mantenimiento preventivo; el cual se hizo con el objetivo de alargar la vida útil de los equipos electrónicos que prestan servicio en tres de las líneas de producción de la empresa Acerías De Colombia S.A.S (ACESCO), TUB02, TUB03, LCL02, además pretende prevenir futuras fallas que puedan generar una catástrofe económica y/o accidente que atente con la vida humana o en su defecto con el medio ambiente.

Este plan se desarrolló con uno de los módulos de la potentísima herramienta informática, denominado SAP (PM), el cual integra elementos importantes para la gestión de mantenimiento los cuales seguiremos paso a paso para tener un impacto positivo en la producción de las líneas que se mencionaron anteriormente.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

De la falta de profundidad en las actividades de mantenimiento que deben realizarse en los equipos electrónicos de las líneas de producción TUB02, TUB03, LCL02 es que surge la idea de crear una nueva estrategia de mantenimiento preventivo, tomando como base las estrategias con las que ya se cuenta.

Estas estrategias de mantenimiento se hacen porque se requiere que todos los equipos electrónicos presentes en cada línea de producción tengan una tasa de fallo cada vez menor.

Con esto se lograra tener un plan de mantenimiento mucho más profundo de los equipos electrónicos haciendo trabajos preventivos que anteriormente no se aplicaban, previniendo así tener consecuencias negativas en el proceso. Esto contribuye a la reducción de los posibles accidentes en operarios, mantenimientos correctivos o las paras no programadas que obviamente acarrear un costo más elevado para la empresa.

## **1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO**

### **1.2.1. Objetivo general**

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las nuevas líneas de producción en la empresa ACESCO S.A.S.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1. Recopilación de la información de cada uno de los equipos y su respectiva hoja característica.
2. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo utilizando un software gestor (SAP PM).
3. Analizar la efectividad del plan de mantenimiento desarrollado.

### **1.2.3. Alcance**

Nuestro alcance en este proyecto cubre los procesos mencionados (TUB02, TUB03, LCL02), pero solamente enfocados en idear un plan de mantenimiento para alguno de los equipos electrónicos presentes en cada línea, más específicamente el listado que el departamento de mantenimiento nos entregó para trabajar.

## **1.3. ANTECEDENTES**

Desde el año inmediatamente anterior (2004), donde se dio el montaje de las líneas de producción de Tubería 02 (TUB02) y Tubería 03 (TUB03) en PLANTA 2 de la empresa ACESCO S.A.S, solo se han venido atendiendo tareas de tipo correctivo, ya que no se ha aplicado plan de mantenimiento preventivo sobre ellas, fue hasta este año (2015) donde se decide implementar esta estrategia

para poder alargar la vida útil de los equipos y garantizar un buen producto final a los clientes. El no contar con un plan de mantenimiento ha hecho que el mal manejo de la información se halla agudizado, muchas veces porqué se carece de catálogos o planos debido a que las maquinarias fueron adquiridas en el exterior y ensambladas en la compañía según las necesidades de la misma. Luego de la puesta en marcha se han realizado labores de limpieza y revisión de los equipos más importantes.

---

## 2.

# Marco Teórico

---

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.1. MANTENIMIENTO.....	7
2.2. DEGRADACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	14



## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. MANTENIMIENTO

El mantenimiento se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general.

Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo. [1]

#### 2.1.1. Tipos de mantenimiento

Existen diferentes tipos de mantenimiento, siendo la diferencia su forma, los beneficios y logros obtenidos, determinantes para definir su aplicabilidad, no obstante todos tienen los mismos fines lograr resultados que reduzcan considerablemente los costos.

Mantenimiento Correctivo	Una acción
Mantenimiento progresivo	Recomendación del fabricante
Mantenimiento Programado ❖ Periódico ❖ Sistemático	Metodología
Mantenimiento con proyecto	Ingeniería de proyectos
Mantenimiento Preventivo	Una Filosofía
Mantenimiento Predictivo	Una Tecnología
Mantenimiento Productivo	Una estrategia
Mantenimiento Total	Un Ideal.

Tabla 1. Tipos de mantenimiento [1]

#### **2.1.1.1. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están en estado inicial de desarrollo.

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando acabo un mantenimiento planeado, basado en las inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a falla.[2]

#### **2.1.1.2. Mantenimiento programado**

Este tipo de mantenimiento basa su aplicación en el supuesto de que todas las piezas se desgastan en la misma forma y en el mismo periodo de tiempo, no importa que se esté trabajando en condiciones diferentes.

Para implementar el mantenimiento programado se hace un estudio de todos los equipos de la empresa y se determina con la ayuda de datos estadísticos de los repuestos y la información del fabricante, cuales piezas se deben cambiar en determinados periodos de tiempo.

Se tiene el inconveniente con este mantenimiento que hay partes del equipo que se deben desarmar o retirar aunque estén trabajando sin problemas, para dar cumplimiento a un programa.[3]

#### **2.1.1.2.1. Mantenimiento periódico**

Este mantenimiento se realiza después de un periodo de tiempo. Su objetivo general es realizar reparaciones mayores en los equipos. Para implementar este tipo de mantenimiento se debe contar con una excelente planeación y una coordinación con las diferentes áreas de la empresa para lograr que las reparaciones se efectúen en el menor tiempo posible.[3]

#### **2.1.1.2.2. Mantenimiento sistemático**

En este tipo de mantenimiento se realizan un conjunto de tareas que se realizan sin importar cuál es el estado del equipo, además se realizan labores de medición y pruebas que nos servirán para decidir si es necesario realizar otras tareas de mayor importancia y al final arreglamos las averías que surjan. Este mantenimiento se aplica mucho en equipos de disponibilidad media en los cuales las averías causan algunos trastornos. Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que trabaja.

#### **2.1.1.3. Mantenimiento correctivo**

Consiste en reparar la avería una vez se ha producido. Por lo general, cuando se realiza este mantenimiento el proceso de fabricación está parado, por tanto la producción disminuye y los costes aumentan. Es muy impredecible conocer el tiempo de reparación así como el gasto que deriva de la avería ya que se presenta de forma imprevista originando trastornos en la línea.

#### **2.1.1.4. Mantenimiento predictivo**

## **Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

Al igual que el preventivo, este mantenimiento consiste en anteponerse a la avería. La diferencia es que se basa en la aplicación de herramientas o técnicas de detección de los diferentes elementos medibles de anticipación al fallo, como por ejemplo el desgaste. Su objetivo es realizar el mantenimiento justo en el momento preciso.

Para poder realizarlo es necesario disponer de tecnología basada en indicadores que sean capaces de medirnos las variables que marquen la intervención a la máquina, así como personal preparado en la interpretación de los datos.[4]

### **2.1.2. Indicadores del mantenimiento**

Los Indicadores de mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes; de esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento.

Algunos de estos indicadores son:

- Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) – Mean Time To Fail (MTTF).
- Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) – Mean Time To Repair (MTTR).
- Disponibilidad.
- Confiabilidad.
- Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF) – Mean Time Between Failures (MTBF).

#### **2.1.2.1. Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) – Mean Time To Fail (MTTF)**

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período determinado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. El Tiempo

Promedio para Fallar también es llamado “Tiempo Promedio Operativo” o “Tiempo Promedio hasta la Falla”. [5]

### 2.1.2.2. Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) – Mean Time To Repair (MTTR)

Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en poner la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos. [5]

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo trabajado sobre el equipo}}{\text{número de intervenciones sobre el equipo}} \quad \text{Ecu.1}$$

### 2.1.2.3. Disponibilidad

La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el MTTF y el MTTR, es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad.

$$D = \frac{\text{Tiempo real trabajado por el equipo}}{\text{Tiempo real trabajado por el equipo} + \text{Tiempo de parada del equipo}} \quad \text{Ecu. 2}$$

#### 2.1.2.4. Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno.

#### 2.1.2.5. Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF) – Mean Time Between Failures (MTBF)

El Tiempo Promedio Entre Fallos indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento “fallo”. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo. Uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de la Confiabilidad constituye el MTBF, es por esta razón que debe ser tomado como un indicador más que represente de alguna manera el comportamiento de un equipo específico.[5]

$$MTBF = \frac{\text{Tiempos reales de funcionamiento del equipo}}{\text{Número de intervenciones sobre el equipo}} \quad \text{Ecu. 3}$$

#### 2.1.3. Planificación del mantenimiento

En la programación del mantenimiento la idea es ordenar las tareas de forma que logremos el uso más eficiente de los recursos y determinar los plazos más cortos posible para la ejecución de las tareas. El programador verifica la priorización de las actividades y les asigna la oportunidad de su ejecución. Con frecuencia se utilizan programaciones por períodos, por ejemplo semanales. Pero las herramientas utilizadas para esta tarea permiten obtener listados diarios, dos o tres días siguientes, semanales, mensuales, etc. La programación suele realizarse siguiendo metodologías tales como: diagramas

de barras, Gantt. A su vez, estas metodologías suelen desarrollarse mediante herramientas informáticas, tales como Project, primavera, etc.

#### **2.1.3.1. Diagramas de barras – Gantt**

En los diagramas de barras, las actividades se representan mediante barras, habitualmente horizontales, cuya longitud se corresponde con su duración en el tiempo. Habitualmente el tiempo se representa en el eje “x”, del diagrama, en tanto que las tareas se ordenan en filas horizontales, hacia abajo. En este tipo de diagrama si se indican para cada tarea los recursos requeridos, mano de obra o costos estimados, sumando verticalmente es posible determinar la carga de recursos o costos, en el tiempo. Si la carga es poco uniforme e implica períodos con excesiva carga y otros con muy poca, permite reordenar las actividades en modo de lograr un aprovechamiento más uniforme de los recursos. [6]

#### **2.1.4. Planificación del mantenimiento preventivo**

Hay algunos aspectos básicos que debe incluir un plan de mantenimiento preventivo básico, independientemente de si utilizas software de Gestión del Mantenimiento Asistido por el Ordenador (GMAO) o sistemas más rudimentarios:

**Desglose de activos.** Deben localizarse todas las máquinas e instalaciones que van a ser objeto del plan de mantenimiento preventivo. En fábricas con muchas máquinas, o con varias unidades del mismo modelo, resulta útil asignar un código único a cada una. Así es más fácil identificarlas.

**Procedimientos.** Hay que definir cada procedimiento preventivo: trabajos a realizar, materiales y herramientas necesarias, medidas de seguridad específica, etc. Se trata de tener toda la información relevante para agilizar el trabajo y evitar errores.

**Planificación de las acciones.** Es necesario planificar las acciones preventivas, para definir de qué forma van a repetirse, y cuándo toca la siguiente operación. Así la planificación se hace mucho más simple. Se pueden organizar siguiendo varios indicadores:

*Tiempo natural*, repitiendo la acción cuando ha transcurrido un tiempo determinado desde la última acción. Se usa cuando es difícil calcular el desgaste o medir otros parámetros.

*Tiempo de trabajo*, contando las horas de trabajo de la máquina. Es necesario que ésta tenga un contador de horas incorporado. Con este sistema el tiempo contado guarda mayor relación con el desgaste de la máquina.

*Ciclos de trabajo*. Algunas máquinas cuentan los ciclos de trabajo (en el caso de una sierra el número de cortes, en una envasadora la cantidad de envases producidos...). Usar este factor es preferible a los anteriores.

