



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO Y CORRECTIVO CON EL USO DE  
INTERFACES GRÁFICAS CON SOFTWARE”**

**ALTAMIRANO TRUJILLO EDWIN BYRON  
TUQUINGA SAGÑAY NELSON IVÁN**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2013**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-02-15

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**ALTAMIRANO TRUJILLO EDWIN BYRON**

---

Titulada:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO CON EL USO DE INTERFACES GRÁFICAS CON SOFTWARE.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Edwin Cuadrado.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Rodrigo Diaz.  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ALTAMIRANO TRUJILLO EDWIN BYRON

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO CON EL USO DE INTERFACES GRÁFICAS CON SOFTWARE”

**Fecha de Examinación:** 2013-09-27

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Edwin Cuadrado. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Rodrigo Diaz. ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
f) Presidente del Tribunal

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-02-15

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**TUQUINGA SAGÑAY NELSON IVÁN**

---

Titulada:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO CON EL USO DE INTERFACES GRÁFICAS CON SOFTWARE”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

---

Ing. Edwin Cuadrado.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Rodrigo Diaz.  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** TUQUINGA SAGÑAY NELSON IVÁN

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO CON EL USO DE INTERFACES GRÁFICAS CON SOFTWARE.”

**Fecha de Examinación:** 2013-09-27

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Edwin Cuadrado. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Rodrigo Diaz. ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_

f) Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Altamirano Trujillo Edwin Byron

---

Tuquinga Sagñay Nelson Iván

## RESUMEN

El diseño de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo con el uso de interfaces gráficas con software está basado en el requerimiento del sector empresarial dedicado al mantenimiento que tiene como finalidad principal realizar un mantenimiento efectivo, minimizando tiempos y costos.

El proceso investigativo previo para determinar la funcionalidad y las características del software se fundamenta en los principios y tendencias actuales del mantenimiento industrial, de herramientas similares, referencias bibliográficas y experiencias multidisciplinarias.

Como resultado de esta investigación este sistema gráfico se encuentra estructurado de la siguiente manera: un sistema basado en Java y MySQL ambas de uso libre, interface gráfica amigable con el usuario, una ventana de inicio con usuarios predefinidos, ocho menús que a su vez contienen diecinueve submenús.

Para mejor funcionabilidad de la interfaz se tomó en cuenta, el ingreso eficiente de los registros en la base de datos de MySQL así como también el manejo de los planes de mantenimiento, las órdenes de trabajo y los reportes.

Este sistema gráfico es una herramienta de código libre y su uso está enfocado principalmente a la gestión del mantenimiento, pero puede ser modificado en cualquiera de sus formas y clases, además de poder ser usado en múltiples sistemas operativos.

En conclusión se ha creado una interfaz gráfica, de uso libre, personalizable en cualquiera de sus formas y clases, capaz de competir con cualquier otro en su tipo, de posibilidades ilimitadas, una herramienta gráfica de gran beneficio para el profesional dedicado al mantenimiento industrial.

## **ABSTRACT**

The design of a system of corrective, preventive maintenance with the use of graphical interphases with software is based on the requirement of the managerial sector devoted to the maintenance which has as its aim to perform an effective maintenance minimizing both the time and the costs.

The previous research process necessary to determine the functionality and the software characteristics is founded on the present principles and tendencies of the industrial maintenance, the similarity tools, bibliographic references and multidisciplinary experiences.

As a result, this graphic system is built in the following way: a system based on Java and MySQL both of free use, friendly graphical interphase with the user, a beginning window with predetermined users, eight menus that, at the same time, contain nineteen submenus.

For better functionality of the interphase both the efficient incoming of the registers in the database of MySQL and the handling of the maintenance plans, the work orders, and reports were taken into account.

This graphics system is a tool of free code and its use is focused on the maintenance management mainly, but it can be modified in any of its forms and classes or be used in multiple operative systems.

In conclusion, a free-use graphic interphase has been create, personalized in any of its forms and classes, being able to contest with any other of this type, of numberless possibilities, a graphic tool of a great benefit for the professional devoted to the industrial maintenance.



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme llegara este punto de mi vida, a mis padres Luis Altamirano y Tereza Trujillo por confiar en mi todos estos años, no me alcanzara la vida para pagarles todo lo que me han dado, a mi esposa e hijo Katty Luis por ser lo que mueve mi vida, a toda mi familia Javier Paty Sarita Luchin gracias hermanos por todo. A la familia Espin Reinoso Sr. Francisco Sra. Martita Danilo Edgar Sra. Nelicita gracias por acogerme en su hogar. A la familia Villavicencio Cordova Sr. Segundo Sra. Lupita William Ramiro Pablo Diana Antoni nunca olvidare su ayuda y concejos.

Y mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por darnos la oportunidad de obtener una profesión y así poder ser personas útiles para la sociedad.

**Altamirano Trujillo Edwin Byron**

A Dios por nunca abandonarnos y darnos esa buena sabiduría para lograr mis metas y sueños, a mis padres, hermana, a mi esposa en especial a mi hija quienes han sido mi apoyo y mi soporte para cumplir mis sueños y mis metas, a todos mis amigos que han sido un apoyo para seguir adelante y poder realizarme como profesional.

Expresar el sentimiento de gratitud y reconocimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, a la Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, a todos sus Docentes y en especial a mis profesores Ing. Edwin Cuadrado DIRECTOR DE TESIS, al Ing. Rodrigo Diaz ASESOR, maestros que con dedicación nos brindaron sus conocimientos.

**Tuquina Sagñay Nelson Iván**

## **DEDICATORIA**

Deseo dedicar este proyecto a una persona que me enseñó el valor del trabajo y la sabiduría del tiempo a mi querido abuelo Celiano Altamirano te extrañamos y recordamos.

A mi esposa A. Katherine Espin por ser mi compañera y apoyo, a mi hijo Luis Altamirano por regalarme la fuerza para seguir adelante.

A mis padres y hermanos quienes con humildad, sacrificio y dedicación han hecho posible que alcance una meta muy importante en mi vida.

**Altamirano Trujillo Edwin Byron**

La presente Tesis quiero dedicar con mucho cariño y amor a toda mi familia en especial a mi esposa e hija, a mis padres y hermana por brindarme los recursos necesarios para poder culminar esta profesión y estar a mi lado apoyándome y aconsejando siempre, ese apoyo incondicional que estuvieron ahí dándome aliento en las buenas y malas, para darme un mejor futuro.

**Tuquinga Sagñay Nelson Iván**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Situación del problema.....	2
1.2 Antecedentes .....	2
1.3 Justificación técnica económica .....	3
1.3.1 <i>Justificación técnica</i> .....	3
1.3.2 <i>Justificación económica</i> .....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 <i>General</i> .....	4
1.4.2 <i>Específicos</i> .....	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Mantenimiento .....	5
2.1.1 <i>Evolución del mantenimiento</i> .....	5
2.1.2 <i>El mantenimiento y la sociedad</i> .....	7
2.1.3 <i>Objetivos del mantenimiento</i> .....	8
2.1.3.1 <i>Máxima producción</i> .....	8
2.1.3.2 <i>Mínimo costo</i> .....	8
2.1.3.3 <i>Calidad requerida</i> .....	9
2.1.3.4 <i>Conservación de la energía</i> .....	9
2.1.3.5 <i>Conservación del medio ambiente</i> .....	9
2.1.3.6 <i>Higiene y seguridad</i> .....	9
2.1.3.7 <i>Implicación del personal</i> .....	9
2.1.4 <i>Tipos de mantenimiento</i> .....	9
2.1.4.1 <i>El mantenimiento reactivo</i> .....	10
2.1.4.2 <i>El mantenimiento proactivo</i> .....	10
2.1.5 <i>Mantenimiento correctivo</i> .....	11
2.1.5.1 <i>Ventajas</i> .....	11
2.1.5.2 <i>Desventajas</i> .....	12
2.1.6 <i>Mantenimiento preventivo</i> .....	12
2.1.6.1 <i>Ventajas</i> .....	13
2.1.6.2 <i>Desventajas</i> .....	13
2.1.7 <i>Mantenimiento predictivo</i> .....	13
2.1.7.1 <i>Ventajas</i> .....	14
2.1.7.2 <i>Desventajas</i> .....	15
2.1.8 <i>Confiabledad operacional</i> .....	15
2.1.9 <i>Mantenimiento productivo total</i> .....	16
2.1.9.1 <i>Implementación del TPM</i> .....	17
2.1.10 <i>Estrategia de las 5S</i> .....	18
2.1.10.1 <i>Seiri, ordenamiento o acomodo</i> .....	19
2.1.10.2 <i>Seiton, todo en su lugar</i> .....	20
2.1.10.3 <i>Seiso, que brille</i> .....	21
2.1.10.4 <i>Seiketsu, estandarizar</i> .....	22
2.1.10.5 <i>Shitsuke, sostener</i> .....	23
2.1.11 <i>PAS 5S</i> .....	24

2.1.11.1	<i>Requerimientos de la PAS 55</i> .....	24
2.1.11.2	<i>Los siete elementos de una buena gestión cubiertos por PAS 55</i> .....	26
2.1.12	<i>Mantenimiento basado en la condición</i> .....	26
2.1.13	<i>Mantenimiento centrado en confiabilidad</i> .....	27
2.1.14	<i>Fallas</i> .....	28
2.1.14.1	<i>Curva de la bañera o de Davies</i> .....	28
2.1.14.2	<i>Tiempo medio entre fallas</i> .....	31
2.1.14.3	<i>Tiempo medio para reparación</i> .....	32
2.1.14.4	<i>Disponibilidad</i> .....	32
2.1.14.5	<i>Confiabilidad</i> .....	32
2.1.14.6	<i>Localización de fallas</i> .....	32
2.1.14.7	<i>Análisis de modos y efectos de falla</i> .....	33
2.1.14.8	<i>Análisis causa raíz</i> .....	34
2.1.14.9	<i>Inspección basada en riesgos</i> .....	36
2.1.15	<i>Análisis costo riesgo beneficio</i> .....	37
2.1.16	<i>Valor añadido del mantenimiento</i> .....	39
2.2	<i>Programación orientada a objetos</i> .....	39
2.2.1	<i>Lenguajes de programación</i> .....	40
2.2.2	<i>Tipos de lenguajes de programación</i> .....	41
2.2.2.1	<i>Lenguajes de bajo nivel</i> .....	42
2.2.2.2	<i>Lenguajes de alto nivel</i> .....	42
2.2.3	<i>Lenguajes orientados a objetos</i> .....	43
2.2.3.1	<i>C++</i> .....	44
2.2.3.2	<i>Visual Basic.NET</i> .....	47
2.2.3.3	<i>Java</i> .....	49
2.2.4	<i>Selección del lenguaje de programación más idóneo</i> .....	52
2.2.5	<i>Java</i> .....	53
2.2.5.1	<i>El entorno de desarrollo de Java</i> .....	55
2.2.5.2	<i>El compilador de Java</i> .....	56
2.2.5.3	<i>La Java Virtual Machine</i> .....	56
2.2.5.4	<i>Aplicaciones</i> .....	57
2.3	<i>Interfaz gráfica</i> .....	59
2.3.1	<i>Características básicas de una GUI</i> .....	59
2.3.2	<i>Tipos de GUI</i> .....	60
2.3.2.1	<i>GUI e interfaz de enfoque del usuario</i> .....	60
2.3.2.2	<i>Interfaz de usuario de pantalla táctil</i> .....	61
2.3.2.3	<i>Interfaz natural de usuario</i> .....	62
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SOFTWARE DE MANTENIMIENTO EXISTENTES</b>	
3.1	<i>Historia del software de mantenimiento</i> .....	63
3.2	<i>Gestión de mantenimiento asistido por computadora</i> .....	63
3.3	<i>Tipos de CMMS</i> .....	64
3.3.1	<i>CMMS de escritorio</i> .....	64
3.3.2	<i>CMMS en red</i> .....	64
3.3.3	<i>CMMS en nube</i> .....	65
3.4	<i>CMMS existentes en el mercado</i> .....	66
3.4.1	<i>MP</i> .....	66
3.4.1.1	<i>Alcances del MP</i> .....	68
3.4.1.2	<i>Sectores de aplicación del MP</i> .....	72

3.4.1.3	<i>Requerimientos de hardware del MP</i> .....	72
3.4.2	<i>SAMM</i> .....	73
3.4.2.1	<i>Alcances del SAMM</i> .....	74
3.4.2.2	<i>Sectores de aplicación del SAMM</i> .....	76
3.4.2.3	<i>Requerimiento de hardware del SAMM</i> .....	76
3.4.3	<i>PROTEUS</i> .....	77
3.4.3.1	<i>Alcances del PROTEUS</i> .....	78
3.4.3.2	<i>Sectores de aplicación del PROTEUS</i> .....	79
3.4.3.3	<i>Requerimiento de hardware del PROTEUS</i> .....	79
3.5	<i>Síntesis de los CMMS</i> .....	80
3.5.1	<i>Análisis de las cualidades de los CMMS</i> .....	81
3.5.2	<i>Propuesta de un CMMS de código libre</i> .....	82
<b>4.</b>	<b>DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE</b>	
4.1	<i>Políticas de uso</i> .....	84
4.2	<i>Tendencias actuales en la ingeniería de software</i> .....	84
4.2.1	<i>Aspectos</i> .....	84
4.2.2	<i>Ágil</i> .....	84
4.2.3	<i>Experimental</i> .....	85
4.2.4	<i>Model driven</i> .....	85
4.2.5	<i>Líneas de productos de software</i> .....	85
4.3	<i>Funciones del software</i> .....	85
4.4	<i>Narración descriptiva del software</i> .....	86
4.5	<i>Análisis de requerimientos</i> .....	86
4.5.1	<i>Requerimientos de hardware</i> .....	87
4.5.2	<i>Requerimientos de software</i> .....	87
4.6	<i>Diseño</i> .....	87
4.6.1	<i>Diagrama de flujo de datos</i> .....	87
4.6.1.1	<i>Diagrama de ingreso al software</i> .....	87
4.6.1.2	<i>Diagrama de ingreso de datos</i> .....	88
4.6.1.3	<i>Diagrama de visualización de datos</i> .....	89
4.6.2	<i>Diseño de base de datos</i> .....	89
4.6.3	<i>Diseño de la presentación del software</i> .....	91
4.6.3.1	<i>Ingreso al sistema</i> .....	91
4.6.3.2	<i>Ventana principal</i> .....	91
4.6.3.3	<i>Menú archivo</i> .....	92
4.6.3.4	<i>Menú catálogos</i> .....	95
4.6.3.5	<i>Menú planes</i> .....	98
4.6.3.6	<i>Menú órdenes</i> .....	99
4.6.3.7	<i>Menú reportes</i> .....	102
4.6.3.8	<i>Menú utilidades</i> .....	102
4.6.3.9	<i>Menú bitácora</i> .....	103
4.6.3.10	<i>Menú ayuda</i> .....	103
4.7	<i>Programación del sistema</i> .....	104
4.8	<i>Técnicas de programación</i> .....	104
4.9	<i>Herramientas utilizadas</i> .....	104
4.9.1	<i>Java</i> .....	104
4.9.2	<i>MySQL</i> .....	105
4.9.3	<i>NetBeans</i> .....	105
4.9.4	<i>JasperReports</i> .....	105