Se puede incluir otra clase de información en los planes de mantenimiento preventivo, dependiendo de las necesidades de la empresa. En la práctica, suele depender del tamaño de la propia empresa, Algunas opciones complementarias son el análisis económico, la gestión de personal, gestión de repuestos, etc.[7]

## **2.2. DEGRADACIÓN DE LOS EQUIPOS**

Se ha determinado que la cantidad de fallas que presenta un equipo en particular, no es uniforme a lo largo de su vida útil, sino que existen variaciones bien definidas durante los periodos inicial y final, así como un gran lapso de tiempo comprendido entre ellos, en el cual el número de fallas es relativamente constante. Esto se ilustra claramente en la curva denominada “curva de la bañera”, FIGURA 1. Es la curva representativa de la gráfica del



comportamiento futuro de un equipo o conjunto de equipos, apoyándose en conceptos de probabilidad y estadística, de tal forma que se obtenga una descripción bastante confiable del patrón de fallas probable.

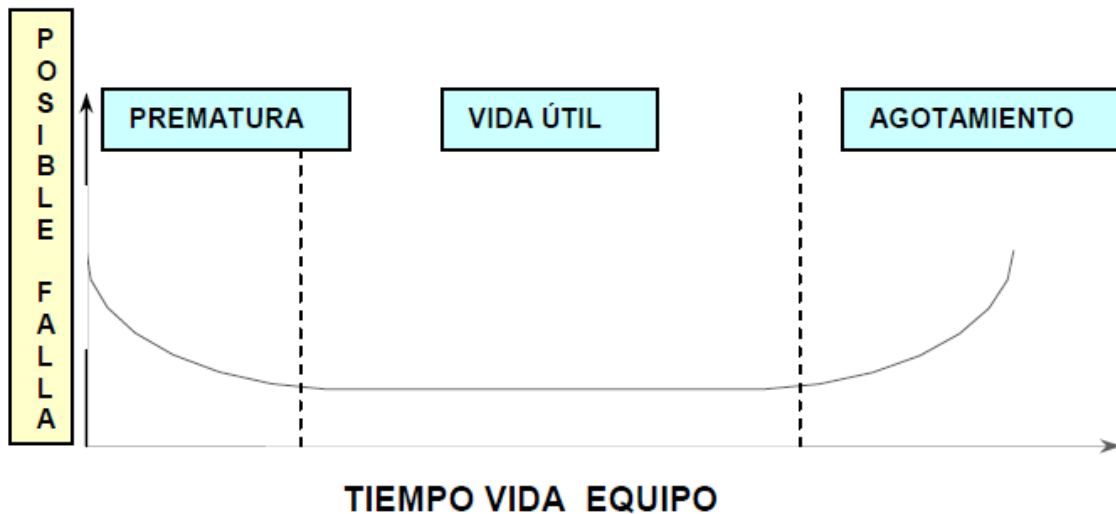


Figura 1. Curva de la bañera. [8]

**Etapa de fallas prematuras:** Comienza al instalar el equipo, donde al realizar la operación se presentan fallas prematuras en algunos elementos que deben ser reemplazados, esta etapa es de corta duración. La tasa de fallas es decreciente.

**Etapa de vida útil:** Es una etapa relativamente larga donde se presenta una tasa de fallas con un promedio bajo.

**Etapa de agotamiento:** Esta etapa está determinada por un aumento en las fallas por unidad de tiempo, debido a que los componentes del equipo tienen un desgaste considerable. La tasa de fallas es creciente.

Cuando se llega a la etapa de agotamiento y por conveniencias de la empresa se decide hacer una reparación profunda de la máquina, se obtendrá entonces un nuevo periodo de vida útil, más corto que el anterior obviamente.[9]

---

# 3.

## Software SAP

---

3.	PRESENTACION DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	17
3.1.	EMPRESAS SAP.....	17
3.2.	¿QUÉ ES SAP Y PARA QUE SIRVE?.....	17
3.3.	MÓDULOS DE APLICACIÓN.....	18
3.4.	TRANSACCIONES EN SAP PM.....	20

### **3. PRESENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN**

#### **3.1. EMPRESA SAP**

SAP AG (Systeme, Anwendungen und Produkte)), con sede en Walldorf (Alemania), es el primer proveedor de aplicaciones de software empresarial en el mundo. Como empresa, comercializa un conjunto de aplicaciones de software para soluciones integradas de negocios, entre ellas My SAP Business Suite, que provee soluciones escalables que permiten mejorar continuamente, con más de 1.000 procesos de negocio consideradas las mejores prácticas empresariales. SAP es considerada como el tercer proveedor independiente de software del mundo y el mayor fabricante europeo de software. Con 12 millones de usuarios, 100.600 instalaciones, y más de 1.500 socios, es la compañía más grande de software Inter - empresa.[9]

#### **3.2. ¿QUÉ ES SAP Y PARA QUÉ SIRVE?**

Muchos dicen que SAP según sus siglas es “Sistemas Aplicaciones y Procesos”. Lo que es en realidad: “Systems Applications, Products in Data Processing”. Con estas definiciones podríamos sacar nuestras propias conclusiones, aunque realmente la palabra SAP es una sigla de derivación alemana (que no tiene sentido escribir). Pero de igual forma podemos decir que SAP es Sistemas, Aplicaciones y procesos o bien, decir que SAP es Sistemas, Aplicaciones y Productos para el procesamiento de datos, no hay ningún problema.

Cuando se habla de que SAP es un ERP, es porque partiendo de la definición de ERP (Enterprise Resource Planning) que en castellano sería Sistema de Planificación de Recursos Empresariales, SAP es sin lugar a dudas esto y mucho más... al ser un sistema modular que combina muchísimas áreas de la organización entre sí, formando así un todo integrado que posibilita la comunicación e interacción de los datos, procesando así grandes cantidades de datos y obteniendo información útil para la toma de decisiones.

## **Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

Los componentes más comunes de éste Sistema de Información incluyen las funciones de finanzas, planificación, costos, comercial, mercadeo, manufactura, logística, mantenimiento, control de calidad.

Los módulos funcionales de los que está compuesto el sistema SAP responden de forma completa a los procesos operativos de las compañías.

### **3.3. MÓDULOS DE APLICACIÓN**

#### **Gestión financiera (FI)**

Libro mayor, libros auxiliares, ledgers especiales, etc.

#### **Controlling (CO)**

Gastos generales, costes de producto, cuenta de resultados, centros de beneficio, etc.

#### **Tesorería (TR)**

Control de fondos, gestión presupuestaria, etc.

#### **Sistema de proyectos (PS)**

Grafos, contabilidad de costes de proyecto, etc.

#### **Gestión de personal (HR)**

Gestión de personal, cálculo de la nómina, contratación de personal, etc.

#### **Mantenimiento (PM)**

Planificación de tareas, planificación de mantenimiento, etc.

#### **Gestión de calidad (QM)**

Planificación de calidad, inspección de calidad, certificado de, aviso de calidad, etc.

#### **Planificación de producto (PP)**

Fabricación sobre pedido, fabricación en serie, Kanban, etc.

#### **Gestión de material (MM)**

Gestión de stocks, compras, verificación de facturas, etc.

#### **Comercial (SD)**

Ventas, expedición, facturación, etc.

## **Workflow (WF), Soluciones sectoriales (IS)**

Contienen funciones que se pueden aplicar en todos los módulos.[9]

### **3.3.1. Módulo SAP PM- Plant Maintenance (Mantenimiento de Planta)**

El módulo de mantenimiento de planta de SAP fue diseñado esencialmente para abarcar las necesidades de planificación, administración, seguimiento y control de las tareas de mantenimiento.

Cubriendo además diferentes tipos de mantenimiento:

1. Correctivo
2. Preventivo
3. Predictivo

Adicionalmente el módulo Mantenimiento de planta permite:

- Generar solicitudes de trabajo de mantenimiento.
- Aprobar solicitudes de trabajo.
- Crear órdenes de trabajo.
- Realizar un análisis del trabajo a realizar.
- Analizar las órdenes programadas.
- Generar un historial del mantenimiento.
- Gestionar los servicios de mantenimiento.

Provee una planeación y el control del mantenimiento de la planta a través de la calendarización, así como las inspecciones, mantenimientos de daños y administración de servicios para asegurar la disponibilidad de los sistemas operacionales.

### **3.4. TRANSACCIONES EN SAP PM**

## **Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

Una transacción en terminología SAP es la ejecución de un programa. La forma normal de ejecutar código ABAP (Programación Avanzada de Aplicaciones de negocios) en el sistema SAP es ingresando un código de transacción (por ejemplo, IE01 es el código de transacción para “Crear Equipos”). Las Transacciones pueden ser llamadas a través de menús definidos por el sistema, especificados por el usuario o basados en roles. También pueden ser invocados mediante el ingreso del código de transacción directamente en el campo de comandos, el cual está presente en todas las pantallas SAP.

### **3.4.1. Listado de transacciones SAP PM**

A continuación se listan algunas de las transacciones más usadas en SAP PM y su equivalente ruta para el ingreso por el menú logística:

#### **3.4.1.1. Datos maestros de mantenimiento**

##### **Crear Equipo:**

**IE01:** Logística / Mantenimiento / Gestión de objetos técnicos / Equipo / Crear

##### **Modificar Equipo:**

**IE02:** Logística / Mantenimiento / Gestión de objetos técnicos / Equipo / Modif

##### **Visualizar Equipo:**

**IE03:** Logística / Mantenimiento / Gestión de objetos técnicos / Equipo / Visualiz

##### **Crear Ubicación:**

**IL01:** Logística / Mantenimiento / Gestión de objetos técnicos / Ubicación técnica /  
Crear

##### **Modificar Ubicación:**

**IL02:** Logística / Mantenimiento / Gestión de objetos técnicos / Ubicación técnica /  
Modif.

##### **Visualizar Ubicación:**

**IL03:** Logística / Mantenimiento / Gestión de objetos técnicos / Ubicación técnica

**IA01:** Logística / Mantenimiento / Mantenimiento Planificado / Planif. Trabajo/ Para Equipo

**Crear hoja de ruta para equipo.**

**IA02:** Logística / Mantenimiento / Mantenimiento Planificado / Planif. Trabajo/ Para Equipo

**Modificar hoja de ruta para equipo.**

**IA03:** Logística / Mantenimiento / Mantenimiento Planificado / Planif. Trabajo/ Para Equipo

**Visualizar hoja de ruta para equipo.**

**IP01:** Logística / Mantenimiento / Mantenimiento planificado / Planes de mtto prev / Crear.

**Crear plan de mantenimiento preventivo**

**IP02:** Logística / Mantenimiento / Mantenimiento planificado / Planes de mtto prev / Modificar.

**Modificar plan de mantenimiento preventivo.**

**IP03:** Logística / Mantenimiento / Mantenimiento planificado / Planes de mtto prev / Visualizar.

**Visualizar plan de mantenimiento preventivo.**

**IP04:** Logística / Mantenimiento / Mantenimiento planificado / Planes de mtto prev / Posic. De mtto.

**Crear posición de plan de Mtto.**

**IP05:** Logística / Mantenimiento / Mantenimiento planificado / Planes de mtto prev / Posic. De mtto.

**Modificar posición de plan de Mtto.**

**IP06:** Logística / Mantenimiento / Mantenimiento planificado / Planes de mtto prev / Posic. De mtto.

**Visualizar posición de plan de Mtto.**

**IE05:** Logística / Mantenimiento / Gestión de objetos técnicos / Equipo / Tratamiento de lista.

**Listado de Equipos**

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

**IL05:** Logística / Mantenimiento / Gestión de objetos técnicos / Ubicación técnica / Tratamiento de lista.

**Listado de ubicaciones**

**IP15:** Logística / Mantenimiento / Mantenimiento planificado / Planes de mto prev / Tratamiento de lista.

**Listado de planes de mantenimiento**

**3.4.1.2. Gestión de mantenimiento**

**IW21:** Logística / Mantenimiento / Gestión de mantenimiento / Aviso.

**Crear aviso**

**IW31:** Logística / Mantenimiento / Gestión de mantenimiento / Orden.

**Crear orden**

**IW32:** Logística / Mantenimiento / Gestión de mantenimiento / Orden.

**Modificar Orden**

**IW33:** Logística / Mantenimiento / Gestión de mantenimiento / Orden

**Visualizar orden**

**IW3D:** Logística / Mantenimiento / Gestión de mantenimiento / Orden

**Imprimir Orden**

**IW41:** Logística / Mantenimiento / Gestión de mantenimiento / Notificación / Entrada

**Notificación individual de la orden**

**IW42:** Logística / Mantenimiento / Gestión de mantenimiento / Notificación / Entrada

**Notificación global**

**IW43:** Logística / Mantenimiento / Gestión de mantenimiento / Notificación / Visualizar

**Visualizar notificación[10]**



---

# 4.

## Diseño del plan de mantenimiento

---

4. METODOLOGIA Y DESARROLLO.....	24
4.1. IDENTIFICACION Y RECONOCIMIENTO EN CAMPO DE LOS EQUIPOS A MANTENER.....	25
4.2. REVISION DE LOS FALLOS HISTÓRICOS.....	38
4.3. CRITICIDAD.....	38
4.4. PLAN DE MANTENIMIENTO EN SAP PM.....	42
4.5. CALENDARIOS DE MANTENIMIENTO.....	48
4.6. COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	53

#### 4. METODOLOGÍA Y DESARROLLO

En este capítulo se expone el diseño metodológico planteado para llevar a cabo nuestro plan de mantenimiento, en él se muestra los recursos utilizados y el procedimiento seguido (Figura 2.) para dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

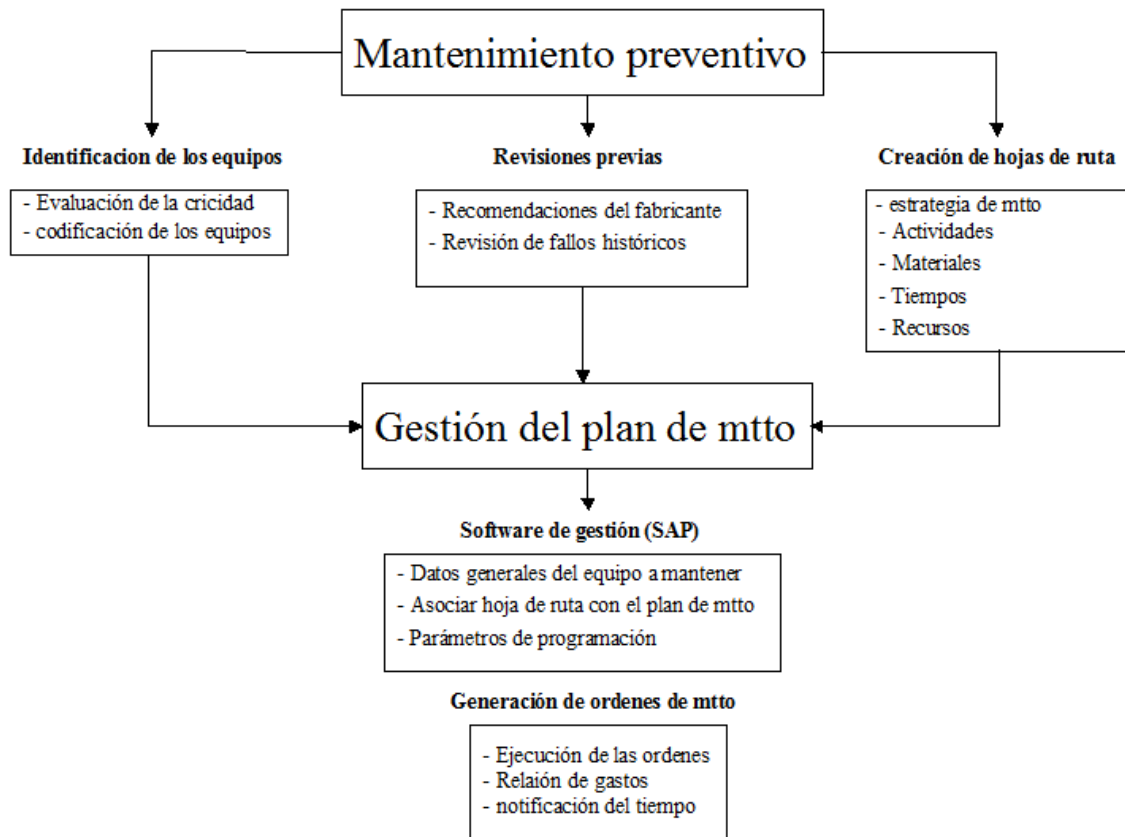


Figura 2. Flujo para la creación del plan

#### **4.1. IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO EN CAMPO DE LOS EQUIPOS A MANTENER**

Este procedimiento se realizó mediante la visita a los lugares donde se ejecutan las actividades con la finalidad de conocer, recoger e identificar los datos necesarios para el desarrollo del plan de mantenimiento, a través del contacto con las personas que realizan el mantenimiento actual, usando como herramienta la Observación que no solo es una actividad cotidiana del hombre, sino una actividad fundamental para la investigación científica.

##### **4.1.1. Codificación de los equipos**

La codificación de los equipos de la empresa se hace siguiendo la numeración sugerida por el sistema de información, en este caso SAP, que realiza esta labor automáticamente y de forma secuencial, lo que le permite saber a la empresa la cantidad de activos fijos con los que cuenta, es decir, sin un equipo fue creado como nuevo en SAP este lo codifica según el registro que lleve, Ejemplo: si hasta el momento hay creados 2000 equipos, el siguiente será el 2001 y así sucesivamente; este número será clave y hay que tenerlo en cuenta ya con él se realizan muchas tareas en el software, como búsqueda, avisos, ordenes de mantenimiento, entre otras.

La desventaja del uso de este tipo de codificación es que no nos brinda la información básica del equipo a simple vista y tenemos que remitirnos a un ordenador para buscar información de la máquina, además la norma de marcación de activos fijos lo exige (Norma ANSI / ISA S 5.1 para la codificación de elementos), una marcación correcta de un activo de la empresa en mención podría ser como sigue:

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.

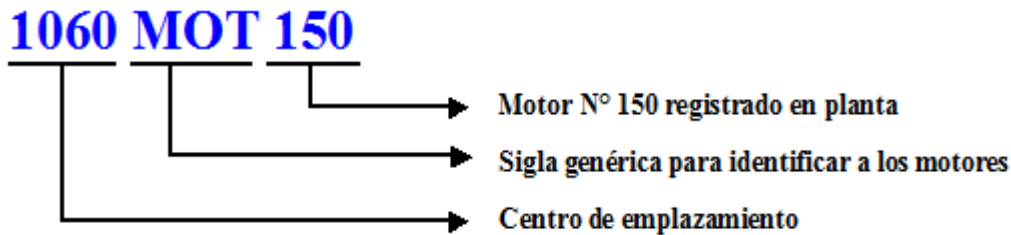


Figura 3. Marcación de un elemento.

**1060MOT150** = Corresponde al motor eléctrico 150 que está montado en planta 2 de la empresa ACESCO S.A.S.

#### 4.1.2. EQUIPOS A MANTENER Y DATOS TÉCNICOS SEGÚN FABRICANTE

Código SAP	Denominación	Ubic. Técnicas
10014807	TABLERO CORTADORA LCL02	1060-KATIOS-LCL02-CABCONT
10014806	TABLERO DE ARRANCADORES LCL02	1060-KATIOS-LCL02-CABCONT
10015896	TABLERO ARRANCADORES APILADOR TUB02	1060-KATIOS-TUB02-APILAD
10015894	TABLERO ARRANCADORES ENTRADA TUB02	1060-KATIOS-TUB02-APLANA
10015888	TABLERO ARRANCA SAL NAA3 CAB 2 TUB02	1060-KATIOS-TUB02-CABCONT
10014800	ESTACION PRINCIPAL - CORTADORA LCL02	1060-KATIOS-LCL02-CABCORT
10016232	ESTACION DE MANDO PRINCIPAL TUB03	1060-FARALL-TUB03-FORMAD
10016233	ESTACION DE MANDO APILADOR TUB03	1060-FARALL-TUB03-APILAD
10015906	ESTACION DE MANDO PRINCIPAL TUB02	1060-KATIOS-TUB02-FORMAD
10016924	FILTRO ELIM ARMONICOS ACCUSINE TUB03	1060-FARALL-TUB03-SOLDTUB

Tabla 2. Listado de equipos a mantener

Los datos que detallaremos a continuación corresponden a características técnicas, eléctricas, buenas prácticas de mantenimiento, entre otras, que fueron recolectadas y además sustentadas bajo la revisión de manuales, informes, libros y otros documentos.

#### 4.1.2.1. Tableros eléctricos



Figura 4. Tablero cortadora LCL02



Figura 5. Tablero Arrancador LCL02



Figura 6. Tablero arrancad TUB02



Figura 7. Tablero arrancad TUB03



Figura 8. Tableros de control TUB02 y TUB03

### **Características generales:**

Los armarios usados en las líneas de proceso que estamos trabajando (LCL02, TUB02, TUB03) tienen algo en común y es que todos son de la serie prisma P de **Schneider Electric**. Su gran diferencia está en los componentes que agrupan en su interior, que dependen de la función para la que haya sido ensamblado el tablero. Estos armarios ofrecen soluciones técnicas eficaces auto soportando hasta 3200A para industrias. [10]

Estos equipos cumplen la tarea de agrupar y proteger de su entorno los elementos de arranque, control, etc. Además son importantes a la hora de proteger al usuario contra los accidentes.

### **Características técnicas:**

- Lamina de acero (espesor 1 – 1,5mm)
- Tratamiento por cataforesis + polvo de epoxy poliéster, polimerizado en caliente, color blanco RAL 9001.
- Grado de protección: IP55
- Dimensiones de las armaduras:
  - 4 anchos:
    - Ancho 300 mm: pasillo lateral para cables.
    - Ancho 400 mm: pasillo lateral para cables o para la aparamenta.
    - Ancho 650 mm: zona de aparamenta.
    - Ancho 800 mm: zona de aparamenta 650 mm + pasillo lateral de 150 mm.