4.9.5	<i>iReport</i> .....	106
4.9.6	<i>WorkBench</i> .....	106
4.9.7	<i>Launch4j</i> .....	107
4.10	Tutorial.....	107
4.11	Pruebas.....	108

## **5. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO**

5.1	Introducción.....	110
5.2	Costos.....	110
5.2.1	<i>Costos directos</i> .....	111
5.2.1.1	<i>Costo de materiales</i> .....	111
5.2.1.2	<i>Costos de mano de obra</i> .....	111
5.2.1.3	<i>Costos de equipos y herramientas</i> .....	111
5.2.1.4	<i>Costos total directo</i> .....	112
5.2.2	<i>Costos indirectos</i> .....	112
5.2.3	<i>Costos totales</i> .....	113
5.2.4	<i>Análisis FODA del proyecto</i> .....	113
5.2.4.1	<i>Fortalezas</i> .....	113
5.2.4.2	<i>Debilidades</i> .....	113
5.2.4.3	<i>Oportunidades</i> .....	114
5.2.4.4	<i>Amenazas</i> .....	114

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones.....	115
6.2	Recomendaciones.....	116

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
1	Requerimientos de hardware.....	74
2	Requerimiento de hardware.....	78
3	Requerimiento de hardware.....	81
4	Usuarios por defecto.....	88
5	Pruebas del software.....	110
6	Costo de materiales.....	112
7	Costo de mano de obra.....	112
8	Costo de equipos y herramientas.....	112
9	Costo total directo.....	113
10	Costos indirectos.....	113
11	Costos totales.....	114

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
1	Evolución del mantenimiento.....	6
2	Confiabilidad operacional.....	16
3	Estructura del TPM.....	17
4	Las 5S.....	19
5	Seiri.....	20
6	Seiton.....	21
7	Seiso.....	22
8	Seiketsu.....	23
9	Shitsuke.....	24
10	Estructura de la PAS 55.....	26
11	Mantenimiento basado en la condición.....	28
12	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	29
13	Curva de bañera o de Davies.....	30
14	Curva de Davies, acciones y tácticas adecuadas, acorde al valor de Beta	32
15	Árbol lógico de fallas.....	36
16	Matriz para evaluar riesgo.....	38
17	Curva de costos o impacto total.....	40
18	Logo de C++.....	47
19	Logo de Visual Basic.NET.....	49
20	Logo de Java.....	51
21	Plataforma de Java.....	56
22	Interfaz de enfoque del usuario.....	62
23	Interfaz de usuario de pantalla táctil.....	63
24	Interfaz natural de usuario.....	63
25	Sistema de escritorio.....	65
26	Sistema en red.....	66
27	Sistema en nube.....	67
28	MP.....	69
29	SAMM.....	75
30	PROTEUS.....	79



	<b>Pág.</b>
31	Diagrama de flujo de ingreso al software..... 89
32	Diagrama de flujo de ingreso de datos..... 89
33	Diagrama de flujo de la visualización de datos..... 90
34	Diagrama de la base de datos..... 91
35	Ventana de petición de usuario y password..... 92
36	Ventana de menú principal..... 93
37	Submenú usuarios..... 94
38	Submenú procesos..... 95
39	Submenú parámetros..... 96
40	Submenú salir..... 96
41	Submenú personal..... 97
42	Submenú equipos..... 98
43	Submenú planes de mantenimiento..... 99
44	Submenú empresas..... 100
45	Submenú generar ot..... 101
46	Submenú imprimir ot..... 102
47	Menú reportes..... 103
48	Submenú respaldar restaurar..... 103
49	Submenú bitácora..... 104
50	Submenú acerca de..... 104
51	Java..... 105
52	MySQL..... 106
53	NetBeans..... 106
54	JasperReports..... 107
55	IReport..... 107
56	WorkBench..... 108
57	Launch4j..... 108
58	Blog..... 109
59	Canal de YouTube..... 109

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

<b>SAE</b>	Sociedad de Ingenieros Automotrices.
<b>JIPM</b>	Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas.
<b>API</b>	Instituto Americano del Petróleo.
<b>EFNMS</b>	Federación Europea de Sociedades Nacionales de Mantenimiento.
<b>BSI</b>	Instituto de Estandarización Británico.

## SIMBOLOGÍA

<b>TMEF</b>	Tiempo medio entre fallas.	hrs
<b>TDT</b>	Total de días transcurridos.	d
<b>TC</b>	Trabajos correctivos.	
<b>TMPR</b>	Tiempo medio para reparación.	hrs
<b>TTC</b>	Tiempo de trabajos correctivos.	hrs
<b>TCR</b>	Trabajos correctivos realizados.	
<b>DI</b>	Disponibilidad.	%
<b>TM</b>	Tiempo muerto.	hrs
<b>CO</b>	Confiabilidad.	%

## **LISTA DE ANEXOS**

- A**      Ordenes de trabajo.
- B**      Reportes de equipos.
- C**      Reportes de órdenes de trabajo.
- D**      Reporte de personal.
- E**      Reporte de los planes de mantenimiento.
- F**      Reporte de los procesos del sistema.
- G**      Reporte de los usuarios del sistema.
- H**      Reporte de la bitácora.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años de historia del mantenimiento se produjeron cambios que, a la vista de cualquier persona, son poco menos que impresionantes. Lamentablemente suele adjudicarse tal evolución casi exclusivamente al avance tecnológico. Si bien es innegable que la tecnología ha mejorado las herramientas de diagnóstico y la mantenibilidad, por mencionar algo, lo cierto es que también hubo una evolución trascendental en cuanto a la filosofía de gestionar las fallas. Hay nuevos métodos de producción y de gestión de activos, pero también hay una nueva concepción del rol de las personas, su bienestar y su calidad de vida. (A.C.A, 2013)

Tradicionalmente, en los ámbitos tecnológicos, las personas valían por lo que sabían; hoy, no es tan importante lo que saben sino lo que son capaces de hacer. El compromiso, la dedicación y la voluntad se valoran más que el conocimiento. Los métodos de aprendizaje y transmisión de la información han evolucionado; la figura de jefe y subordinado, también.

Sería injusto, entonces, suponer que sólo el avance tecnológico mejora el desempeño de una máquina; de hecho, muchas herramientas conocidas de gestión como TPM, CBM, RCM, etc. Requieren dedicación y compromiso de la gente; y más, muchos de los fracasos en la aplicación de dichas técnicas se producen por falta de liderazgo, dedicación, compromiso, solidaridad y voluntad. El factor humano en la gestión de activos tiene, pues, la máxima importancia.

Pero gracias a todos estos avances tecnológicos que ha sufrido nuestro mundo es que hoy por podemos contar con sistemas CMMS, que son una herramienta fundamental para la aplicación de planes de mantenimiento industrial, que además se han vuelto indispensables en el uso cotidiano al desarrollar los sistemas de mantenimiento en la industria.

## **1.1 Situación del problema**

Los sistemas de gestión de mantenimiento asistidos por computadora son numerosos en el mercado, muchos de ellos de excelente desarrollo, uno de los problemas es que la gran mayoría está en inglés y su uso está restringido por licencias. Siendo las licencias el gran problema por su excesivo costo e incluso en muchos de ellos restringiendo su uso a un número específico de módulos.

De ahí surge la idea de crear un sistema moderno, eficiente, amigable con el usuario y lo más importante de código libre, que sea capaz de ser usado en la industria sin ningún tipo de restricción, además de poder ser modificado por los usuarios, con lo que se desea que el software en si sea tan versátil como el tipo de usuario.

## **1.2 Antecedentes**

Desde la creación de la primera máquina la rueda, paralela a este avance se dio la necesidad del mantenimiento creando así una mutua necesidad de máquina-mantenimiento para su correcto funcionamiento y una vida útil prolongada.

Hoy en día esta relación no ha cambiado, el mantenimiento en la industria sigue siendo uno de los pilares más importantes, pero su elaboración y ejecución han sufrido cambios importantes y más aún al llegar a este siglo donde todo sigue modernizándose hacia la automatización de los procesos.

Aunque nunca se dejara de tener la iteración entre hombre y su entorno de trabajo, la elaboración de los planes de trabajo, la obtención de datos y la gestión de mantenimiento se ha modernizado al uso de interfaces gráficas y sistemas inteligentes con lo que se toma decisiones rápidas y acertadas.

Por lo tanto se propone el diseño de una interfaz gráfica y de fácil uso para el mantenimiento preventivo y correctivo, su diseño se realizara en base a los últimos estudios en mantenimiento además para su programación se tomara en cuenta lo último en lenguajes de alto nivel, con eso se desea desarrollar un software libre capaz de adaptarse a una diversidad de entornos de trabajo según sea la necesidad del usuario.

### **1.3 Justificación técnica económica**

El proyecto diseño de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo con el uso de interfaces gráficas con software presenta las siguientes justificaciones.

**1.3.1 Justificación técnica.** El presente proyecto pretende evitar la pérdida innecesaria de recursos y mejorar la eficiencia de estos, al tener una herramienta que controle su uso y desempeño. Además de prevenir la toma de decisiones inciertas cuando se trata de un overhauls lo que produce grandes pérdidas y aún más cuando se produce un shutdown y si no existen estaciones en standby puede dar como resultado la para por completo de la producción.

Para la elaboración de este proyecto se tomara en consideración muchos factores que den viabilidad a los requerimiento, pues la necesidad que existente en el mercado justifica los medios, el proyecto puede encontrar un sector fértil para el desarrollo de la industrial dentro del campo de la producción como del de servicios tanto para la provincia como para el país e incluso a nivel internacional.

Pero mi principal impulsó para el desarrollo de este proyecto es brindar una herramienta a todos los estudiantes de ingeniería mecánica y afines que sea gratuita de una gran calidad además de que tengan la posibilidad de modificar según sean sus necesidades.

**1.3.2 Justificación económica.** La implementación de este sistema de mantenimiento con el uso de interfaces graficas supone una alternativa económica viable para las industrias, puesto que no estará sometida al monopolio de las grandes industrias del software que están fuera del país, siendo ellos quienes imponen el precio lo que acárese e incluso evita el uso de una herramienta de punta para la realización del mantenimiento, dado que las industrias medias y pequeñas no pueden pagar las licencias de software usados para mantenimiento, observando esta necesidad se decide o propone crear un software libre para que su uso no sea restringido ni controlado.

## **1.4      Objetivos**

**1.4.1    *General.*** Diseñar un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo con el uso de interfaces gráficas con software.

### **1.4.2    *Específicos***

Identificar y desarrollar un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo actual y moderno.

Diseñar y programar un software para mantenimiento.

Desarrollar un tutorial para el software.

Realizar un análisis costo beneficio del proyecto.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Mantenimiento

El mantenimiento es la optimización de los recursos que intervienen en la producción, con el menor costo posible y asegurando que su vida útil sea rentable y eficiente.

Mantenimiento es el conjunto de medidas y acciones necesarias para asegurar el normal funcionamiento de una planta, maquinaria o equipo, a fin, de conservar el servicio para el cual han sido diseñadas dentro de su vida útil estimada.

La European Federation of National Maintenance Societies (Federación Europea de Sociedades Nacionales de Mantenimiento la EFNMS) define mantenimiento como: todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes. (CUADRADO, 2012 pág. 9)

En los últimos años el mantenimiento a pasando de estar en segundo plano a convertirse parte del desarrollo de la industria, en la actualidad no existe una industria, fabrica e incluso en el sector público que no cuenten con un taller de mantenimiento.

El mantenimiento es una forma de vida y no todos son llamados a formar parte de este campo laborar, teniendo que ser este personal extremadamente eficiente, y comprometido con su trabajo.

**2.1.1 Evolución del mantenimiento.** Desde que el hombre comenzó a fabricar objetos para uso personal, le fue imprescindible llevar a cabo alguna restauración para volver a utilizarlos. Así fue que conforme se evolucionó en tecnología, también se evidenciaron avances en las maneras de restaurar objetos, herramientas y máquinas.

Ya a comienzos del siglo XX la industria se tornó cada vez más mecanizada, y aunque los niveles de producción eran bajos, se realizaban tareas de limpieza y lubricación a

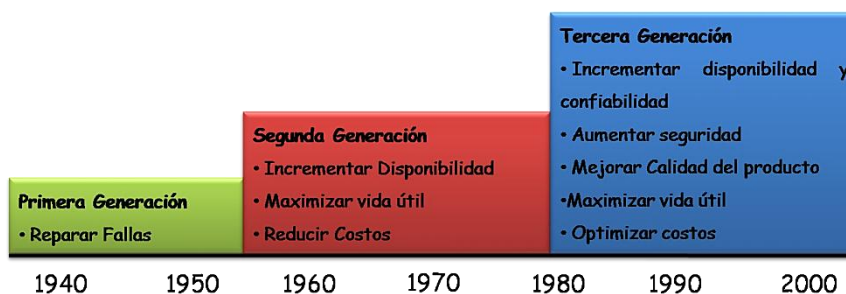
cargo del mismo personal que operaba las máquinas. Estas estaban por lo general sobredimensionadas respecto a las necesidades del mercado. Básicamente se aplicaba la corrección frente al defecto o lo que hoy conocemos como mantenimiento correctivo.

Sin embargo, fue a partir de 1950 cuando la demanda global de bienes de consumo aumentó de forma abrumadora. Los procesos industriales se hicieron cada vez más intensivos. Las detenciones provocaban grandes pérdidas económicas a las compañías. Aumentó la mecanización, la automatización y la competitividad. Ya no había posibilidad de aprovechar los tiempos muertos de producción; sencillamente porque no existían. Surgió, entonces, la idea de prevenir las fallas. Anticiparse a su ocurrencia, para que no produjeran un perjuicio mayor. Así, se capitalizó la primera gran especialización en mantenimiento.

El personal de producción se dedicaría exclusivamente a operar el equipo logrando su máximo rendimiento; mientras que personal especializado en reparaciones, estaría dispuesto tanto a corregir y restaurar las averías una vez sucedidas, como a intentar prevenirlas. El mantenimiento preventivo de recambio o restauración fue tomando cada vez más protagonismo, llegando a la década del 60' a ser el más aplicado y difundido.

A partir del avance de la electrónica y del mejor entendimiento sobre los patrones de falla, surge y se fortalece el mantenimiento condicional basado en el monitoreo del estado de funcionamiento del equipo (o alguna de sus variables de proceso) que permite aprovechar al máximo el beneficio de cada activo antes de retirarlo de servicio.

Figura 1. Evolución del mantenimiento



Fuente: <http://ingmttoep.blogspot.com/p/las-generaciones-del-mantenimiento.html>

Los requerimientos de disponibilidad y eficiencia que la realidad actual impone, obligan a optimizar y evaluar todas las herramientas capaces de reducir los tiempos muertos por paradas no programadas. Existen, entonces, una batería de estrategias capaces de controlar las consecuencias de los fallos y asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente.

Un ejemplo lo constituye el mantenimiento detectivo que puede ser una alternativa válida para el control de los fallos, sobre todo para aquellos que involucran un alto riesgo industrial. Dicha estrategia permite descubrir y mitigar las consecuencias de las fallas que ocurren sobre dispositivos redundantes o de protección. (W.K.P, 2013)

**2.1.2** *El mantenimiento y la sociedad.* Es de público conocimiento que cada día se hace mayor la necesidad de identificar y controlar potenciales eventos (sucesos) que, aún con baja probabilidad de ocurrencia, tienen consecuencias muy graves. Esto cobra mayor importancia todavía en las organizaciones cuyos procesos son de alto riesgo.

Las evaluaciones probabilísticas de riesgo buscan cuantificar las consecuencias de los fallos con gran impacto en la seguridad personal, en el medio ambiente o en los intereses económicos de un sistema; lo cual obliga a efectuar estimaciones que envuelven cierta incertidumbre. Muchas veces, es preciso valerse de datos estadísticos de componentes similares que actúan en contextos operativos diferentes, perdiendo así las posibles interferencias (acoplamientos) sistémicas cuyas consecuencias pueden ser aún peores que la de los propios modos de falla actuando por separado.

Las organizaciones modernas, y la sociedad toda, están tomando cada vez más conciencia del riesgo y hay cada vez más interés en controlarlo. Controlar el riesgo no significa eliminarlo por completo. Se trata de un parámetro probabilístico, cuya valoración es subjetiva. No se lo puede medir pero sí estimar en muchos casos. El riesgo que una persona está dispuesta a tolerar (potencial peligro), es función del grado de control personal que se tenga sobre el proceso. A medida que el control sobre el proceso riesgoso disminuye, también disminuye la tolerancia que se tiene.

El riesgo individual es diferente al riesgo social. Las personas, por lo general, tienen menos tolerancia al riesgo social que al individual. Por ejemplo, y aunque la tasa de

accidentes indique lo contrario, un conductor está dispuesto a tolerar mayor riesgo si es él quien conduce (se suele no ser tan exigente con uno mismo); lo contrario sucede si viaja en un transporte público de pasajeros (se suele ser muy exigente con la empresa y el conductor). La tolerancia al riesgo es menor por ser mayor la exigencia. De cualquier manera, cuando un riesgo no es controlado, pueden ocurrir serios daños.

El tipo de riesgo que se da en el ámbito industrial y con el que, además, debe convivir el mantenimiento industrial se denomina riesgo desfavorable dado que siempre se está en una situación potencial de pérdida. Las organizaciones se encuentran de cara a perder o no perder, pero nunca de obtener un beneficio adicional (ganar). El riesgo favorable sólo se presenta en los juegos de azar.

El riesgo es la probabilidad de que un suceso no deseado (potencial pérdida) provoque un accidente durante la realización de una actividad determinada, y cuyas consecuencias son cuantificables.

**2.1.3** *Objetivos del mantenimiento.* Los objetivos del mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realiza el área.

Estos objetivos serán los que mencionamos a continuación:

**2.1.3.1** *Máxima producción*

- Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.
- Reparar las averías en el menor tiempo posible.

**2.1.3.2** *Mínimo costo*

- Reducción a su mínima expresión las fallas.
- Aumentar la vida útil de las maquinas e instalaciones.
- Manejo óptimo de stock.
- Manejarse dentro de costos anuales regulares.

### **2.1.3.3** *Calidad requerida*

- Cuando se realizan las reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida.
- Mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones.
- Eliminar las averías que afectan la calidad del producto.

### **2.1.3.4** *Conservación de la energía*

- Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.
- Eliminar paros y puestas las instalaciones continuos.
- Controlar el rendimiento de los equipos.

### **2.1.3.5** *Conservación del medio ambiente*

- Mantener las protecciones de seguridad en los equipos que pueden producir fugas contaminantes.
- Evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de poluciones.

### **2.1.3.6** *Higiene y seguridad*

- Mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes.
- Adiestrar al personal sobre normas para evitar los accidentes.
- Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada,

### **2.1.3.7** *Implicación del personal*

- Obtener la participación del personal para poder implementar el mantenimiento productivo total (TPM).
- Implicar a los trabajadores en las técnicas de calidad. (A.P.L, 2013)

**2.1.4** *Tipos de mantenimiento.* Un sistema de gestión de mantenimiento busca garantizar a los clientes internos o externos, que el parque industrial esté disponible, cuando lo requieran con disponibilidad, confiabilidad y seguridad total, durante el tiempo necesario para operar, con los requisitos técnicos y tecnológicos exigidos, para producir bienes o servicios que satisfagan las condiciones, deseos o requerimientos de los clientes, en cuando a la calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento

oportuno, al menor costo posible y con los mejores índices de productividad, rentabilidad y competitividad.

En la práctica real del mantenimiento industrial solo existen dos tipos, o formas fundamentales de hacer mantenimiento:

- Mantenimiento reactivo.
- Mantenimiento proactivo.

**2.1.4.1** *El mantenimiento reactivo.* Es el conjunto de actividades desarrolladas en los sistemas, equipos, maquinas, instalaciones, o edificios, cuando a causa de una falla, se requiere recuperar su función principal. Como su nombre lo indica, las acciones de mantenimiento reaccionan a las fallas y se ejecutan para corregirlas.

Teniendo en cuenta los diversos sistemas de mantenimiento que se han popularizado a través del tiempo, se puede mencionar que existen varias formas comunes de efectuar el mantenimiento reactivo, entre ellas:

- Mantenimiento reparativo.
- Mantenimiento de emergencia.
- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento reconstructivo.

**2.1.4.2** *El mantenimiento proactivo.* Es el sistema opuesto del sistema reactivo, es decir, las acciones de mantenimiento se realizan antes de presentarse la falla del equipo. En la operación proactiva la prevención de las fallas se hace a través de inspecciones y de acciones preventivas y predictivas. El objetivo del mantenimiento proactivo es por tanto, anticiparse a la probabilidad de ocurrencia de las fallas.

De igual manera existen diferentes formas comunes, de realización del mantenimiento proactivo, en el pasado, entre ellas:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento detectivo.
- Mantenimiento mejorativo.

Dentro de todas estas metodologías sobresalen por su mayor utilización principalmente tres, que se han establecido con los sistemas básicos de hacer mantenimiento, y son:

- Mantenimiento correctivo (CM).
- Mantenimiento preventivo (PM).
- Mantenimiento predictivo (CBM).

**2.1.5 Mantenimiento correctivo.** El mantenimiento correctivo son todas las actividades para corregir las causas de las fallas, ejecutadas en los equipos, máquinas, instalaciones o edificios, cuando a consecuencia de una falla, han dejado de prestar la calidad del servicio para lo cual fueron diseñados. Por tanto, las labores que deben llevarse a cabo tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad del servicio.

Toda labor de mantenimiento correctivo, exige atención inmediata, por lo cual esta no puede ser debidamente programada y en ocasiones solo se tramita y controla por medio de reportes maquina fuera de servicio y en todos los casos el personal debe efectuar los trabajos enteramente indispensables para seguir prestando el servicio, reduciendo al mínimo el tiempo de parada y la producción pérdida.

El sistema correctivo es el tipo de mantenimiento más usado, ya que es el que requiere de menor conocimiento, organización y en principio menor esfuerzo, aunque esto realmente no es así pues la demanda cantidad de trabajo anormal, por lo general, fuera de horas hábiles. (TORRES, 2010 págs. 127-128)

#### **2.1.5.1 Ventajas**

- No requiere de una organización técnica muy especializada.
- No exige una programación previa detallada.
- Si el equipo está preparado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.
- No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.

- Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económico.

#### **2.1.5.2 Desventajas**

- La disponibilidad de los equipos es incierta.
- Lleva paralizaciones en extremo costosas y prolongadas.
- El costo extra de materiales, repuestos y mano de obra, que puede ser el resultado de una avería imprevista la que podría haberse evitado con un poco de atención.
- Molestias causadas al trabajador, el cual, tendrá que abandonar su labor sin haberla terminado, por fallas imprevistas.
- Riesgos del personal de producción.
- Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación de manera incontrolada.
- Se suele producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente, por lo que produce un hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia, ya que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo por mala reparación por lo tanto será muy difícil romper con esta inercia.

**2.1.6 Mantenimiento preventivo.** Son múltiples las definiciones que se encuentra para el mantenimiento preventivo, pero todas ellas coinciden en la intervención del sistema, o equipo, antes de presentar la falla. Una definición de mantenimiento preventivo puede ser: el conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos.

A menudo se considera el mantenimiento preventivo como sinónimo del mantenimiento periódico, planeado, sintomático, dirigido, o continuo; el mantenimiento preventivo tiene una parte esencial de todas estas funciones, pero no son sus únicos elementos. En cada tipo de compañía de acuerdo con la naturaleza de sus actividades y su sistema productivo, es factible establecer un programa de PM, e personal, y los talleres e instalaciones para llevar a cabo este tipo de mantenimiento. (GARCIA, 2012 págs. 55-56)



### **2.1.6.1** *Ventajas*

- Se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.
- El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora continua.
- Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

### **2.1.6.2** *Desventajas*

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan. (J.E.C, 2013)

**2.1.7** *Mantenimiento predictivo.* En las cuatro últimas décadas se ha venido aumentando notoriamente, en la industria internacional, la aplicación del mantenimiento basado en condición (CBM, sigla inglesa de Condition Based Maintenance), como complemento fundamental del mantenimiento preventivo y correctivo. Este incremento responde a una diversidad de factores entre los que se pueden enumerar:

- Los desarrollos tecnológicos en equipos de medición y diagnóstico.
- La tecnificación de la producción en procesos continuos.

- Los equipos modernos altamente costosos e interdependientes.
- Los altos costos de refacciones y reposición de equipos y especialmente.
- El alto grado de concientización sobre los costos de los paros improductivos.

El mantenimiento predictivo, basado en el uso de sistemas de diagnósticos para el análisis de fallas, es a respuesta conveniente en la conservación económica de los equipos y minimización de las paradas.

El sistema de mantenimiento predictivo se define como: El conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los activos físicos, por revelación antes de que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas.

Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de Fourier para análisis de vibraciones.
- Endoscopia para poder ver lugares ocultos.
- Ensayos no destructivos a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros.
- Termovisión detección de condiciones a través del calor desplegado.
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc).

#### **2.1.7.1 Ventajas**

- La intervención en el equipo o cambio de un elemento antes de producirse la avería.
- Nos obliga a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos, que nos comprometerá con un método científico de trabajo riguroso y objetivo.
- Hay información permanente sobre el estado de la unidad, información que puede hacerse tan frecuente como se quiera.
- Un excelente seguro contra averías grandes inesperadas
- Tecnifica la decisión.
- Realimenta con información rápida y objetiva las decisiones técnicas y el control
- Aumenta la disponibilidad del equipo de proceso.
- Reduce el trabajo de mantenimiento preventivo.

- Reduce el costo unitario de mantenimiento.

### 2.1.7.2 Desventajas

- La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado. De la misma manera se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos.
- Se debe tener un personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.
- Por todo ello la implantación de este sistema se justifica en máquinas o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas, donde las paradas innecesarias ocasionen grandes costos.
- Gran cuidado y calibración de equipos.

**2.1.8 Confiabilidad operacional.** La confiabilidad operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, estrategias modernas y metodologías de análisis, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción industrial.