### **Características eléctricas:**

- Tensión asignada de aislamiento del juego de barras principal: 1000 V
- Intensidad asignada de empleo: In 3200A
- Corriente asignada de cresta admisible: Ipk 187 KA

- Corriente asignada de corta duración admisible:  $I_{cw}$  85 kA ef/1 s
- Frecuencia: 50/60 Hz

**Composición interna de los tableros:**

- Contactor de 75 KW de la serie TeSys D
- Relé electrónico de 60 A TeSys LT47
- Relé bimetálico de hasta 140 A TeSys LRD
- Repartidores con bornes por resorte: Multiclip hasta 200 A
- PLC Twido TWDLCAA24DRF
- Guarda motor termomagnético TeSys GV2-ME
- Rieles DIN
- Interruptores DOMAE C120N
- Zelio relay (para adaptar la señal 120VCA a 24VDC)
- Relevador de sobrecarga electrónico LR9F 60A-800A
- Relevador de sobrecorriente electrónico LR97 0.3A-38A
- Arrancador reversible LU2B32
- Variador de velocidad ALTIVAR 61 ATV61HD75M3X
- Transformador de ultra aislamiento tipo K13, K20.
- Cables

**Recomendaciones de mantenimiento:**

Contactores, relevadores, solenoides de corriente alterna, arrancadores magnéticos, necesitan de inspecciones regulares, al fin de encontrar piezas que puedan estar defectuosas.

Por lo anterior se recomienda utilizar como primera herramienta la observación para detectar anomalías, verificando así posible corrosión en los contactos de los elementos. Además verificar si no hay conexiones flojas, exceso de arco al interrumpir el circuito, decoloración en piezas metálicas que son indicio de recalentamiento, acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.

## **Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

Es importante que los tableros eléctricos se mantengan en un ambiente controlado, con temperatura y humedad en los niveles soportados, ya que un exceso de temperatura, podría ocasionar daños prematuros o producir incendios.

Se recomienda que todas las actividades de mantenimiento sean supervisadas por personal capacitado, atendiendo además todas la normas de seguridad, para evitar accidentes. Es de vital importancia que los equipos estén desenergizados al momento de su revisión.

### **RESUMEN DE OPERACIONES**

- Limpieza general externa de los gabinetes
- Ajuste de conexiones
- Cambio de botones y contactares en las estaciones de mando si lo requiere
- Medición de tensión y corrientes
- Revisión de aislamientos
- Revisión de hermeticidad
- Controles ambientales

#### **4.1.2.2. Estaciones de mando**



Figura 9. Estación. Principal apilad



Figura 10. Estación acumulador





Figura 11. Estación del enrollador

### **Características generales:**

Las estaciones de mando son aquellos equipos que nos permiten interactuar con la maquinaria utilizada en el proceso, son armadas según las necesidades y funciones de los elementos que controlan, muchas veces por los fabricantes, pero en esta ocasión nos encontramos que fueron totalmente armadas por los ingenieros de la compañía que diseñaron el sistema de automatización. Es por lo anterior que las estaciones de mando que analizamos cuentan con diferentes dispositivos eléctricos y/o electrónicos que cumplen tareas como: paros de emergencia, velocidad de motores, indicación, visualización de sistemas SCADA, control de giro y otras.

### **Estación de mando principal**

- 13 selectores de dos posiciones con perilla corta CSW-CK2F45 WH
- 1 botón de parada de emergencia rojo CSW – BESP WH
- 1 botón pulsador iluminado rasante amarillo CSW-BFI3 WH
- Material: policarbonato (tapa y base)
- borneros
- Cableado interno

### **Estación de mando apilador**

- 6 manipuladores con palanca de longitud 54 mm

## **Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

- Pantalla interface hombre-máquina SIMATIC HMI IPC477C-HMI/RTX
- 1 botón de parada de emergencia rojo CSW – BESP WH
- Cables interno
- borneros

### **Estación de mando acumulador**

- Pantalla interface hombre-máquina SIMATIC HMI IPC477C-HMI/RTX
- 6 botones tipo pulsador iluminado rasante verdes CSW-BF2 WH
- 3 botones tipo pulsador iluminado rasante rojos CSW-BF1 WH
- 1 selector de dos posiciones con perilla corta CSW-CK2F45 WH

### **Características técnicas:**

- Normas aplicables: IEC 60947-5-1, VDE 0660, UL 508, CENELEC EN 50007, ISO 13850 (EN 418), IEC 60947-5-5.
- Grado de protección: IP66 y IP40 (CSW-BD) de acuerdo con la norma IEC 60529.
- Vida mecánica:
  - Botones pulsadores:  $3 \times 10^6$  operaciones
  - Botones CSW-BEG/EY/CT/CY:  $3 \times 10^6$  operaciones.
  - Botones de emergencia CSW-BESG/P/Y:  $1 \times 10^5$  operaciones.
  - Selectores:  $1 \times 10^6$  operaciones.
- Entrada de los cables: ØM20 / PG13, 5 / 1/2" y ØM16 / 3/8".
- Para uso en ambientes: Exteriores (rayos UV) o interiores.

### **Recomendaciones de mantenimiento:**

Para el mantenimiento de este tipo de elementos se requiere verificar:

- Acumulación excesiva de suciedad o sustancias pegajosas en la superficie de la estación de mando.

- Realizar actividades de limpieza con una frecuencia corta, ya que en ambientes difíciles se puede producir acumulación de polvo o sustancias corrosivas que pueden afectar el funcionamiento de los sistemas.
- Verificar cuidadosamente la expectativa vida útil de los botones, selectores y pulsadores en los manuales, ya que el constante accionar de los mismos puede ocasionar desgaste y es posible que requieran ser reemplazados.
- Verificar el estado de las conexiones de los cables y bornes para evitar fallos por falsos contactos.
- Utilizar limpiadores penetrantes de secado rápido para limpiar las superficies.
- En estaciones de mando con botones de emergencia es importante verificar el correcto funcionamiento de estos, ya que un atascamiento de estos botones puede ser catastrófico.

**Importante acatar todas las normas de seguridad la hora de realizar cualquier inspección, si tiene dudas en cuanto al procedimiento, consulte con expertos o proveedor.**

### 4.1.2.3. Filtro eliminador de armónicos (ACCUSINE)





Figura 12. Filtro eliminador de armónicos ACCUSINE

### **Características generales:**

Un filtro eliminador de armónicos ACCUSINE es un dispositivo que inyecta corriente armónica y reactiva para limitar la distorsión armónica y mejorar el factor de potencia de la instalación eléctrica. Accusine PCS mide la corriente completa de la carga, quita la componente fundamental de la frecuencia e inyecta lo contrario de la forma de onda restante para obtener casi por completo la cancelación de la corriente armónica.

### **Características técnicas:**

- Capacidad de corrección por equipo: 50, 100, 300 amperios.
- Tensión: 208 – 690 Vca alimentación trifásica, otras tensiones mediante transformador.
- Compensación de armónicos: del armónico 2 al armónico 50, cancelación de espectro total; incluye inter armónicos.
- Compensación reactiva: corrección del factor de potencia,  $\cos \phi$  próximo a la unidad, umbral seleccionable.
- Normas: certificación CE, UL, CUL, CSA, ABS, C – TICK.
- Capacidad en paralelo: hasta 99 unidades de cualquier capacidad.

- Comunicación: Modbus TCP/IP Ethernet IP.
- HMI: pantalla gráfica con control táctil de alta calidad 96 mm.
- Tiempo de respuesta: DSL < 2 ciclos
- Tipo de protección: UL tipo 1, UL tipo 12, IP30, IP54.

**Condiciones ambientales:**

- Temperatura de funcionamiento: de 0 °C a 40 °C, permanente.
- Humedad relativa: de 0 a 95% sin condensación.
- Calificación sísmica: IBC y ASCE7
- Altitud de funcionamiento: < 1.000 m (factor de reducción para altitudes superiores, aprox. 10% cada 1.000 m).

**Aplicaciones típicas:**

- Plataformas petrolíferas.
- Grúas para puertos.
- Acerías.
- Tratamiento de aguas / Aguas residuales.
- Plantas de procesamiento.
- Parques eólicos y solares.
- Barcos...

**Recomendaciones de mantenimiento:**

Todos los casos de fallas internas deben ser reportados a **Schneider Electric** para evaluar el procedimiento a realizar. La manipulación de los componentes y el diagnóstico interno de la unidad sólo podrá ser realizada por personal especialista, calificado y autorizado por **Schneider Electric**. En el caso de fallas externas la unidad valora si la novedad persiste y quedará fuera de operación de forma automática. En este caso la unidad entrará en modo “stop”

## **Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

hasta que la novedad no sea superada por el sistema y el arranque “run” deberá ser de modo local.

La inspección visual al interior del filtro sólo deberá ser con la unidad desenergizada y en ningún momento con la unidad en operación. En caso de observar acumulación excesiva de polución al interior de la unidad se podrá realizar soplando con aire seco y en modo suave a los ventiladores y puntos de conexión de potencia. **Previo a esto la unidad deberá estar totalmente desenergizada desde su seccionador y se deberá haber esperado por lo menos 10 minutos para la descarga del bus DC.**

### **A continuación los pasos para desenergizar la unidad:**

- Presionar “stop” en el display de la unidad.
- Llevar a posición “off” el seccionador de la unidad.
- Verificar en el display de la unidad la descarga del bus DC.

El procedimiento anterior se deberá acompañar con la verificación de ausencia de tensión a la salida del seccionador de la unidad una vez sea abierta la puerta de la unidad AccuSine ®. La limpieza y soplado de las felpas de las rejillas para la entrada de aire es una práctica que también debe realizarse de forma continua especialmente en ambientes altamente polucionados para evitar la obstrucción del aire hacia el interior de la unidad.

**Schneider Electric** recomienda realizar mantenimiento preventivo de la unidad AccuSine ® de forma anual con las actividades que se describen a continuación:

- Limpieza general externa e interna.
- Verificación log de alarmas.
- Verificación estado ventiladores y estado general de la unidad.
- Inspección visual del estado componentes de electrónica de potencia como

IGBTs, condensadores snubbers, bus DC, inductancias externas e internas, contactor de precarga.

- Verificación estado de tensiones indicadas por la unidad en el bus DC y alimentación AC.
- Test general (diodos) estado IGBTs.
- Inspección visual estado tarjetas electrónicas
- Inspección visual estado de conexiones de control y potencia.
- Verificación de torques en conexiones de potencia y del bus dc.
- Verificación estado de protecciones eléctricas: fusibles de potencia y control y DPS.
- Verificación de condiciones ambientales en el área. Temperatura y humedad relativa.

**Equipos utilizados para las actividades descritas:**

- Analizador de redes trifásico
- Capacimetro
- Multímetro digital con prueba de diodos
- Torquimetro.
- Herramienta general.
- Sopladora – Aspiradora.
- Elementos de aseo.

El mantenimiento preventivo asocia actividades detalladas en el control y electrónica de potencia de la unidad así como también en la lógica operativa, por lo tanto el mantenimiento debe ser realizado por personal especialista, calificado y autorizado por Schneider Electric.

## 4.2. REVISIÓN DE FALLOS HISTÓRICOS

De los equipos estudiados se tiene el siguiente historial de fallos:

Descripción	Equipo	Inicio Avería	Fin avería	Duración [H]	Parada
Variador recalentado, temperatura anormal	10014806	02/04/2015	02/04/2015	8,00	si
Cambio de botonera mando soldador	10016232	05/06/2015	05/06/2015	1,00	si
Fallo en uno de los fusibles del filtro ACCUSINE	10016924	20/02/2015	20/02/2015	4,00	si
Desconexión parcial de la estación de mando del apilador	10016233	13/05/2015	13/05/2015	5,50	si

Tabla 3. Avisos de parada para los equipos

La información consignada en la Tabla 3 hace referencia a las averías de los equipos que han dado como consecuencia la parada del proceso, sin dejar de mencionar que existen otra clase de avisos que no han implicado parada de la línea.

## 4.3. CRITICIDAD

### 4.3.1. Evaluación de la criticidad de los equipos

Después de la identificación de los equipos, un aspecto muy importante que hay que tener en cuenta al momento de la planeación de un mantenimiento preventivo es el nivel de criticidad del equipo, dato que nos servirá entre otras cosas para jerarquizar los mismos, con el objetivo de poder dirigir los recursos de una mejor manera, además establecer la frecuencia con que se



intervendrán y establecer una priorización; fijando cual será el primero en intervenir según su nivel de criticidad.

La criticidad también se puede expresar de forma matemática como sigue:

$$\text{CRITICIDAD} = \text{Ocurrencia} \times \text{Consecuencia} \quad \text{Ecu. 4}$$

**Dónde:**

$$\text{COSECUENCIA} = \text{MTTR} + \text{Costo de reparación} + \dots \quad \text{Ecu. 5}$$

Para calcular la criticidad de un equipo dentro de una planta o sistema, se debe aplicar un criterio que transforme las características cualitativas de ese equipo, (impacto en producción, costos de reparación, impacto ambiental, etc.) en un valor numérico que permita clasificarlo objetivamente, en relación al resto de los equipos de la planta o sistema.

A continuación el método escogido para determinar el nivel de criticidad de los equipos de nuestro proyecto.

#### **4.3.1.1. Matriz de riesgo**

Esta es una herramienta de gestión que nos permite determinar objetivamente cuales son los riesgos más relevantes para la seguridad y salud de los trabajadores de una organización. Su uso es muy sencillo solo hay que ser cuidadoso y establecer unos criterios de evaluación que nos permitan transformar en valores numéricos los valores cualitativos del equipo en estudio. Para nuestro proyecto se tuvieron en cuenta: Tiempo promedio para reparar (MTTR), costo de la avería y la frecuencia con la que falla el equipo, en la Tabla 4 se pueden apreciar estos criterios y las puntuaciones asignadas.

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

<b>GUÍA DE CRITICIDAD</b>	
<b>1. Tiempo promedio para reparar (MTTR).</b>	<b><u>Puntuación</u></b>
MTTR ≤ 1 [hora]	0
1 < MTTR ≤ 4 [horas]	25
4 < MTTR	50
<b>2. Costo de la reparación en (COP).</b>	<b><u>Puntuación</u></b>
COP < 2 [millones]	1
2 ≤ COP < 10 [millones]	25
10 [millones] ≤ COP	50
<b>3. Frecuencia de fallos (F).</b>	<b><u>Puntuación</u></b>
F ≤ 1	1
F = 2	2
F = 3	3
F = 4	4
5 ≤ F	5

Tabla 4. Niveles y puntuación asignados.

Teniendo claro las puntuaciones asignadas a los valores cualitativos analizados ya podemos realizar la operación matemática **Ecu 4**. Y después remitirnos a la matriz de riesgo de la Tabla 5. Dicha matriz cuenta con unos valores numéricos que nos van a servir para categorizar el nivel de criticidad en nuestros equipos, teniendo presente que:

**CRITICIDAD A (250-500):** este nivel se le asigna a aquellos equipos que no deben fallar, si esto llegara a suceder produciría un cierre total de la plata o línea de producción, ocasionando además pérdidas económicas. Dentro de estos están los equipos que pueden ocasionar daños al medio ambiente o atentar contra la seguridad de las personas. Está referenciado en la matriz con el color rojo.

**CRITICIDAD B (11-249):** este nivel se le asigna equipos que no pueden fallar, continua siendo un equipo relevante para el proceso, solo que si llegase a fallar

no tiene un fuerte impacto en la línea, ya que podría existir un equipo similar o el tiempo para reemplazarlo es muy corto. Está representado por el color amarillo en nuestra matriz.

**CRITICIDAD B (5-10):** a este nivel pertenecen aquellos equipos que al fallar no representan riesgo en absolutamente ningún aspecto. Se representa con el color verde en la matriz.

Entonces si a manera de ejemplo tomamos un equipo que en promedio su reparación tarda 4 horas, es decir un MTTR de 4 horas, si se avería el costo de la falla estaría entre 2 y 10 millones de pesos además ha fallado 2 veces desde su montaje, tendríamos el siguiente resultado según la puntuación de la Tabla 4:

MTTR = 25

COSTO = 25

F = 2

$2 * (25 + 25) = 100$

Este 100 obtenido nos indica una consecuencia **severa** en la matriz de riesgo a pesar de tener una ocurrencia poco probable, esto se debe al costo elevado de reparación y el tiempo que se requiere para corregir la falla.

MATRIZ DE RIESGO		CONSECUENCIA												
		LEVE			GRAVE			SEVERA			CATASTROFI			
		1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	CASI SEGURA	5	5	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	PROBABLE	4	4	20	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400
	POSIBLE	3	3	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
	POCO PROBABLE	2	2	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
	RARA	1	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Tabla 5. Matriz de riesgo ocurrencia x Consecuencia

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

<b>Código SAP</b>	<b>Denominación</b>	<b>Nivel de Criticidad</b>
10014807	TABLERO CORTADORA LCL02	C
10014806	TABLERO DE ARRANCADORES LCL02	C
10015896	TABLERO ARRANCADORES APILADOR TUB02	A
10015894	TABLERO ARRANCADORES ENTRADA TUB02	A
10015888	TABLERO ARRANCA SAL NAA3 CAB 2 TUB02	A
10014800	ESTACION PRINCIPAL - CORTADORA LCL02	C
10016232	ESTACION DE MANDO PRINCIPAL TUB03	A
10016233	ESTACION DE MANDO APILADOR TUB03	A
10015906	ESTACION DE MANDO PRINCIPAL TUB02	A
10016924	FILTRO ELIM ARMONICOS ACCUSINE TUB03	A

Tabla 6. Niveles de criticidad calculados.

#### **4.4. PLAN DE MANTENIMIENTO EN SAP PM**

##### **4.4.1. Ingreso a la planificación de mantenimiento en SAP (PM)**

Para crear un plan de mantenimiento se puede hacer por medio del ingreso de la transacción IP42 o IP01; o mediante la ruta de acceso al menú:

Menú SAP -> Logística -> Mantenimiento -> Mantenimiento planificado -> Planificación de mantenimiento -> Planes de mantenimiento preventivo -> Crear.

Se optó por usar la transacción IP01, ingresándola en el campo dispuesto para el acceso rápido por transacciones Figura 13. La cual nos lleva a la ventana de la Figura 14.

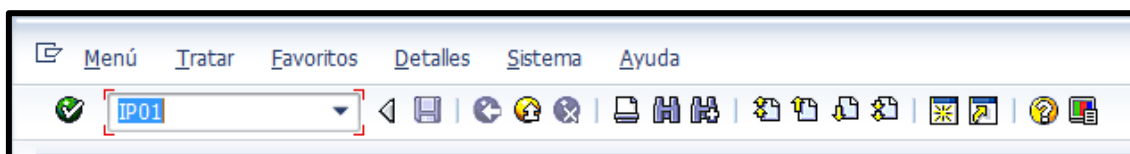


Figura 13. Campo para transacciones.

**Crear plan de mantenimiento preventivo: Acceso**

Plan mant.prev.

Tp.plan manten.

Estrategia

Pl.manten.múlt.

Set de ciclos

Figura 14. Crear plan de mantenimiento.

En la imagen de la Figura 14. Hay que tener en cuenta varias cosas con respecto a los campos que se requieren llenar.

1. El campo más importante y que no se debe dejar sin llenar es que aparece con nombre: **Tp.plan.manten.** En este campo se debe elegir el tipo de plan a crear. En nuestro caso se eligió: **Orden de mantenimiento preventivo**, que aparece en la lista desplegable como se ve en la Figura 15. Y que sin duda es el que cumple con lo queremos; lanzar ordenes de mantenimiento preventivo durante un periodo determinado y con una frecuencia.
2. En el campo con nombre: **Plan mant.prev.** Se debe indicar el código del plan de mantenimiento únicamente si el plan a crear va a estar basado en un plan de mantenimiento ya existente en SAP.
3. En el campo con nombre **Estrategia**, se debe indicar un dato maestro al cual se asocian determinadas frecuencias y que en SAP se denomina “paquetes”, en ACESCO S.A.S se han creado estrategias que se usan según el proceso o el equipo según sea la necesidad de intervención preventiva.

## Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.

Para nuestro caso utilizamos las estrategias denominadas 10LCL02, 10TUB2, 10TUB3 que contienen unos paquetes con frecuencias.

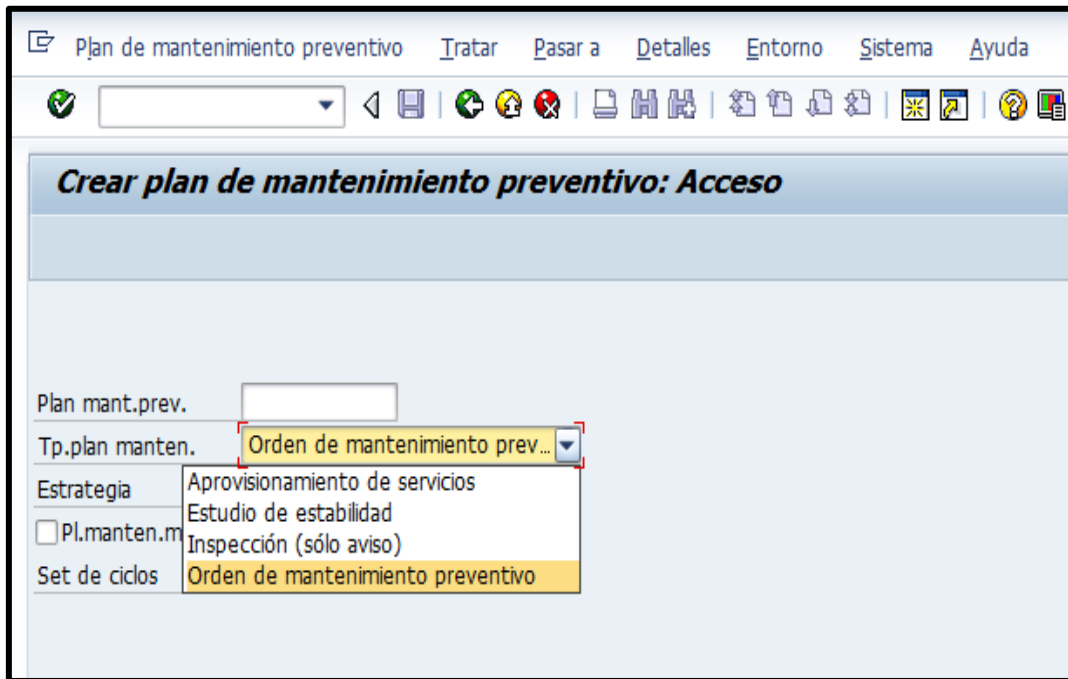


Figura 15. Lista de tipos de planes.

### 4.4.2. Datos de posición

Después de introducir los datos requeridos en el paso anterior y de presionar la tecla INTRO, se nos despliega la ventana de la (Figura 16.), que corresponde a lo que se denomina **Datos de posición**, aquí ingresamos y verificamos que los datos de planificación correspondan, ya que algunos vienen por defecto como datos maestros. Campos como la **Clase de orden** y la **Clase de actividad** a los cuales les corresponde ZP50 y 006 (preventivo) respectivamente son obligatorios llenarlos, además llenamos datos obvios como el emplazamiento, la ubicación técnica, el puesto de trabajo responsable, entre otros. Al terminar volvemos a presionar la tecla INTRO.