Figura 2. Confiabilidad operacional



Fuente: <http://www.clubdemantenimiento.com/>

La confiabilidad operacional lleva implícita la capacidad integral de la empresa (proceso, tecnología y talento), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

Existen diferentes estrategias con las que la confiabilidad operacional pretende mejorar las actividades referentes al mantenimiento, entre las que se pueden enumerar:

- Mantenimiento productivo total (TPM).
- Estrategia de las 5S.
- PAS 55.
- Mantenimiento basado en la condición (CBM).
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

**2.1.9** *Mantenimiento productivo total.* Surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción "Just in Time", la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios.

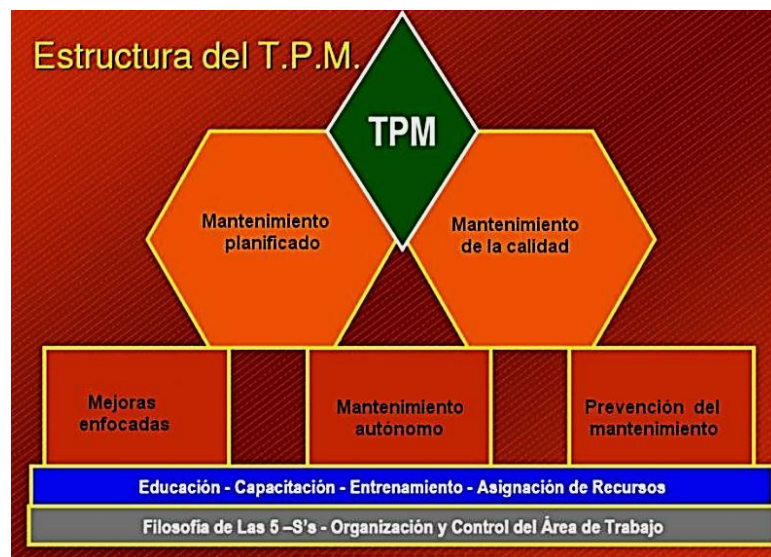
La mejora de la efectividad se obtiene eliminando las "Seis Grandes Pérdidas" que interfieren con la operación, a saber:

1. Fallos del equipo, que producen pérdidas de tiempo inesperadas.
2. Puesta a punto y ajustes de las máquinas que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación u otra etapa de ella. Por ejemplo, al inicio en la mañana, al cambiar de lugar de trabajo, al cambiar una matriz o hacer un ajuste.
3. Marchas en vacío, esperas y detenciones menores durante la operación normal que producen pérdidas de tiempo, ya sea por la operación de detectores, buzones llenos, obstrucciones en las vías, etc.
4. Velocidad de operación reducida, que produce pérdidas de tiempo al no obtenerse la velocidad de diseño del proceso.
5. Defectos en el proceso, que producen pérdidas de tiempo al tener que rehacer partes de él o reparar piezas defectuosas o completar actividades no terminadas.
6. Pérdidas de tiempo propias de la puesta en marcha de un proceso nuevo, marcha blanca, periodo de prueba, etc.

Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

Figura 3. Estructura del TPM



Fuente:<http://ing.utralca.cl/~fespino/CONCEPCION%20TPM%20MANTENIMIENTO%20PRODUCTIVO%20TOTAL.pdf>

El TPM incorpora una serie de nuevos conceptos entre los cuales cabe destacar el mantenimiento autónomo, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta. También agrega a conceptos antes desarrollados como el mantenimiento preventivo, nuevas herramientas tales como las mejoras de mantenibilidad, el mantenimiento predictivo y el mantenimiento correctivo.

### 2.1.9.1 Implementación del TPM

- Enfocar a conseguir el uso más eficaz del equipo, mejorar la eficacia global.
- Establecer un sistema de mantenimiento productivo en toda la empresa. Incluye prevención del mantenimiento, mantenimiento preventivo y mantenimiento relacionado con las mejoras.

- Exigir la involucración de todos los departamentos, de los diseñadores de los equipos, operarios de los equipos y operarios de los departamentos de mantenimiento.
- Todos los empleados están activamente involucrados desde la alta dirección hasta los operarios.
- Promocionar y llevar a cabo el TPM a través de la gestión de motivación basada en actividades autónomas de grupos pequeños. (W.M.P, 2013)

**2.1.10 Estrategia de las 5S.** Basada en palabras japonesas que comienzan con una "S", esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar, y procesos estandarizados de trabajo, 5S simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad.

El método de las 5S es una forma de involucrar a las personas y contribuir al cambio de cultura. "5S" es un sistema orientado a la limpieza visual, organización y disposición para facilitar una mayor productividad, seguridad y calidad. Compromete a todos los empleados y es la base para una mayor auto-disciplina en el trabajo para un mejor trabajo y mejores productos. (P.E.5, 2013)

Figura 4. Las 5S



Fuente: [http://capacitacion.itesm.mx/event.php?sel\\_status=show&task=view&id=24174](http://capacitacion.itesm.mx/event.php?sel_status=show&task=view&id=24174)

**2.1.10.1 Seiri, ordenamiento o acomodo.** La primera "S" se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es llamada, etiquetado en rojo. Una tarjeta roja de expulsión es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Enseguida, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio.

Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso"

Figura 5. Seiri



Fuente: [http://ingindmx.blogspot.com/2009\\_01\\_01\\_archive.html](http://ingindmx.blogspot.com/2009_01_01_archive.html)

**2.1.10.2 Seiton, todo en su lugar.** La segunda "S" y se enfoca a sistemas de guardado eficientes y efectivos.

- ¿Qué necesito para hacer mi trabajo?
- ¿Dónde lo necesito tener?
- ¿Cuántas piezas de ello necesito?

Algunas estrategias para este proceso de todo en su lugar son:

- Pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones
- Tablas con siluetas
- Maletas o carros de herramientas portátiles
- Estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etc.

Todo debe tener su lugar donde todo el que la necesite, la halle. Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

Figura 6. Seiton



Fuente: [http://ingindmx.blogspot.com/2009\\_01\\_01\\_archive.html](http://ingindmx.blogspot.com/2009_01_01_archive.html)



**2.1.10.3 Seiso, que brille.** Una vez que se ha eliminado la cantidad de estorbos y basuras, y relocalizado lo que sí se necesita, viene una súper limpieza del área.

Cuando se logre por primera vez, habrá que mantener una diaria limpieza a fin de conservar el buen aspecto y comodidad de esta mejora. Se desarrolla un orgullo por lo limpia y ordenada que tienen su área de trabajo. Este paso entrega un buen sentido de propiedad en los trabajadores.

Al mismo comienzan a resultar evidentes problemas que antes eran ocultados por el desorden y suciedad:

- Fugas de aceite, aire, refrigerante
- Partes con excesiva vibración o temperatura
- Riesgos de contaminación
- Partes fatigadas, deformadas, rotas,
- Desalineamiento.

Estos elementos, cuando no se atienden, pueden llevar a una falla del equipo y pérdidas de producción.

Figura 7. Seiso



Fuente: [http://ingindmx.blogspot.com/2009\\_01\\_01\\_archive.html](http://ingindmx.blogspot.com/2009_01_01_archive.html)

**2.1.10.4 Seiketsu, estandarizar.** Al implementar las 5S, se debe concentrar en estandarizar las mejores prácticas en el área de trabajo. Dejar que los trabajadores participen en el desarrollo de estos estándares o normas. Ellos son valiosas fuentes de información en lo que se refiere a su trabajo, pero con frecuencia no se les toma en cuenta.

Los pasos en la estandarización son:

- Establecer una lista de comprobación de rutina para cada área de trabajo. Esto muestra lo que el equipo debe comprobar durante las auto-auditorías.
- Establecer un sistema multinivel de auditoría en la que cada nivel de la organización tiene un papel que desempeñar para garantizar que las 5S se sustenta en las áreas de trabajo y que el sistema de las 5S evoluciona y se fortalece.
- Establecer y documentar los métodos estándar en las áreas de trabajo similares.
- Documentar los nuevos métodos estándar para hacer el trabajo.

Figura 8. Seiketsu



Fuente: [http://ingindmx.blogspot.com/2009\\_01\\_01\\_archive.html](http://ingindmx.blogspot.com/2009_01_01_archive.html)

**2.1.10.5 Shitsuke, sostener.** Esta es la "S" más difícil de alcanzar e implementar. La naturaleza humana es resistir el cambio y no pocas organizaciones se han encontrado dentro de un taller sucio y amontonado a solo unos meses de haber intentado la implementación de las "5S".

Es necesaria una forma sistemática para prevenir la reincidencia y fomentar la mejora continua. Los pasos de mantenimiento son:

- Determinar el nivel de logro de 5S el grado de general.
- Realizar a los trabajadores los controles de rutina del 5S con una lista de verificación.
- Direccionar los retrocesos y las nuevas oportunidades detectadas en los controles de rutina.
- Aplicar de forma programada, chequeos de rutina liderados por el líder del grupo o bien por personas ajenas al grupo de trabajo.
- Realizar auditorías de alto nivel para evaluar qué tan bien el sistema de las 5S está trabajando en general.

Figura 9. Shitsuke



Fuente: [http://ingindmx.blogspot.com/2009\\_01\\_01\\_archive.html](http://ingindmx.blogspot.com/2009_01_01_archive.html)

**2.1.11 PAS 55.** La British Standard Institute PAS 55: 2008 Asset Management (Instituto de Estandarización Británico PAS 55: 2008 de Gestión de Activos) o PAS 55 es la especificación disponible al público por la BSI para la gestión optimizada de activos físicos, esta provee las definiciones claras y la especificación de 28 requerimientos para establecer y auditar un sistema de gestión integrado y optimizado a lo largo del ciclo de vida para todo tipo de activo físico.

La actualizada y reconocida internacionalmente PAS 55 está demostrando ser la esencial, clara y objetiva definición de todo lo requerido para demostrar competencia, establecer prioridades de mejora y capitalizar dichas mejoras, lograr conexiones claras entre los planes estratégicos organizacionales y el trabajo real diario y las realidades de los activos.

La PAS 55 aplica a cualquier organización bien sea pública o privada, regulada o no regulada, que tenga una alta dependencia en infraestructura o equipos físicos.

La gestión de activos se define según PAS 55:2008 como "Conjunto de actividades y prácticas coordinadas y sistemáticas por medio de las cuales una organización maneja de manera óptima y sustentable sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgo y gastos a lo largo de sus ciclos de vida, con el fin de lograr su plan estratégico organizacional".

#### **2.1.11.1 *Requerimientos de la PAS 55***

- 1.** Requisitos generales.
- 2.** Política de gestión de activos.
- 3.** Estrategia de gestión de activos.
- 4.** Objetivos de gestión de activos.
- 5.** Planes de gestión de activos.
- 6.** Planificación de contingencia.
- 7.** Estructura, autoridad y responsabilidades.
- 8.** Subcontratación de las actividades de gestión de activos.
- 9.** Entrenamiento, sensibilización y competencia profesional.
- 10.** Comunicación, participación y consulta.
- 11.** Sistema de documentación de gestión de activos.

12. Gestión de la información.
13. Procesos de gestión de riesgos.
14. Metodología de gestión de riesgos.
15. Identificación y diagnóstico de riesgos.
16. Uso y mantenimiento de la información de los activos críticos.
17. Requisitos legales y otros.
18. Gestión del cambio.
19. Actividades del ciclo de vida.
20. Herramientas, instalaciones y equipos.
21. Monitoreo de rendimiento y condición.
22. Investigación de los fallos relativos a los activos, incidentes e inconformidades.
23. Evaluación de conformidad.
24. Auditoría.
25. Acciones correctivas y preventivas.
26. Mejora continua.
27. Archivos.
28. Gestión de revisiones.

Figura 10. Estructura de la PAS 55



Fuente: [http://www.gestionpas55.com/elementos\\_claves.php](http://www.gestionpas55.com/elementos_claves.php)

**2.1.11.2** *Los siete elementos de una buena gestión cubiertos por PAS 55.* Estos elementos genéricos son claves en cualquier sistema de gestión de mantenimiento y están cubiertos por PAS 55:

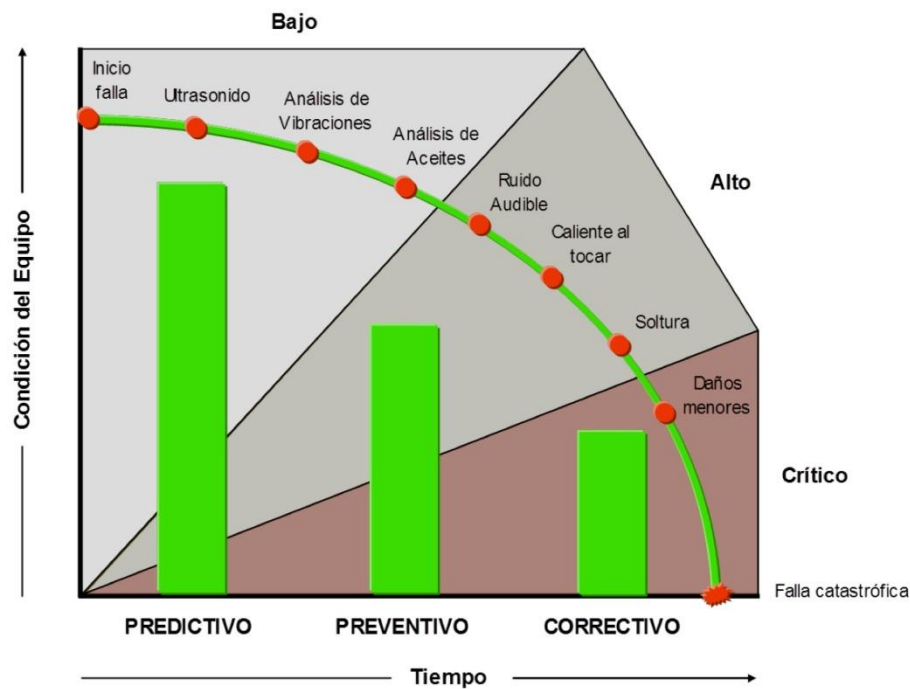
- **Holístico:** el sistema debe ser multidisciplinario y enfocarse en todos los puntos de vista y valores.
- **Sistemático:** debe aplicarse de manera rigurosa en un sistema de gestión estructurado.
- **Sistémico:** los activos deben cuidarse desde un punto de vista global, observando todos los elementos que agregan o restan valor y no con visiones particulares.
- **Basado en riesgo:** la evaluación de riesgos debe estar presente en todas las tomas de decisiones y planes.
- **Optimo:** métodos claros para obtener el mejor beneficio para la organización ante objetivos en conflicto (ej. Almacén y mantenimiento).
- **Sustentable:** la gestión debe cubrir el ciclo de vida total de los activo desde el diseño a la desincorporación, considerando la edad de los mismos, el deterioro con el tiempo, opciones de renovación, mejoramiento, etc.
- **Integrado:** se deben integrar los intereses y obligaciones de todas las partes que juegan un papel en la gestión de los activos, esto cubre desde accionistas, trabajadores, clientes, reguladores, etc. (M.A.M, 2013)

**2.1.12** *Mantenimiento basado en la condición.* Es el mantenimiento basado en la medición del estado (condición) de un equipo para evaluar su probabilidad de falla durante un periodo futuro, con el objeto de tomar la acción más apropiada para prevenir o evitar las consecuencias de esta falla.