Una aclaración que hay que hacer es que los datos cambian según el plan, así:

- Las ubicaciones técnicas son diferentes en la línea de corte longitudinal dos (LCL02) y en la tubería tres (TUB03), ya que la primera está en la bodega KATIOS junto a tubería dos (TUB02) y la otra está en la bodega FARALLONES.

The screenshot shows the SAP 'Visual posición mantenimiento' interface. At the top, there is a menu bar with options like 'Posición de mantenimiento', 'Tratar', 'Pasara', 'Detalles', 'Entorno', 'Sistema', and 'Ayuda'. Below the menu is a toolbar with various icons. The main content area is titled 'Visual posición mantenimiento: Pos.manten. 0000000000006828'. It contains several data entry fields:

- Pos.mantenimiento:** 6828
- Estrategia:** 10LCL2
- Tp.plan manten.:** Orden de mantenimiento preven...
- Objeto de referencia:**
  - Ubic.téc.: 1060-KATIOS-LCL02...
  - Equipo: 10014801
  - Conjunto: [Empty]
- Datos de planificación:**
  - Centro planif.: 1060 PLANTA 2 ACESCO
  - Clase de orden: ZP50 Orden de mantenimiento plane...
  - Pto.tbjo.resp.: ELECTRON / 1060 TECNICOS ELECTR...
  - Prioridad: Plan 2 días
  - Documento venta: [Empty]
  - Grupo planif.: 100 Mtto. Industrial
  - Clase actividad PM: 006 Preventivo
  - División: [Empty]
  - Norma de liquidación: [Icons]
- Hoja de ruta para mantenimiento:**

Tp.	GrHRuta	CGrHR	Descripción
A	634	1	MPPR_ESTACIONES DE MANDO LCL02
- Plan mantenimiento preventivo asignado:**
  - Plan mant.prev.: 5950
  - MPPR\_LINEA DE CORTE LONGITUDINAL LCL02

Figura 16. Datos posición.

#### 4.4.3. Asociar hoja de ruta (HDR)

Como se había dicho antes una de las cosas infaltables a la hora de crear un plan de mantenimiento en SAP es la HDR (hoja de ruta). Es por eso que en la Figura 16. Se pueden observar unos campos que deben diligenciarse para

## Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.

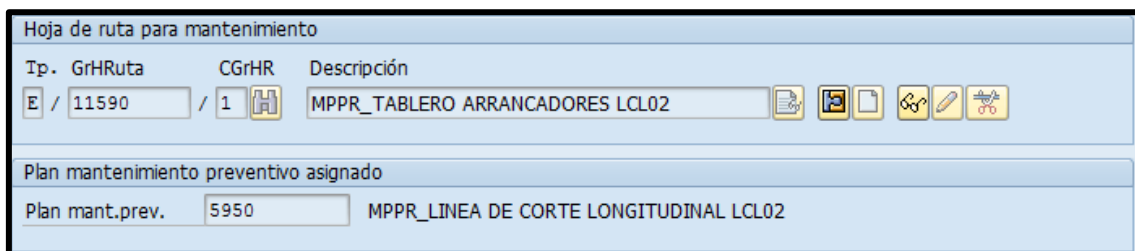
asociar una hoja de ruta a nuestro plan: **el Tipo de hoja de ruta** (E: tipo equipo, A: tipo instrucción o T: tipo ubicación técnica), el **Grupo** y **Contador**.

En nuestro trabajo los datos escogidos dependieron de los requerimientos de cada equipo, ejemplo: para los tableros de LCL02 se hizo una hoja de ruta de tipo: **E** con Grupo: **11590** y el número del contador que dependió de las hojas de ruta que tenía asociada el equipo, pero como es la primera automáticamente el sistema me lanza el número 1 como se ve en la Figura 17.

Otro dato que incluimos y con el que hay que tener especial cuidado es la **Descripción** de la hoja de ruta, ya que debe ser la misma descripción del plan.

Otra dato que se observa es el número de plan: **5950** que fue el que tomamos como base para crear este.

Una herramienta que puede ser útil en caso que no tengamos los suficientes datos para llenar los campos que requiere el asocie de la hoja de ruta al plan, puede ser dar clic en los **binoculares** y escoger una hoja de ruta que se acople a los requerimientos de nuestro plan.



Tp.	GrHRuta	CGrHR	Descripción
E /	11590	/ 1	MPPR_TABLERO ARRANCADORES LCL02

Plan mantenimiento preventivo asignado

Plan mant.prev.	5950	MPPR_LINEA DE CORTE LONGITUDINAL LCL02
-----------------	------	--

Figura 17. Asociación de hoja de ruta.

#### 4.4.4. Parámetros de programación

Seguido de llenar los datos de posición procedimos a diligenciar los datos de la **Cabecera del plan**, este paso se pudo completar ingresando a la pestaña de parámetros de programación la cual nos despliega una ventana que nos



muestra campos denominados: Tolerancia, Factor de decalaje, Factor de dilatación y Horizonte de apertura, todos realmente importantes para el lanzamiento del plan y que explico a continuación:

**Tolerancia:** tiene que ver con la fecha en la que queremos que se lance el plan nuevamente. A este campo se le asigna un porcentaje del tiempo del ciclo. Ejemplo: si mi ciclo es de 2 meses, y la **Tolerancia** es del **10%** quiere decir que la nueva fecha de lanzamiento de mi plan puede ser 6 días antes de que se cumpla el ciclo o 6 días después, ya que 6 días corresponden al 10% de los 60 días que dura mi ciclo. Se podrán contemplar campos como Tolerancia (+) y Tolerancia (-) esto se debe a que podemos anticiparnos o retrasarnos o ambas; en el lanzamiento.

**Factor de decalaje:** Este factor tiene que ver directamente con la tolerancia ya que si nos salimos de la tolerancia se activara el factor. Ejemplo: siguiendo con el mismo ciclo de 2 meses y una tolerancia (+) de 10%, una tolerancia (-) de 10%, un factor de decalaje de conclusión retrasada de 50% y un factor de decalaje de conclusión anticipada de 100%, y además la conclusión del mantenimiento se retrasa 2 días más de los 6 que corresponden a mi tolerancia permitida, tendría una activación de mi factor de decalaje de retraso. Lanzando mi próximo mantenimiento ya no a los 60 días como debía ser si no ahora con incluyendo el 50% de mis días de retraso ósea 4, quedando ahora para los 64 días después.

**Horizonte de apertura:** este tiene que ver con el estado de las órdenes de mantenimiento y me indica en que porcentaje de la fecha de la última aplicación quiero que se me abran las órdenes de mantenimiento.

**Factor de dilatación:** este puede ser usado en caso de queramos modificar la estrategia de mantenimiento (paquetes). Ejemplo si tenemos un plan que se ejecuta cada 6 meses y le ponemos un factor de dilatación de 2, ahora se me ejecutara cada 1 año.

**Intervalo de toma:** este me dice cuanto quiero que esté vigente mi plan de mantenimiento.

#### 4.5. CALENDARIOS DE MANTENIMIENTO

La correcta programación de las tareas de mantenimiento juega un papel muy importante en la labor de gestión, ya que a través de ella se puede dar un mejor manejo a los recursos, como el tiempo y por supuesto el dinero. Es por esta razón que para determinar la frecuencia de intervención de los equipos, recurrimos a un indicador de confiabilidad bastante usado en ingeniería, **tiempo promedio entre fallos (MTBF)** y que se calcula como lo establece la **Ecu.** Que usa los datos que analizados en apartados anteriores, como el tiempo efectivo y la cantidad de fallos ocurridos en ese tiempo, arrojándonos como resultados la siguiente información, que además puede ser comprendida de una mejor manera si analizamos la gráfica de la Figura 18.

$$MTBF = \frac{\sum \text{tiempo efectivo}}{n^{\circ} \text{ de fallas en el equipo}} \quad \text{Ecu. 6}$$

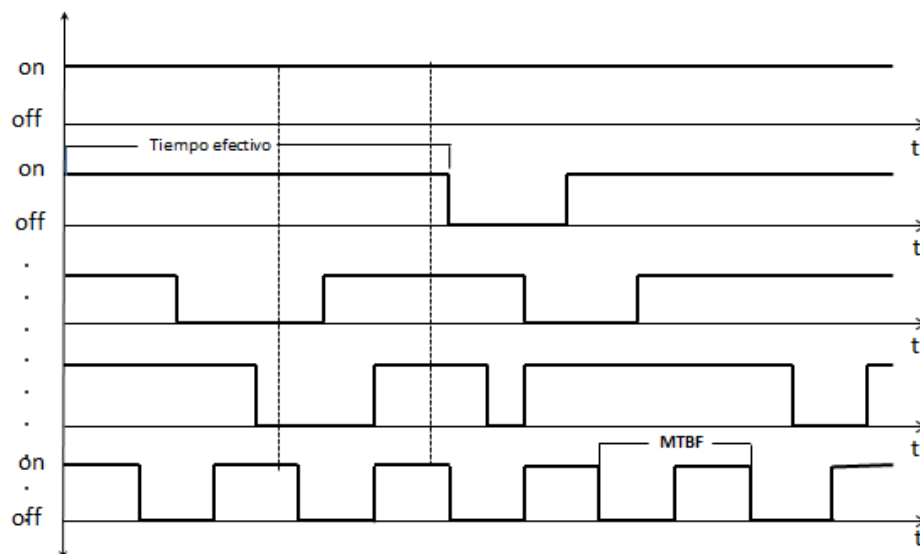


Figura 18. Diagrama de tiempos de los procesos

PROCESO	T.EFECTIVO (Primer Semestre 2015)	Horas de trabajo diarias	# DE FALLOS	MTBF (meses)
TUB02	602,902 Horas	8	1	3
TUB03	1.539,578 Horas	16	2	2
LCL02	420,454 Horas	8	1	2

Tabla 7. MTBF en los equipos

Con los valores de MTBF obtenidos en la Tabla 7 podemos establecer junto con las recomendaciones de los fabricantes, una frecuencia para la aplicación de nuestro plan de mantenimiento con la que teóricamente podamos anticiparnos a una eventual falla, mejorando así significativamente los tiempos de paradas causados por averías en los equipos en análisis.

Los siguientes son los calendarios que se han establecido para nuestro plan de mantenimiento, en ellos podemos ver que las actividades principales recomendadas a nivel ingenieril, por experiencia propia o por los fabricantes y/o proveedores fueron programadas según el tiempo promedio entre fallos y atendiendo la prioridad determinada por su nivel de criticidad. En estos calendarios las actividades rutinarias son programadas cada vez que hay cambio de referencia del producto, ya que estas tareas en su gran mayoría son solo de verificación visual.