La condición de un activo físico es medida usando equipos de análisis, técnicas de control estadístico, y monitoreo de su operación, mediante hardware y software específicos, o a través del uso de los sentidos.

El CBM, también es llamado mantenimiento predictivo se define como: El conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los equipos por revelación antes que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando equipos de diagnóstico y pruebas no destructivas. (S.O.M, 2013)

Figura 11. Mantenimiento basado en la condición



Fuente: <http://www.preditecnico.com/2012/12/tesis-doctoral-modelo-para-la.html>

**2.1.13 Mantenimiento centrado en confiabilidad.** El RCM es una metodología diseñada por la aviación militar en los USA. Su fin último es ayudar al personal de mantenimiento, a definir la mejor práctica para garantizar la confiabilidad de la función de los activos fijos, y para manejar los efectos de sus fallas.

La definición formal del RCM, es la propuesta en la norma SAE-JA1011 de agosto de 1999: El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo de trabajo multidisciplinario, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema productivo, que funciona bajo condición de operación definidas, estableciendo las actividades más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, considerando los posibles efectos que originan los modos de fallas de estos activos, en la seguridad, el ambiente y las funciones operacionales. (M.M.C, 2013)

Figura 12. Mantenimiento centrado en la confiabilidad



Fuente: <http://www.emagister.com/curso-confiabilidad-operacional/mantenimiento-centrado-confiabilidad-rcm-introduccion>

**2.1.14 Fallas.** El concepto de falla lo podemos definir como: La terminación de la capacidad del equipo para realizar la función requerida; también lo podemos definir como la pérdida de la disponibilidad de una pieza o una máquina.

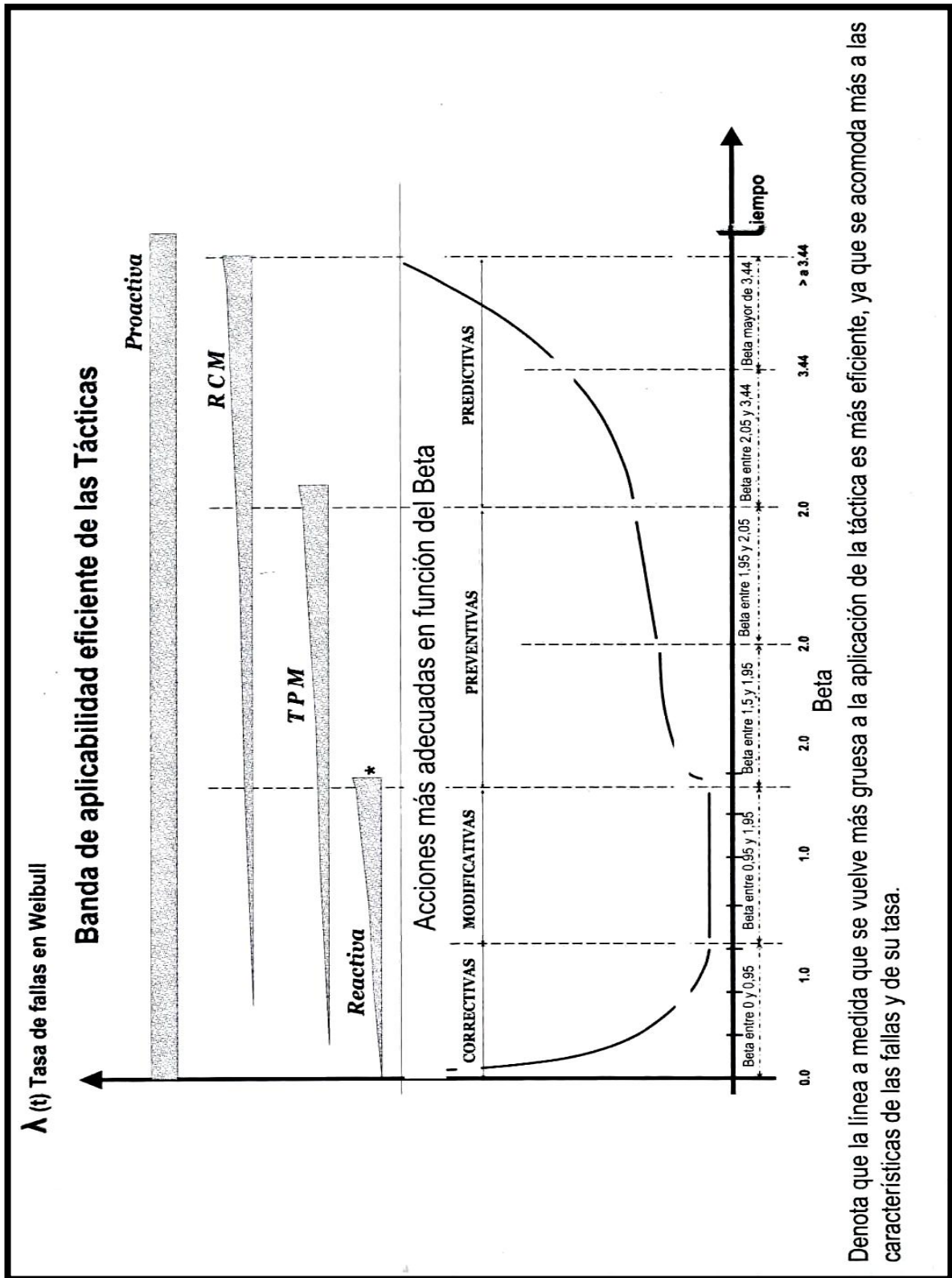
La tasa de fallas de una pieza del equipo varía estadísticamente durante su ciclo de vida. Esta relación por lo general muestra un patrón definido, denominado la curva de la tina de baño. (B.E.D, 2013)

**2.1.14.1 Curva de la bañera o de Davies.** Las diferentes acciones que se deciden sobre las tareas que se deben realizar por parte de mantenimiento, dependen entre otros parámetros de la curva de la bañera o de Davies donde se muestra la evolución en el tiempo frente a la tasa de fallas  $\lambda(t)$  y el valor del parámetro de la forma beta del equipo que se evalúa.

De acuerdo con el valor del equipo para ese momento, se selecciona si las tareas de mantenimiento deben ser correctivas, modificativas, preventivas o predictivas, al tener en cuenta la fase en que se encuentre el elemento o sistema.



Figura 13. Curva de bañera o de Davies



Fuente: MORA, Luis. Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control, Bogotá: Edición 2009. Pág. 107.

- *Fase I de rodaje.* El comportamiento en la fase I es decreciente, pues en la medida en que pasa el tiempo, la probabilidad de que ocurra una falla disminuye. Las operaciones que se sugieren en esta fase son las de tipo correctivo y modificativo, en especial las primeras, dado que las fallas que aparecen habitualmente son diferentes.
- *Fase II de madurez.* Se tipifica por fallas enmarcadas en origen técnico, ya sea de procedimientos humanos o de equipos. Las acciones que más se adaptan a esta etapa son de las modificativas, ya que al generarse por utilizaciones fuera del estándar de equipos o de personas, se requiere modificar esos equipos y/o procesos, dentro de nuevos estándares, mediante técnicas modificativas, cuando las fallas son esporádicas o recurrentes.
- *Fase III de envejecimiento.* Durante esta fase se observa un incremento paulatino de la tasa de fallas en la medida en que aumenta el tiempo hacia la derecha. En esta sección se presenta varias etapas:
  - *Etapas I.* La tasa de fallas empieza a aumentar en forma suave; es decir, su incremento es bajo y crece hacia la derecha en forma leve. Las fallas que aparecen son conocidas y se empieza a tener experiencia y conocimientos sobre ellas, las cuales son debidas a los efectos del tiempo por causas de uso, abuso o desuso. En esta fase ya se puede empezar a utilizar acciones planeadas preventivas ya que las fallas se conocen y se tienen algún control sobre ellas.
  - *Etapas II.* Se incrementa la tasa de fallas en forma constante con pendiente positiva en forma rectilínea. En esta sección se inicia la transición de acciones preventivas hacia acciones predictivas y el comportamiento de las fallas empieza a ser predecible; es la franja donde se logra implementar de una forma sólida las acciones.
  - *Etapas III.* De envejecimiento puro, en que la vida útil del elemento se acelera y la tasa de fallas se incrementa aceleradamente. En esta etapa normalmente se estabiliza el uso de acciones predictiva, pero cuando estas ya no mejoran la mantenibilidad de la máquina, se usa la reposición o la sustitución como única alternativa.

El indicador de confiabilidad Beta es una medida de dispersión del comportamiento de las fallas y es inverso a la duración promedio de ellas.



$$TMEF = \frac{TDT}{\sum TC} \text{ [hrs]} \quad (1)$$

**2.1.14.3 Tiempo medio para reparación.** Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado.

$$TMPR = \frac{\sum TTC}{\sum TCR} \text{ [hrs]} \quad (2)$$

**2.1.14.4 Disponibilidad.** Es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado. (*M.B.C, 2013*)

$$DI = \frac{TDT - \sum TM}{TDT} \times 100 [\%] \quad (3)$$

**2.1.14.5 Confiabilidad.** Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

$$CO = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \times 100 [\%] \quad (4)$$

**2.1.14.6 Localización de fallas.** Teniendo en cuenta que especificar la causa de las fallas es la razón que origina, en muchos casos, la mayoría pérdida de tiempo en la reparación, esta debe hacerse sistemática y lógicamente.

Una actitud sin meditación y sin un fundamento claro, raramente conduce al éxito. Cada prisa en la localización de errores es inoportuna y aumenta el riesgo de seguridad. Por desaciertos y por decisiones erróneas se gasta más tiempo que por el trabajo continuo y consensuado. Cuanto más rápida y exactamente se investigan las fallas y sus causas, tanto más eficaz y mejor puede ser su reparación.

La condición previa esencial para una localización rápida y segura de las fallas, es comunicar claramente el problema al área de mantenimiento según un procedimiento determinado. Los medios comunes para la localización de fallas son:

- Sentido común.
- Intercambio de experiencias.
- Método de resolución sistemático de problemas.
- Métodos OOVS oír, oler, ver, sentir.
- Guías troubleshooting, localización de averías.
- Diagramas de búsquedas de fallas.
- Análisis causa raíz.
- Análisis de modos y efectos de falla.
- Sistemas de diagnóstico predictivo.
- Sistemas expertos.
- Inspección basada en riesgos.

El uso de las herramientas más adecuadas se orienta parcialmente con el grado de complejidad de la instalación o máquina, como con el grado momentáneo de dificultad del problema.

**2.1.14.7 Análisis de modos y efectos de falla.** El FMEA es un método que permite establecer los modos de fallas de los componentes de un equipo, o sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan.

De esta forma se pueden clasificar las fallas por orden de importancia, logrando especificar las tareas de mantenimiento para las áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas completamente.

Las etapas básicas necesarias para el desarrollo del FMEA son:

- *Definir los equipos a evaluar.* Los equipos a evaluar se determinan con base en la clasificación previa de las áreas piloto.
- *Identificar las funciones de cada equipo.* Todo equipo físico de una organización tiene más de una función, con frecuencia tiene varias.

- *Determinar las fallas funcionales.* Las personas y las corporaciones adquieren sus activos físicos para que realicen una función específica, y esperan que se mantengan operando dentro de ciertos parámetros de funcionamiento aceptables.
- *Determinar los modos de falla.* Se entiende el modo de falla como un evento cualquiera que causa una falla funcional. Se puede decir que el modo de falla es lo que el operario, o el mantenedor, ve que causa las fallas, las cuales pueden originarse por múltiples factores.
- *Determinar los efectos de falla.* El siguiente paso consiste en hacer una lista de qué sucede al producirse cada modo de falla. A esto se llama efectos de falla. El efecto de una falla no es lo mismo que la consecuencia de la falla; un efecto de los modos de falla responde a la pregunta ¿qué ocurre?, mientras que la consecuencia del modo de fallas responde a la pregunta ¿qué importancia tiene?

Se requiere entonces utilizar las herramientas adecuadas que permita descubrir los diferentes modos de falla que deterioran los equipos y por ende los sistemas productivos. La contribución del FMEA, en la mejora del mantenimiento industrial. Es de vital importancia para el desarrollo de un efectivo programa de mantenimiento proactivo.

**2.1.14.8 Análisis causa raíz.** Las fallas nunca se plantean y sorprenden a la gente de mantenimiento y de producción, porque casi siempre originan producción perdida.

Hallar el problema subyacente, o la raíz de la causa de las fallas proporciona a la empresa una solución al problema, y elimina el enigma del porqué los equipos fallan. Una vez que se han identificado las causas raíz, se puede ejecutar su plan correctivo.

La metodología del RCA está definida por un procedimiento de trabajo el cual consta de seis pasos. Inicia con la preparación de la investigación y termina con un reporte de los hallazgos.

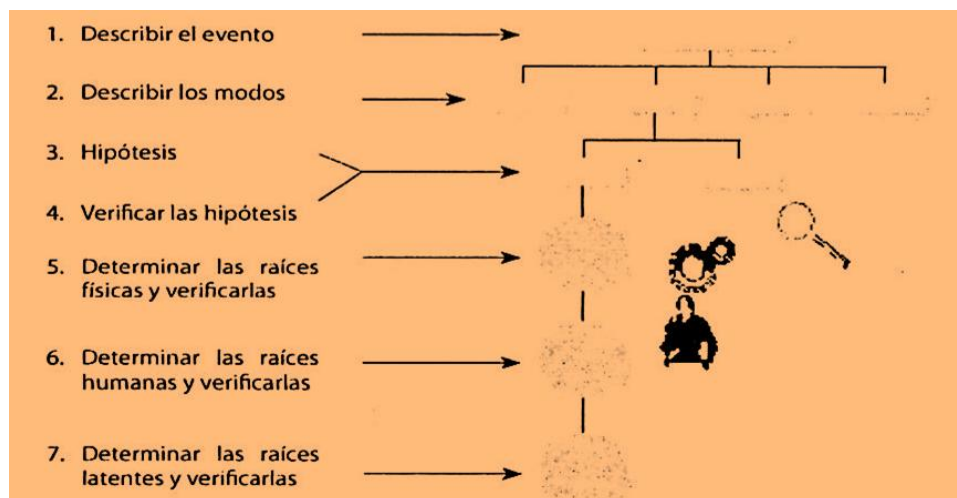
Los pasos para la aplicación de un RCA, son:

- Paso 1: Identificar los eventos más significativos.
- Paso 2: Preservar las evidencias de las fallas.
- Paso 3: Ordenar el análisis.

- Paso 4: Construir el árbol lógico de fallas.
- Paso 5: Comunicar los resultados y las recomendaciones.
- Paso 6: Hacer seguimiento a los resultados.

Dentro del cuarto paso, que es el más importante del proceso, para la construcción del árbol lógico de fallas en la implementación del RCA, se lo realiza como se muestra a continuación.

Figura 15. Árbol lógico de fallas



Fuente: GARCÍA, Oliverio. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial, Bogotá: Edición 2012. Pág. 115.

Las acciones de inspección y mantenimiento deben garantizar que todos los requisitos de seguridad se mantengan dentro de límites aceptables, mientras los costos totales de inspecciones, reparaciones, y pérdidas de la producción sean minimizados.

Por tanto, los esfuerzos de la inspección serán focalizados consistentemente alrededor de los elementos básicos y sus procesos de deterioro, los cuales constituyen a la seguridad y al riesgo económico de la instalación.

**2.1.14.9 Inspección basada en riesgos.** A nivel mundial varios grupos de compañías petroleras lideradas por la API, realizaron investigaciones para minimizar los impactos en el costo de inspección y mantenimiento de equipos, mediante la optimización de las frecuencias de inspección; generando la práctica recomendada en la norma API-RP-581.

El riesgo es la pérdida potencial asociada a un evento con la probabilidad no despreciable de ocurrir en el futuro. La RBI es la técnica que combina la probabilidad de ocurrencia de fallas con el impacto de sus consecuencias.

Como resultado se puede elaborar un programa de inspección destinado a definir, cuantificar y controlar los riesgos debidos a las fallas en los equipos, con las prioridades y las frecuencias de inspección.

El riesgo de la falla es calculado como el producto de la probabilidad de falla por la consecuencia de la falla. La estimación de las consecuencias de las fallas es una parte vital en los procesos de priorización para un análisis posterior más detallado. La evaluación de la probabilidad de falla también se determina de forma cuantitativa en un rango del 1 al 5.

Figura 16. Matriz para evaluar riesgo

Probabilidad						
Muy probable	5	5	10	15	20	25
Probable	4	4	8	12	16	20
Ocasional	3	3	6	9	12	15
Remoto	2	2	4	6	8	10
Improbable	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Leve	Menor	Moderada	Mayor	Severa
		Consecuencia				

Fuente: GARCÍA, Oliverio. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial, Bogotá: Edición 2012. Pág. 116.

Un sistema de control de riesgos debe ser una excelente aproximación a la gestión de los sistemas industriales, basada en el registro y control de aquellos eventos peligrosos,



que tienen el potencial de desencadenar los cambios no deseados con consecuencias catastróficas.

En síntesis la RBI permite:

- Desarrollar un plan de inspección efectivo en costos, fundamentalmente en mantenimiento.
- Tomar las decisiones correctas, con datos inciertos o insuficientes.
- Reducir el mantenimiento reactivo.
- Minimizar los riesgos tecnológicos.
- Optimizar los recursos y los costos de inspección y mantenimiento.
- Extender la vida útil de la planta.

Finalmente la RBI es una metodología para una instalación específica, que permite una inspección efectiva y económica dentro de los límites operacionales, cumpliendo criterios de seguridad y respeto ambiental. La evaluación de la RBI conlleva cambios en el plan existente de inspección.

El resultado y éxito de un programa de RBI se evalúa en términos de la reducción en los riesgos para el operador y los clientes en general, reduciendo la tasa de fallas y controlando los mecanismos de deterioro identificados, al mismo tiempo que se balancea el costo de operación y se reducen directamente los costos del manejo de riesgos.

**2.1.15** *Análisis costo riesgo beneficio.* El modelo de decisión BRCA, permite compara el costo asociado a una actividad dirigida a mejorar la confiabilidad, contra el nivel de reducción de riesgos, o la mejora en el desempeño debido a dicha acción. En otras palabras, el modelo permite determinar, cuanto se obtiene por lo que se invierte.

De igual manera, el BRCA contribuye en el proceso de gestión de la información, así como la definición de las políticas, las estrategias, los planes y programas de mantenimiento, la toma de decisiones correspondientes.

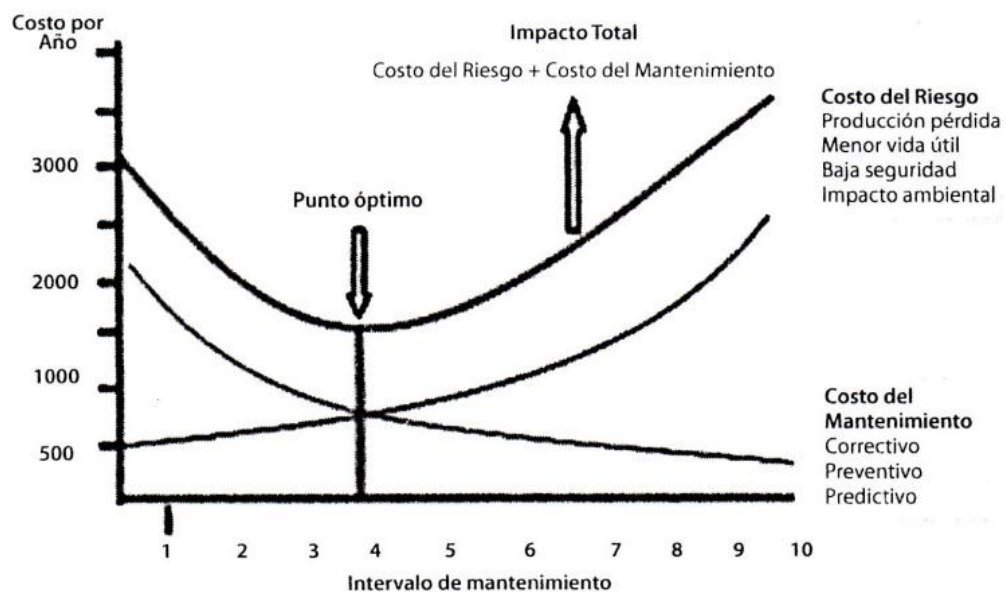
Es importante destacar que el diseño de la política de mantenimiento se sustenta en la capacidad de producción, teniendo en cuenta la eficiencia de los equipos para asegurar el nivel de producción requerida, el cual puede variar de un escenario a otro.

De esta manera se obtiene un costo de mantenimiento óptimo, modulando la frecuencia de intervención con base en los riesgos de producción que el sistema tiene asociados.

El BRCA es ideal para establecer:

- Frecuencia óptima de intervención proactiva.
- Frecuencia óptima de remplazo de equipos.
- Numero óptimo de repuestos a mantener.
- Numero óptimo de equipos de respaldo.
- Determinación del costo total óptimo.

Figura 17. Curva de costos o impacto total



Fuente: GARCÍA, Oliverio. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial, Bogotá: Edición 2012. Pág. 119.

En general, se puede afirmar que función de los resultados obtenidos con la aplicación del BRCA, la proporción ideal de mantenimiento es el número de actividades de mantenimiento en el intervalo óptimo que se van a realizar, al menor costo posible,

asegurando la disponibilidad de los activos, la calidad de los productos y el cumplimiento de los procesos y los seguimientos.

El uso adecuado del BRCA permite, seleccionar frecuencias óptimas de mantenimiento e inspección, paradas de planta, proyectos de inversión y evaluación de ciclos de vida; establecer niveles óptimos de inventario, propuestas técnicas, estrategias y herramientas para la optimización del mantenimiento industrial, que reducen los costos directos e indirectos del departamento, lo cual genera reducción de costos de producción, incremento de la confiabilidad operacional de los activos y optimización de los recursos, de tal manera que se maximice el valor agregado de la organización. (GARCIA, 2012)

**2.1.16 Valor añadido del mantenimiento.** El valor del mantenimiento se deriva de la obtención de una máxima disponibilidad al mínimo coste.

Los cuatro factores de impulsión del valor en una empresa son la utilización de los activos, el control de costes, la asignación de recursos y la seguridad, salud y medio ambiente. Gracias a estos cuatro factores, el mantenimiento puede ayudar a aumentar el valor económico de una empresa. Por ejemplo, una mayor disponibilidad de máquinas tiene como resultado más productos, más ingresos y, por lo tanto, mayor valor.

Un jefe de mantenimiento debe demostrar dónde hay potencial para aumentar el valor dentro de su organización de mantenimiento. Una vez identificado ese potencial, el mantenimiento debe preguntarse ¿qué competencias son importantes y cuáles no?

El mantenimiento tendrá en cuenta la utilización de activos y el control de costes, con una planificación y preparación del rendimiento de los equipos, un presupuesto y un registro de pérdidas. (S.M.I, 2013)

## **2.2 Programación orientada a objetos**

La programación orientada a objetos o POO (OOP según sus siglas en inglés) es un paradigma de programación que usa los objetos en sus interacciones, para diseñar aplicaciones y programas informáticos. Está basado en varias técnicas, incluyendo

herencia, cohesión, abstracción, polimorfismo, acoplamiento y encapsulamiento. Su uso se popularizó a principios de la década de los años 1990. En la actualidad, existe variedad de lenguajes de programación que soportan la orientación a objetos.

La POO difiere de la programación estructurada tradicional, en la que los datos y los procedimientos están separados y sin relación, ya que lo único que se busca es el procesamiento de unos datos de entrada para obtener otros de salida.

La programación estructurada anima al programador a pensar sobre todo en términos de procedimientos o funciones, y en segundo lugar en las estructuras de datos que esos procedimientos manejan. En la programación estructurada solo se escriben funciones que procesan datos. Los programadores que emplean POO, en cambio, primero definen objetos para luego enviarles mensajes solicitándoles que realicen sus métodos por sí mismos.

**2.2.1 Lenguajes de programación.** Un lenguaje de programación es un idioma artificial diseñado para expresar procesos que pueden ser llevadas a cabo por máquinas como las computadoras.

Pueden usarse para crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina, para expresar algoritmos con precisión, o como modo de comunicación humana.

Está formado por un conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones. Al proceso por el cual se escribe, se prueba, se depura, se compila y se mantiene el código fuente de un programa informático se le llama programación.

También la palabra programación se define como el proceso de creación de un programa de computadora, mediante la aplicación de procedimientos lógicos, a través de los siguientes pasos:

- El desarrollo lógico del programa para resolver un problema en particular.
- Escritura de la lógica del programa empleando un lenguaje de programación específico (codificación del programa).

- Ensamblaje o compilación del programa hasta convertirlo en lenguaje de máquina.
- Prueba y depuración del programa.
- Desarrollo de la documentación.

Existe un error común que trata por sinónimos los términos lenguaje de programación y lenguaje informático. Los lenguajes informáticos engloban a los lenguajes de programación y a otros más, como por ejemplo HTML (lenguaje para el marcado de páginas web que no es propiamente un lenguaje de programación, sino un conjunto de instrucciones que permiten diseñar el contenido de los documentos).

Permite especificar de manera precisa sobre qué datos debe operar una computadora, cómo deben ser almacenados o transmitidos y qué acciones debe tomar bajo una variada gama de circunstancias. Todo esto, a través de un lenguaje que intenta estar relativamente próximo al lenguaje humano o natural.

Una característica relevante de los lenguajes de programación es precisamente que más de un programador pueda usar un conjunto común de instrucciones que sean comprendidas entre ellos para realizar la construcción de un programa de forma colaborativa. (IGLESIAS, 2007)

**2.2.2** *Tipos de lenguajes de programación.* Existen dos tipos de lenguajes claramente diferenciados; los lenguajes de bajo nivel y los de alto nivel.

El ordenador sólo entiende un lenguaje conocido como código binario o código máquina, consistente en ceros y unos. Es decir, sólo utiliza 0 y 1 para codificar cualquier acción.