**Lectura de los calendarios:**

Leyenda de Actividades	
Actividad (es) diaria (s) o Semanal (es)	
Actividad (es) Mensual (es)	
Actividad (es) Anual (es)	

Tabla 8. Como leer los calendarios

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**


	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE LAS LINEAS DE TUBERÍA ESTRUCTURAL Y CERRAMIENTOS EN LA EMPRESA ACESCO S.A.S.</b>																											
<b>Elaborado por: Vidal Zambrano</b>														<b>Fecha de Creación: 13/11/2015</b>														
<b>Tableros, Estaciones de mando, Filtro eliminador de Armónicos</b>																												
<b>Actividades/Semestres</b>	<b>Primer Semestre</b>																											
<b>Actividades/Meses</b>	<b>Enero</b>				<b>Febrero</b>				<b>Marzo</b>				<b>Abril</b>				<b>Mayo</b>				<b>Junio</b>							
<b>Actividades/Semanas</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>MTTO TABLEROS</b>																												
Inspección de la hermeticidad de la puerta de los armarios de los tableros																												
Limpieza general interna y externa de los tableros																												
Ajuste de conexiones y tornillería, si lo requiere																												
Verificar programación de PLC's y estado de los variadores de velocidad																												
Verificación de voltajes y corrientes																												
<b>MTTO ESTACIONES</b>																												
Verificar estado mecánico de los botones, pulsadores y selectores																												
Limpieza general interna y externa de las estaciones de mando																												
Verificar estado de las Pantallas HMI																												

Tabla 9. Calendario tableros y estaciones


	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE LAS LINEAS DE TUBERÍA ESTRUCTURAL Y CERRAMIENTOS EN LA EMPRESA ACESCO S.A.S.</b>																											
	<b>Elaborado por: Vidal Zambrano</b>														<b>Fecha de Creación: 13/11/2015</b>													
<b>Tableros, Estaciones de mando, Filtro eliminador de Armónicos</b>																												
<b>Actividades/Semestres</b>	<b>Primer Semestre</b>																											
<b>Actividades/Meses</b>	<b>Enero</b>				<b>Febrero</b>				<b>Marzo</b>				<b>Abril</b>				<b>Mayo</b>				<b>Junio</b>							
<b>Actividades/Semanas</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>MTTO ACCUSINE</b>																												
Verificación de alarmas																												
Verificación visual del estado de las conexiones de control y potencia																												
Verificar el estado de las tarjetas electrónicas																												
Limpieza general interna y externa de los tableros																												
Ajuste de conexiones y tornillería, si lo requiere																												
Test general (diodos) estados IGBT's																												
Verificación de voltajes y corrientes																												
Verificación de las protecciones eléctricas: fusibles, DPS																												

Tabla 10. Calendario filtro ACCUSINE

**4.5.1. Asignación de recursos según las operaciones**

Las asignaciones de tiempo que a continuación se hacen no son arbitrarias, se hacen basadas en el método de programación de actividades de mantenimiento CPM (método de la ruta crítica) Creado bajo la dirección de los ingenieros J. E. Kelly y M. R. Walker, el cual determina el tiempo de duración de cada tarea o actividad basado en la experiencia de ejecución de la actividad,

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

es decir se hace con base en la duraciones de tareas similares. Por tal motivo se tienen las siguientes asignaciones:

**1. Operaciones de limpieza externa e interna de gabinetes, ajuste de conexiones**

**Duración estimada = 1.5 horas**

Recurso humano = 2 personas

**2. Cambio de botones y contactares en las estaciones de mando**

**Duración estimada = 1 horas**

Recurso humano = 1 personas

**3. Medición de tensiones y corrientes**

**Duración estimada = 0.25 horas**

Recurso humano = 1 personas

**4. Verificaciones visuales de todo tipo**

**Duración estimada = 0.25 horas**

Recurso humano = 1 personas

**5. Controles operacionales ambientales**

**Duración estimada = 1 horas**

Recurso humano = 1 personas

Después de ver las estimaciones de tiempo y recursos humanos para las tareas planeadas, hay que hacer la salvedad que las actividades no se realizan simultáneamente, por esta razón el recurso humano podrá hacer más de una actividad.

#### 4.6. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Es el precio pagado por concepto de las acciones realizadas para conservar o restaurar un bien o un producto a un estado específico, estos costos son agrupados siempre en dos categorías, los costos directos de mantenimiento y los costos relacionados con las pérdidas de producción.

En la etapa de diseño de nuestro plan estimamos unos costos que están relacionados directamente con las operaciones de mantenimiento, como lo son: costos de materiales y repuestos, costos de personal y los servicios contratados; estos obviamente pertenecen a los costos directos de mantenimiento y fueron estimados como sigue:

##### **Materiales y repuestos**

Para determinar estos costos se tuvieron en cuenta los materiales que están asociados a los equipos involucrados en el plan, información que se obtuvo mediante el levantamiento y revisión de fichas técnicas. También se hizo una evaluación de los materiales requeridos para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

Materiales requeridos:

- Guantes de látex
- Limpiador 276 Chesterton cuñete
- Guante baqueta tipo ingeniero
- Toalla Wypall x 70 para limpieza
- Bolsa plástica negra para basura

En cuanto los **repuestos** lo ideal es tener a la mano todos aquellos componentes que poseen los equipos, es decir guardar un stock en el almacén de la empresa de cada uno de los elementos eléctricos, electrónicos y demás.

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

Pero en la estimación de costos para nuestro plan nos centramos en aquellos que a nivel histórico han representado una criticidad elevada, es decir aquellos componentes que tengan un crítico historial de fallos y aquellos que de pronto no han fallado pero aun así son críticos debido a otros factores.

**Costos de personal**

Estos costos están relacionados con los recursos humanos asignados para llevar a cabo las actividades de mantenimiento y que además es personal que corresponde a la nómina de la compañía.

**Servicios subcontratados**

Estos costos corresponden al pago del personal subcontratado por la empresa para realizar trabajos especializados. En este proyecto fueron tenidos en cuenta ya que hay actividades que requieren que sean tratadas por personal altamente calificado, lo es el caso del filtro ACCUSINE.

Sabiendo cuales son los costos que intervinieron en nuestro plan de mantenimiento, ya podemos dar a conocer cuánto es la cantidad estimada para cada uno de ellos, en la Tabla 11 se muestran estos valores.

	CONSUMO DE MATERIALES Y REPUESTOS	COSTOS DE PERSONAL	SERVICIOS CONTRATADOS	TOTAL [COP]
<b>Nuestro plan</b>	\$1.071.814,00	\$ 53.078,00	\$ 599.362,00	\$1.724.254,00
<b>Plan actual</b>	\$1.171.814,00	\$ 53.078,00	\$ 1.198.724,00	\$2.423.616,00

Tabla 11. Resumen de costos directos de mantenimiento



---

# 5.

# Análisis y Resultados

---

5.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	55
5.1.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	56
5.2.	EFFECTIVIDAD DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	59

## **5. RESULTADOS**

Después del diseño del plan de mantenimiento resulta muy importante revisar cuales son los posibles beneficios que adquiere la compañía con la implementación del mismo. Es por esto que en este capítulo haremos un análisis de los costos de mantenimiento y por su puesto de la efectividad que tendrá este proyecto.

### **5.1. ANÁLISIS DE COSTOS**

Para poder hacer un adecuado análisis de costos y poder tomar decisiones basadas en las estructura de los mismos, hay que tener presente que siempre lo más importante será minimizar dichos costos, es por esta razón se hace imprescindible conocer las dos categorías en la que se agrupan los costos de mantenimiento:

1. Los costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento, como son: mano de obra, de materiales, de repuestos, subcontratación, almacenamiento.
2. Los costos por pérdidas de producción a causa de las fallas de los equipos.

En el anterior capítulo se revisaron todos aquellos costos que pertenecen a la primera categoría, es decir aquellos costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento y que en ocasiones pueden ser menores si se garantiza la conservación de los equipos. Ahora en el siguiente apartado revisaremos los costos que corresponde a la segunda categoría que están determinados por las pérdidas de producción a causa de las fallas. Todo este análisis se hace con el fin poder comparar ambas categorías de costos y así visualizar cuales son los beneficios económicos si se decide implementar nuestro plan de mantenimiento en la compañía.

### 5.1.1. Cálculo de las pérdidas por paradas de producción en la empresa

Este valor se puede obtener de forma aproximada analizando algunos de los costos directos de producción que intervienen en cada uno de los procesos trabajados.

- **Costos por mano de obra**

Este se obtiene a partir de los datos proporcionados por las áreas de la empresa que se encargan de liquidación de los pagos de los trabajadores y/o operarios y se usan para estimar la ganancia de cada operario en la unidad de tiempo requerida.

- **Lucro cesante**

Es el dinero que deja de ganar la empresa si se detiene la producción en cualquiera de las líneas en mención y que además está directamente relacionado con la cantidad de material producido y el costo de los mismos.

### DATOS DEL AREA FINANCIERA

#### Línea De Corte Longitudinal dos (LCL02) cuenta con:

- Tres (3) operarios que ganan \$ 23.650 (COP) por cada hora laborada.
- Produce veintidós Toneladas cada hora (22T/h).
- Precio de cada tonelada producida \$ 800.000 (COP)

#### Molino De Tubos Dos (TUB02) cuenta con:

- Nueve (9) operarios que ganan \$ 72.430 (COP) por cada hora laborada.
- Produce veintiuna Toneladas cada hora (21T/h).
- Precio de cada tonelada producida \$ 1'860.000 (COP)

**Molino De Tubos Tres (TUB03) cuenta con:**

- Ocho (8) operarios que ganan \$ 68.540 (COP) por cada hora laborada
- Produce cuatro Toneladas cada hora (4T/h).
- Precio de cada tonelada producida \$ 2'160.000 (COP), Galvanizado.

Si tenemos en cuenta los datos anteriores podemos determinar aproximadamente cuánto deja de ganar la empresa si alguno de los procesos (LCL02, TUB02, TUB03) se detiene, esto se puede hacer realizando algunos cálculos como sigue:

- **Costos por mano de obra**

*Costos* × *Mano De Obra*    **Ecu. 7**

**LCL02**

$$3(\text{operarios}) \times 23.650 = 70.950$$

**TUB02**

$$9(\text{operarios}) \times 72.430 = 651.870$$

**TUB03**

$$8(\text{operarios}) \times 68.540 = 548.320$$

- **Lucro cesante**

$$\frac{\text{Toneladas}}{\text{hora}} \times \frac{\$(\text{precio})}{\text{Toneladas}} \times 16\% \quad \text{Ecu. 8}$$

**LCL02**

$$\frac{22 \text{ Ton}}{1 \text{ h}} \times \frac{\$ 800.000}{1 \text{ Ton}} \times 16\% \approx \$ 2'816.000/h$$

**TUB02**

$$\frac{21 \text{ Ton}}{1 \text{ h}} \times \frac{\$ 1'860.000}{1 \text{ Ton}} \times 16\% \approx \$ 6'249.600/h$$

**TUB03**

$$\frac{4 \text{ Ton}}{1 \text{ h}} \times \frac{\$ 2'160.000}{1 \text{ Ton}} \times 16\% \approx \$ 1'382.400/h$$

En conclusión se puede decir que la empresa está perdiendo por costos de mano de obra cada hora que deje de producir en las líneas LCL02, TUB02, TUB03, las siguientes cantidades:

**LCL02:** \$ 70.950 (COP)

**TUB02:** \$ 651.870 (COP)

**TUB03:** \$ 548.320 (COP)

Además por el mismo motivo se están dejando de ganar:

**LCL02:** \$ 2'816.000 (COP)

**TUB02:** \$ 6'249.600 (COP)

**TUB03:** \$ 1'382.400 (COP)

Si comparamos los costos de mantenimiento que implica el lanzamiento de nuestro plan (\$ 1.724.254 COP) con lo que se está dejando de ganar la empresa si cada línea llegase a parar solo una hora, podríamos concluir que la cifra de los costos de mantenimiento no son tan relevantes y que la inversión se puede recuperar solo reduciendo el tiempo de paradas de la línea.