Los lenguajes más próximos a la arquitectura hardware se denominan lenguajes de bajo nivel y los que se encuentran más cercanos a los programadores y usuarios se denominan lenguajes de alto nivel.

**2.2.2.1 Lenguajes de bajo nivel.** Son lenguajes totalmente dependientes de la máquina, es decir que el programa que se realiza con este tipo de lenguajes no se puede migrar o utilizar en otras máquinas. Al estar prácticamente diseñados a medida del hardware, aprovechan al máximo las características del mismo.

Dentro de este grupo se encuentran:

- El lenguaje máquina: este lenguaje ordena a la máquina las operaciones fundamentales para su funcionamiento. Consiste en la combinación de 0s y 1s para formar las órdenes entendibles por el hardware de la máquina. Este lenguaje es mucho más rápido que los lenguajes de alto nivel. La desventaja es que son bastantes difíciles de manejar y usar, además de tener códigos fuente enormes donde encontrar un fallo es casi imposible.
- El lenguaje ensamblador es un derivado del lenguaje máquina y está formado por abreviaturas de letras y números llamadas mnemotécnicos. Con la aparición de este lenguaje se crearon los programas traductores para poder pasar los programas escritos en lenguaje ensamblador a lenguaje máquina. Como ventaja con respecto al código máquina es que los códigos fuentes eran más cortos y los programas creados ocupaban menos memoria. Las desventajas de este lenguaje siguen siendo prácticamente las mismas que las del lenguaje ensamblador, añadiendo la dificultad de tener que aprender un nuevo lenguaje difícil de probar y mantener.

**2.2.2.2 Lenguajes de alto nivel.** Son aquellos que se encuentran más cercanos al lenguaje natural que al lenguaje máquina.

Están dirigidos a solucionar problemas mediante el uso de estructuras dinámicas de datos, algo muy utilizado en todos los lenguajes de programación. Son estructuras que pueden cambiar de tamaño durante la ejecución del programa. Nos permiten crear estructuras de datos que se adapten a las necesidades reales de un programa.

Se tratan de lenguajes independientes de la arquitectura del ordenador. Por lo que, en principio, un programa escrito en un lenguaje de alto nivel, lo puedes migrar de una máquina a otra sin ningún tipo de problema.

Estos lenguajes permiten al programador olvidarse por completo del funcionamiento interno de la máquina para la que están diseñando el programa. Tan solo necesitan un traductor que entiendan el código fuente como las características de la máquina.

**2.2.3** *Lenguajes orientados a objetos.* Los lenguajes de programación orientados a objetos tratan a los programas como conjuntos de objetos que se ayudan entre ellos para realizar acciones. Entendiendo como objeto a las entidades que contienen datos. Permitiendo que los programas sean más fáciles de escribir, mantener y reutilizar.

Los objetos tienen toda la información (atributos) que los diferencia de otros pertenecientes a otra clase. Por medio de unos métodos se comunican los objetos de una misma o diferente clase produciendo el cambio de estado de los objetos. Esto hace que a los objetos se les trate como unidades indivisibles en las que no se separan la información ni los métodos usados en su tratamiento.

Los lenguajes de programación orientados a objetos tienen su origen en un lenguaje que fue diseñado por los profesores Ole-Johan Dahl y Kristen Nygaard en Noruega. Este lenguaje de programación orientado a objetos fue el "Simula 67" que fue un lenguaje creado para hacer simulaciones de naves.

Los lenguajes de programación orientados a objetos son lenguajes dinámicos en los que estos objetos se pueden crear y modificar sobre la marcha. Esta programación orientada a objetos tomó auge a mediados de los años ochenta debido a la propagación de las interfaces gráficas de usuarios, para lo que los lenguajes de programación orientados a objetos están especialmente dotados.

Los principales lenguajes de programación orientados a objetos son:

- Ada.
- C++.
- C#.
- VB.NET.
- Clarion.
- Delphi.

- Eiffel.
- Java.
- Lexico.
- Objective-C.
- Ocaml.
- Oz.
- PHP.
- PowerBuilder.
- Python.
- Ruby.
- Smalltalk.

No todos estos lenguajes de programación orientados a objetos son específicamente orientados a objetos. Sino que algunos de ellos se le han añadido extensiones orientadas a objetos.

Un nuevo paso en los lenguajes de programación es la programación orientada a aspectos (POA). Actualmente está en fase de desarrollo, pero cada vez atrae a más investigadores y empresas de todo el mundo.

Para nuestro estudio nos enfocaremos en tres lenguajes que son de uso extendido en nuestro entorno como son el C++, Visual Basic.NET y Java.

**2.2.3.1 C++.** El lenguaje de programación C++ fue creado en los años 80 por Bjarne Stroustrup basando en el lenguaje C. El C++ es un lenguaje orientado a objetos al que se le añadieron características y cualidades de las que carecía el lenguaje C.

De esta forma nació el C++ y como sucedía con el C depende mucho del hardware, tiene una gran potencia en la programación a bajo nivel, y se le añadieron elementos que nos permiten programar a alto nivel. El C++ es uno de los lenguajes más potentes porque nos permite programar a alto y a bajo nivel, pero a su vez es difícil de aprender porque es necesario hacerlo casi todo manualmente.



El nombre fue propuesto por Rick Masciatti, al utilizarse C++ fuera de los laboratorios donde se creó. Con el nombre de C++ que quiso dar a entender que el C++ es una extensión del lenguaje C.

El C++ es un lenguaje de programación híbrido, al que se le puede compilar. Una de las ventajas que ofrece este lenguaje es que es mucho más sencillo de aprender para los programadores que ya conocen el C.

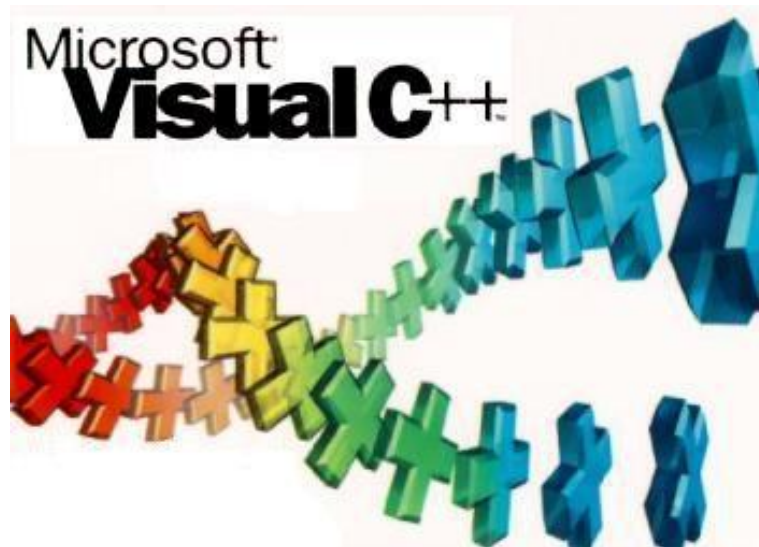
El C++ mantiene una enorme compatibilidad con el C principalmente por dos razones: Por la gran cantidad de código C que existe, y para facilitar el paso de los programadores de C al nuevo lenguaje C++.

Ya hemos dicho anteriormente que el lenguaje C++ es un lenguaje de programación orientado a objetos, pero no es un lenguaje orientado a objetos puro.

El C++ nació como evolución del C, y desde su creación fue un lenguaje de programación hecho por programadores con un diseño muy práctico al que se le fueron añadiendo todos los elementos que se comprobaron eran necesarios sin tener en cuenta aspectos como su imagen, diseño, etc.

Todo esto ha ocasionado que sus detractores lo usen como argumento de crítica sobre el C++. Pero por otra parte precisamente esto es lo que le da mayor valor, el ser un lenguaje más pragmático.

Figura 18. Logo de C++



Fuente: <http://limacallao.olx.com.pe/profesor-de-programacion-y-algoritmos-en-c-c-java-visual-basic-java-iid-167517501>

#### *Ventajas*

- Un núcleo del lenguaje simple, con funcionalidades añadidas importantes, como funciones matemáticas y de manejo de archivos, proporcionadas por bibliotecas.
- Es un lenguaje muy flexible que permite programar con múltiples estilos.
- Un sistema de tipos que impide operaciones sin sentido.
- Usa un lenguaje de preprocesador, el preprocesador de C, para tareas como definir macros e incluir múltiples archivos de código fuente.
- Acceso a memoria de bajo nivel mediante el uso de punteros.
- Interrupciones al procesador con uniones.
- Un conjunto reducido de palabras clave.
- Por defecto, el paso de parámetros a una función se realiza por valor. El paso por referencia se consigue pasando explícitamente a las funciones las direcciones de memoria de dichos parámetros.
- Punteros a funciones y variables estáticas, que permiten una forma rudimentaria de encapsulado y polimorfismo.
- Tipos de datos agregados (struct) que permiten que datos relacionados se combinen y se manipulen como un todo.
-

### *Desventajas*

- Recolección de basura nativa, sin embargo se encuentran a tal efecto bibliotecas como la libgc desarrollada por Sun Microsystems, o el Recolector de basura de Boehm.
- Soporte para programación orientada a objetos, aunque la implementación original de C++ fue un preprocesador que traducía código fuente de C++ a C.
- Encapsulación.
- Funciones anidadas, aunque tiene esta característica como extensión.
- Polimorfismo en tiempo de código en forma de sobrecarga, sobrecarga de operadores y sólo dispone de un soporte rudimentario para la programación genérica.
- Soporte nativo para programación multihilo y redes de computadores.

**2.2.3.2 Visual Basic.NET.** El lenguaje de programación Visual Basic es uno de los lenguajes de programación que utiliza una interfaz visual es decir que nos permite programar en un entorno gráfico, nos permite realizar un gran número de tareas sin escribir código, simplemente realizando operaciones con el ratón sobre la pantalla de la computadora.

El Visual Basic es un lenguaje de programación que proviene del BASIC. La primera versión de este lenguaje de programación Visual Basic fue presentada en el año 1991.

La intención de este primer programa era simplificar la programación utilizando un entorno de trabajo claro que permitiera crear interfaces gráficas facilitando así la programación.

Las sintaxis que utiliza este lenguaje de programación proviene del conocido BASIC, pero completada con comandos y códigos de otros lenguajes más modernos. Este lenguaje de programación Visual Basic tiene un apartado dedicado a la programación orientada a objetos.

Es un lenguaje muy apropiado para el manejo de bases de datos. Muchas empresas lo utilizan para la gestión de sus bases de datos porque su utilización es sencilla y abundan los programadores de este lenguaje.

Visual Basic .NET es un lenguaje de programación orientado a objetos que se puede considerar una evolución de Visual Basic implementada sobre el framework .NET.

Su introducción resultó muy controvertida, ya que debido a cambios significativos en el lenguaje VB.NET no es compatible hacia atrás con Visual Basic, pero el manejo de las instrucciones es similar a versiones anteriores de Visual Basic, facilitando así el desarrollo de aplicaciones más avanzadas con herramientas modernas.

Al igual que con todos los lenguajes de programación basados en .NET, los programas escritos en VB .NET requieren el Framework .NET o Mono para ejecutarse.

Figura 19. Logo de Visual Basic.NET



Fuente: <http://www.vb-mundo.com/conexion-a-base-de-datos-con-visual-basic-net/>

#### *Ventajas*

- Posee una curva de aprendizaje muy rápida.
- Integra el diseño e implementación de formularios de Windows.
- Permite usar con facilidad la plataforma de los sistemas Windows, dado que tiene acceso prácticamente total a la API de Windows, incluidas librerías actuales.
- Es uno de los lenguajes de uso más extendido, por lo que resulta fácil encontrar información, documentación y fuentes para los proyectos.
- Fácilmente extensible mediante librerías DLL y componentes ActiveX de otros lenguajes.
- Posibilita añadir soporte para ejecución de scripts, VBScript o JScript, en las aplicaciones mediante Microsoft Script Control.

- Tiene acceso a la API multimedia de DirectX. También está disponible, de forma no oficial, un componente para trabajar con OpenGL 1.1.7.
- Existe una versión, VBA, integrada en las aplicaciones de Microsoft Office, tanto Windows como Mac, que permite programar macros para extender y automatizar funcionalidades en documentos, hojas de cálculo y bases de datos.
- Si bien permite desarrollar grandes y complejas aplicaciones, también provee un entorno adecuado para realizar pequeños prototipos rápidos.

#### *Desventajas*

- Problema de versionado asociado con varias librerías runtime DLL, conocido como DLL Hell.
- Soporte pobre para programación orientada a objetos.
- Incapacidad para crear aplicaciones multihilo, sin tener que recurrir a llamadas de la API de Windows.
- Dependencia de complejas y frágiles entradas de registro COM10.
- La capacidad de utilizar controles en un sólo formulario es muy limitada en comparación a otras herramientas. DLL Hell DB, Libro Programando en Visual Basic, 2002.

**2.2.3.3 Java.** El Java es un lenguaje de programación orientado a objetos creado por James Gosling en el año 1990. Su código es muy similar al del lenguaje C y C++ con un modelo de objetos mucho más sencillo. La diferencia entre el Java y los lenguajes C y C++ es que el Java es un lenguaje de programación plenamente orientado a objetos.

Es muy fácil de aprender, en Java es relativamente sencillo programar desde el principio. Todos los programadores que ya hayan programado anteriormente con el C o el C++, les costará mucho menos su aprendizaje por la gran similitud entre ellos.

El Java supuso un gran avance en los lenguajes de programación, tiene una enorme potencia para el diseño orientado a objetos con un código sencillo en un entorno muy estable y agradable. El Java nos permite realizar aplicaciones que podemos incluir directamente en páginas web.