## 5.2. EFECTIVIDAD DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

La Efectividad de las actividades de Mantenimiento estará determinada por las Estrategias de Mantenimiento, por la Gestión de Mantenimiento y las Buenas Prácticas. [11]

Antes de comenzar a hablar de efectividad es importante tener claros los siguientes conceptos:

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

**EFICACIA:** Capacidad de lograr los objetivos y metas programadas con los recursos disponibles en un tiempo predeterminado.

**EFICIENCIA:** Capacidad de alcanzar los objetivos y metas programadas con el mínimo de recursos disponibles y tiempo, logrando su optimización.

Teniendo claro ya los anteriores conceptos podemos definir lo que es **EFFECTIVIDAD** ya que este involucra eficiencia y eficacia, es decir, los logros de las metas trazadas en el tiempo programado y con los costos más razonables posibles. Esto me supone hacer lo correcto con una gran exactitud y sin ningún despilfarro de tiempo y dinero.

**5.2.1. Plan de mantenimiento usado actualmente por la empresa Vs. Nuestro plan de mantenimiento.**

En la Tabla 12 se aprecia que el área de producción de la empresa ha programado un tiempo (TPROGRAMADO) para llevar acabo la fabricación del producto, pero que dicho tiempo se ve afectado por el tiempo de paradas (TPARADAS), el cual incluye todo el tiempo que estuvo detenida la línea por causa de las averías, obteniendo así un tiempo efectivo (TEFFECTIVO). La relación de estos tiempos es la que me determinará el valor alcanzado por la línea, trabajando bajo las condiciones del plan de mantenimiento preventivo que cuenta.

PROCESO	TPARADA	TEFFECTIVO	TPROGRAMADO	TPR EN DÍAS	TPR EN MESES	RESULTADO ALCANZADO
TUB02	4.138 H	602,902 H	4.740,716 H	198	7	13%
TUB03	3.205 H	1.539,578 H	4.744,196 H	198	7	32%
LCL02	1.344 H	420,454 H	1.764,103 H	74	2	24%

Tabla 12. Resultado alcanzado con el plan de la empresa

Si miramos la situación en la que se encuentran las líneas de producción que estamos manejando vamos a darnos cuenta que tenemos unos índices muy bajos, es este el motivo que nos llevó a la tarea de elaborar un compromiso que se basa en ejercer las buenas prácticas de mantenimiento partiendo de

una excelente gestión, como se dijo al principio. En la Tabla 13 se puede ver claramente una columna con el nombre (%REDUCC), esta columna contiene el valor en términos de porcentaje de la reducción del **tiempo de parada** que nuestro plan está garantizando hacer si llega a ser aplicado.

Si reducimos los tiempos de paradas al 50%, como indica la tabla, obtendremos un nuevo tiempo efectivo mucho más significativo que el que se tiene, permitiéndome obtener mejores resultados.

PROCESO	% REDUCC	NTPAR	NTEFEC	TPROGRAMADO	TPR EN DÍAS	TPR EN MESES	RESULTADO ESPERADO
TUB02	50%	2.069 H	2.671,809 H	4.740,716 H	198	7	56%
TUB03	50%	1.602 H	3.141,887 H	4.744,196 H	198	7	66%
LCL02	50%	672 H	1.092,278 H	1.764,103 H	74	2	62%

Tabla 13. Resultados esperados con nuestro plan de mantenimiento.

El gráfico de la Figura 19 nos permite ver de forma más clara lo que verdaderamente significa reducir en un 50% las paradas.

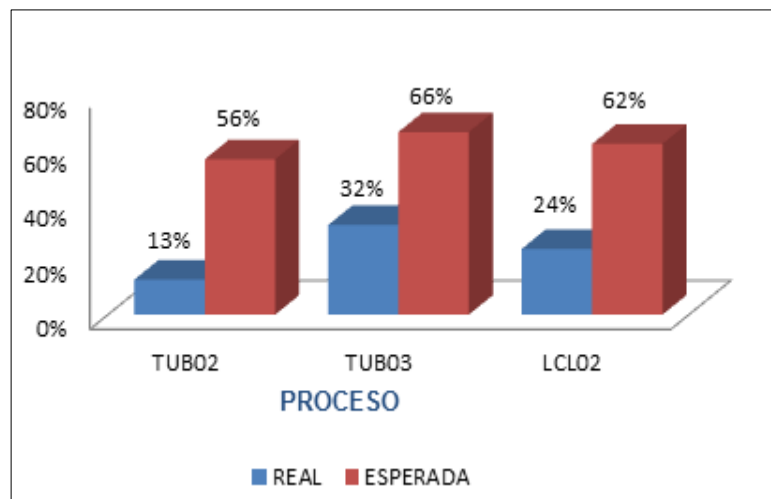


Figura 19. Reducción del tiempo de paradas al 50%.

### 5.2.2. Calculo de la efectividad de nuestro plan

Teniendo claro cuáles son los resultados, los costos y los tiempos ya podemos hacer una medida más objetiva del indicador de efectividad de nuestro plan de mantenimiento. Esta labor la realizamos usando las herramientas matemáticas que apreciamos en la Tabla 13.

EFICACIA		EFICIENCIA		EFFECTIVIDAD
RA / RE		$\frac{(RA / CA * TA)}{(RE / CE * TE)}$		$\frac{\left( \begin{array}{c} \text{Puntaje eficiencia} \\ + \\ \text{Puntaje eficacia} \end{array} \right)}{2}$ Máximo puntaje
RANGOS	PUNTOS	RANGOS	PUNTOS	La efectividad se expresa en porcentaje (%)
0 – 20%	0	Muy eficiente > 1	5	
21 – 40%	1			
41 – 60%	2	Eficiente = 1	3	
61 – 80%	3			
81 – 90%	4	Ineficiente < 1	1	
>91%	5			

Tabla 14. Fórmulas para medir la efectividad [11]

Donde: R = resultado, C = coste, T = tiempo, A = alcanzado, E = esperado.

Por lo tanto si aplicamos las operaciones matemáticas correspondientes obtenemos los siguientes resultados:

	EFICACIA	EFICIENCIA	EFFECTIVIDAD
<b>TUB02</b>	56%	1,57	70%
<b>TUB03</b>	66%	1,85	80%
<b>LCL02</b>	62%	1,74	80%

Tabla 15. Efectividad del plan de mantenimiento propuesto



Revisando la Tabla 15 lo más lógico es preguntarse ¿de donde salen todos esos valores?, pues la respuesta es sencilla, los valores de la columna **eficacia** son consecuencia de relacionar el resultado alcanzado al bajar los tiempos de paradas de los equipos con el resultado esperado que ha de ser el 100% para el mejor caso, la **eficiencia** relaciona los mismos valores solo que esta vez entra en juego el tiempo que se requiere para cumplir la meta del y el costo del mantenimiento.

### 5.3. Recomendaciones

El resultado del presente trabajo, representa un aspecto importante para el mejoramiento de la calidad de la Gestión de Mantenimiento en la empresa ACESCO S.A.S. por ello se recomienda:

- Implementar el Sistema de Gestión de Mantenimiento propuesto en este documento al momento de realizar cualquier procedimiento, actividad o tarea de mantenimiento preventivo.
- Mejorar el diligenciamiento de fichas técnicas y demás formatos de gestión de datos, con el objetivo que el manejo y consulta de la información sea mucho más clara y completa al momento de ser requerida para la gestión del mantenimiento.
- Estandarizar los diferentes planes de mantenimiento.
- Crear programas para capacitar al personal en el manejo de los indicadores y en el análisis con enfoque estadístico, donde además se incentive a incrementar el uso del mantenimiento preventivo, ya que este garantiza la reducción de los malos funcionamientos y la severidad de los mismos.
- Evaluar periódicamente el desempeño de los procesos con sus respectivos planes de mantenimiento utilizando los indicadores planteados.

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos de las líneas de tubería estructural y cerramientos en la empresa ACESCO S. A .S.**

- Hay que decir que la empresa no cuenta con un correcto sistema de codificación de equipos, ya que tiene uno que trata de un número que solo nos da información del activo si dicho número es introducido en el sistema de información SAP a través de un ordenador. Por este motivo se recomienda revisar la norma **ANSI / ISA S 5.1** que dice como debe ser la marcación correcta de estos elementos.

**6.**

---

# Conclusiones

---

6. CONCLUSIONES FINALES.....66  
BIBLIOGRAFÍA.....67

## **6. CONCLUSIONES FINALES**

El mantenimiento preventivo se diseñó de acuerdo a las necesidades de la empresa, la cual cuenta con el sistema de información SAP que permite llevar un registro detallado de las actividades, material, repuestos, tiempo empleado y costos de la ejecución del mantenimiento.

En la elaboración del plan de mantenimiento se presentaron varios inconvenientes por la falta de documentación de los equipos que al ser de procedencia extranjera y ensamblados en la empresa según las necesidades propias, carecen de estas, además la falta de disponibilidad de los equipos para tomar la lectura de referencias o datos técnicos que nos llevaran al conocimiento profundo de sus estructuras y así lograr una mejor planeación del mantenimiento.

Se pudo ver que la empresa cuenta con planes de mantenimiento estandarizados para ciertos equipos, lo es el caso de los sensores y otros dispositivos electrónicos que son intervenidos según un plan que es aplicable para todas las líneas de proceso de la compañía y que no ha sido cambiado gracias a sus notables resultados.

Trabajamos de la mano con el departamento de producción de la empresa, Área que en líneas de proceso TUB02 y TUB03 tiene programadas unas paradas para hacer cambio de referencias de tubos, fue allí donde se aprovechó para agendar algunas de las actividades del plan y contribuir al aumento de un indicador de disponibilidad.

El análisis de los indicadores de mantenimiento es un factor fundamental para poder establecer los beneficios de que nuestros mantenimientos sean en un porcentaje alto preventivos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] M. B. M. Abella, *Mantenimiento Industrial*. 2010.
- [2] G. Antu, "PREVENTIVO PARA LA EMPRESA," 2011.
- [3] L. A. Cuartas, "¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO?," pp. 1–11, 2008.
- [4] V. Villanueva, "Tipos de Mantenimiento Industrial - Blog Logística y Producción," 2012.
- [5] L. Amendola and D. Ph, "Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento," pp. 1–4, 2008.
- [6] John Carlos Castro Beltrán Jesús Heli Pinzón Camargo, "PROTOTIPO DE GESTIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO LÍNEA 9 DE ENVASADO TBA9 / 250 CC EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA," Universidad Industrial De Santander, 2007.
- [7] E. Nieto, "Cómo implantar un programa de mantenimiento preventivo industrial," 2011.
- [8] I. J. T. Astros, "El sistema SAP," pp. 1–7, 2015.
- [9] C. Cellulosa, "GESTIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO." 2008.
- [10] E. Marcelo and C. Álvarez, "Proceso de Codificación de Equipos y Aplicación del Sistema SAP en la Gestión del Mantenimiento en Ampliación de la Planta Arauco Remanufactura Tres," 2006.
- [11] Carlos Mejía C, "Indicadores de efectividad y eficacia", 2009