Estas aplicaciones se conocen con el nombre de applets. Estos son unos programas que se transfieren dinámicamente a través de Internet. Los applets tienen un comportamiento inteligente, pueden reaccionar cuando un visitante entra en una página web y cambian de forma. Todo esto ha posibilitado que el Java sea un lenguaje interactivo entre el usuario y la aplicación.

La mayoría de los lenguajes de programación están compilados en código fuente, mientras que el Java es compilado en un bytecode (código binario que contiene un programa ejecutable) que es ejecutado por una máquina virtual de Java. Esta máquina es la encargada de ejecutar todo el código de un programa hecho con Java.

Figura 20. Logo de Java



Fuente: <http://appleinsider.com/articles/13/01/12/oracles-fix-for-zero-day-java-flaw-to-be-available-shortly>

#### *Ventajas*

- No debes volver a escribir el código si quieres ejecutar el programa en otra máquina. Un solo código funciona para todos los browsers compatibles con Java o donde se tenga una Máquina Virtual de Java (Mac's, PC's, Sun's, etc).
- Un browser compatible con Java deberá ejecutar cualquier programa hecho en Java, esto ahorra a los usuarios tener que estar insertando plugins y demás programas que a veces nos quitan tiempo y espacio en disco.

- Si lo que me interesa son las páginas de Web, ya no tienen que ser estáticas, se le pueden poner toda clase de elementos multimedia y permiten un alto nivel de interactividad, sin tener que gastar en paquetes carísimos de multimedia.
- El JDK es una herramienta libre de licencias sin costo, creada por Sun. Está respaldado por un gran número de proveedores.
- Existe soporte dado por Sun.
- Debido a que existen diferentes productos de Java, hay más de un proveedor de servicios.
- Es independiente de la plataforma de desarrollo.
- Existen dentro de su librería clases gráficas como awt y swing, las cuales permiten crear objetos gráficos comunes altamente configurables y con una arquitectura independiente de la plataforma.
- Java permite a los desarrolladores aprovechar la flexibilidad de la POO en el diseño de sus aplicaciones.
- El conocimiento sobre tecnología Java está en alto crecimiento en el mercado.
- Se puede acceder a bases de datos fácilmente con JDBC, independientemente de la plataforma utilizada. El manejo de las bases de datos es uniforme, es decir transparente y simple.
- Existen las herramientas CrystalReports o herramientas libres como iText que los genera en formato pdf o la API que utilizan estas herramientas en Java, es la más recomendable para generar reportes en Web.

### *Desventajas*

- Los programas hechos en Java no tienden a ser muy rápidos, supuestamente se está trabajando en mejorar esto. Como los programas de Java son interpretados nunca alcanzan la velocidad de un verdadero ejecutable.
- Java es un lenguaje de programación. Esta es otra gran limitante, por más que digan que es orientado a objetos y que es muy fácil de aprender sigue siendo un lenguaje y por lo tanto aprenderlo no es cosa fácil. Especialmente para los no programadores.
- Java es nuevo. En pocas palabras todavía no se conocen bien todas sus capacidades.
- Sun saca al mercado cada 6 meses una nueva versión del JDK.

- Hay diferentes tipos de soporte técnico para la misma herramienta, por lo que el análisis de la mejor opción se dificulta.
- Para manejo a bajo nivel deben usarse métodos nativos, lo que limita la portabilidad.
- El diseño de interfaces gráficas con awt y swing no es simple. Existen herramientas como el JBuilder que permiten generar interfaces gráficas de manera sencilla, pero tienen un costo adicional.
- Puede ser que no haya JDBC para bases de datos poco comerciales.
- Algunas herramientas tienen un costo adicional.

**2.2.4 Selección del lenguaje de programación más idóneo.** Analizado estos tres lenguajes cada uno con sus ventajas y desventajas, se ha decidido usar para programar el software el uso del Java por los siguientes motivos:

- *Simple.* Elimina la complejidad de los lenguajes como C y da paso al contexto de los lenguajes modernos orientados a objetos.
- *Familiar.* Como la mayoría de los programadores están acostumbrados a programar en C o en C++, la sintaxis de Java es muy similar al de estos.
- *Robusto.* El sistema de Java maneja la memoria de la computadora por ti. No te tienes que preocupar por apuntadores, memoria que no se esté utilizando, etc. Java realiza todo esto sin necesidad de que uno se lo indique.
- *Seguro.* El sistema de Java tiene ciertas políticas que evitan se puedan codificar virus con este lenguaje. Existen muchas restricciones, especialmente para los applets, que limitan lo que se puede y no puede hacer con los recursos críticos de una computadora.
- *Portable.* Como el código compilado de Java conocido como byte code es interpretado, un programa compilado de Java puede ser utilizado por cualquier computadora que tenga implementado el intérprete de Java.
- *Independiente a la arquitectura.* Al compilar un programa en Java, el código resultante es un tipo de código binario conocido como byte code. Este código es interpretado por diferentes computadoras de igual manera, solamente hay que implementar un intérprete para cada plataforma. De esa manera Java logra ser un lenguaje que no depende de una arquitectura computacional definida.



- *Multithreaded.* Un lenguaje que soporta múltiples threads es un lenguaje que puede ejecutar diferentes líneas de código al mismo tiempo.
- *Interpretado.* Java corre en máquina virtual, por lo tanto es interpretado.
- *Dinámico.* Java no requiere que compiles todas las clases de un programa para que este funcione. Si realizas una modificación a una clase Java se encarga de realizar un DynamicBynding o un DynamicLoading para encontrar las clases.
- *Funcional.* Java puede funcionar como una aplicación sola o como un applet, que es un pequeño programa hecho en Java. Los applets de Java se pueden pegar a una página de web y con esto puedes tener un programa que cualquier persona que tenga un browser compatible podrá usar. (D.W.A, 2013)

**2.2.5 Java.** Java surgió en 1991 cuando un grupo de ingenieros de Sun Microsystems trataron de diseñar un nuevo lenguaje de programación destinado a electrodomésticos. La reducida potencia de cálculo y memoria de los electrodomésticos llevó a desarrollar un lenguaje sencillo capaz de generar código de tamaño muy reducido.

Debido a la existencia de distintos tipos de CPU y a los continuos cambios, era importante conseguir una herramienta independiente del tipo de CPU utilizada. Desarrollaron un código neutro que no dependía del tipo de electrodoméstico, el cual se ejecutaba sobre una máquina hipotética o virtual denominada Java Virtual Machine (JVM). Era la JVM quien interpretaba el código neutro convirtiéndolo a código particular de la CPU utilizada.

Esto permitía lo que luego se ha convertido en el principal lema del lenguaje: Write Once, RunEverywhere. A pesar de los esfuerzos realizados por sus creadores, ninguna empresa de electrodomésticos se interesó por el nuevo lenguaje.

Como lenguaje de programación para computadores, Java se introdujo a finales de 1995. La clave fue la incorporación de un intérprete Java en la versión 2.0 del programa Netscape Navigator, produciendo una verdadera revolución en Internet. Java 1.1 apareció a principios de 1997, mejorando sustancialmente la primera versión del lenguaje. Java 1.2, más tarde rebautizado como Java 2, nació a finales de 1998. Al

programar en Java no se parte de cero. Cualquier aplicación que se desarrolle cuelga o se apoya, según como se quiera ver en un gran número de clases preexistentes.

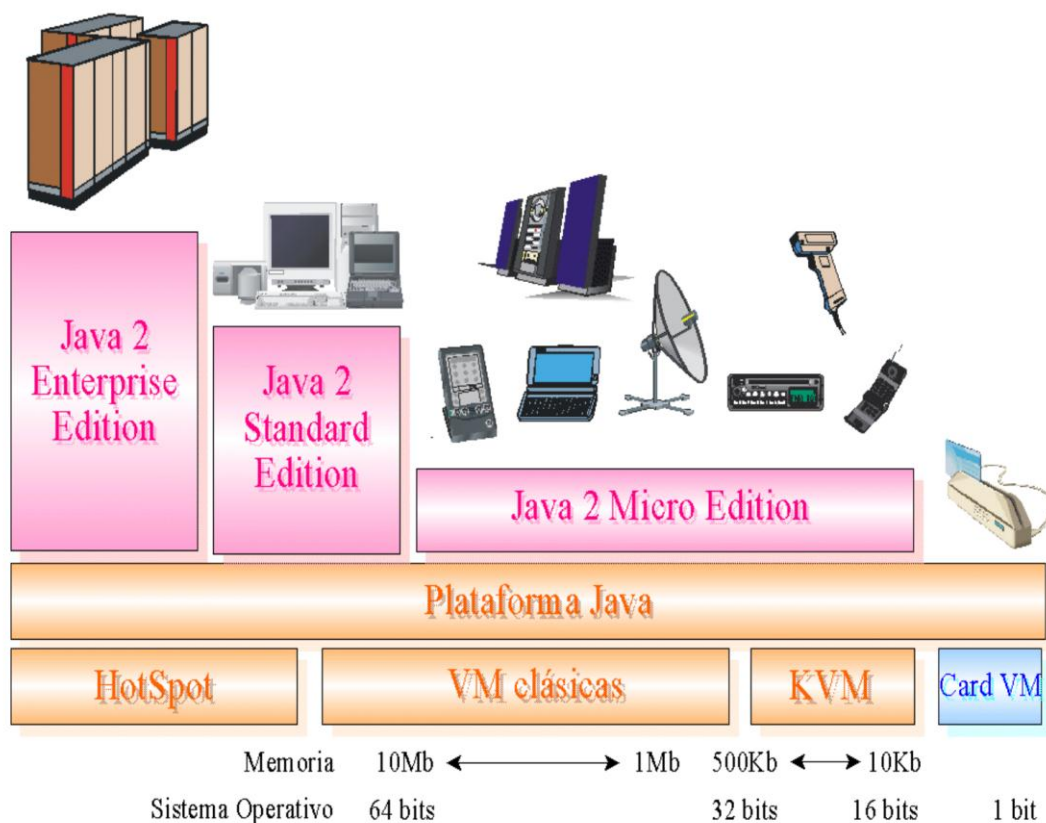
Algunas de ellas las ha podido hacer el propio usuario, otras pueden ser comerciales, pero siempre hay un número muy importante de clases que forman parte del propio lenguaje el API o Application Programming interface de Java. Java incorpora en el propio lenguaje muchos aspectos que en cualquier otro lenguaje son extensiones propiedad de empresas de software o fabricantes de ordenadores threads, ejecución remota, componentes, seguridad, acceso a bases de datos, etc. Por eso muchos expertos opinan que Java es el lenguaje ideal para aprender la informática moderna, porque incorpora todos estos conceptos de un modo estándar, mucho más sencillo y claro que con las citadas extensiones de otros lenguajes. Esto es consecuencia de haber sido diseñado más recientemente y por un único equipo.

El principal objetivo del lenguaje Java es llegar a ser el nexo universal que conecte a los usuarios con la información, esté ésta situada en el ordenador local, en un servidor de web, en una base de datos o en cualquier otro lugar.

Java es un lenguaje muy completo de hecho se está convirtiendo en un macro lenguaje: Java 1.0 tenía 12 packages; Java 1.1 tenía 23 y Java 1.2 tiene 59. En cierta forma casi todo depende de casi todo. Por ello, conviene aprenderlo de modo iterativo: primero una visión muy general, que se va refinando en sucesivas iteraciones. Una forma de hacerlo es empezar con un ejemplo completo en el que ya aparecen algunas de las características más importantes.

La compañía Sun describe el lenguaje Java como simple, orientado a objetos, distribuido, interpretado, robusto, seguro, de arquitectura neutra, portable, de altas prestaciones, multitarea y dinámico. Además de una serie de halagos por parte de Sun hacia su propia criatura, el hecho es que todo ello describe bastante bien el lenguaje Java, aunque en algunas de esas características el lenguaje sea todavía bastante mejorable.

Figura 21. Plataforma de Java



Fuente: García Aprendiendo Java como si estuviese en primero - 2000- Pág. 3.

**2.2.5.1 El entorno de desarrollo de Java.** Existen distintos programas comerciales que permiten desarrollar código Java. La compañía Sun, creadora de Java, distribuye gratuitamente el Java Development Kit JDK. Se trata de un conjunto de programas y librerías que permiten desarrollar, compilar y ejecutar programas en Java.

Incorpora además la posibilidad de ejecutar parcialmente el programa, deteniendo la ejecución en el punto deseado y estudiando en cada momento el valor de cada una de las variables con el denominado Debugger.

Cualquier programador con un mínimo de experiencia sabe que una parte muy importante muchas veces la mayor parte del tiempo destinado a la elaboración de un programa se destina a la detección y corrección de errores. Existe también una versión reducida del JDK, denominada JRE, Java Runtime Environment destinada únicamente a ejecutar código Java no permite compilar.

Los IDE, Integrated Development Environment, tal y como su nombre indica, son entornos de desarrollo integrados. En un mismo programa es posible escribir el código Java, compilarlo y ejecutarlo sin tener que cambiar de aplicación.

Algunos incluyen una herramienta para realizar Debug gráficamente, frente a la versión que incorpora el JDK basada en la utilización de una consola denominada habitualmente ventana de comandos de MS-DOS, en Windows NT/95/98 bastante difícil y pesada de utilizar.

Estos entornos integrados permiten desarrollar las aplicaciones en forma mucho más rápida, incorporando en muchos casos librerías con componentes ya desarrollados, los cuales se incorporan al proyecto o programa.

Como inconvenientes se pueden señalar algunos fallos de compatibilidad entre plataformas, y ficheros resultantes de mayor tamaño que los basados en clases estándar.

**2.2.5.2** *El compilador de Java.* Se trata de una de las herramientas de desarrollo incluidas en el JDK. Realiza un análisis de sintaxis del código escrito en los ficheros fuente de Java con extensión \*.java. Si no encuentra errores en el código genera los ficheros compilados con extensión \*.class. En otro caso muestra la línea o líneas erróneas. En el JDK de Sun dicho compilador se llama javac.exe.

Tiene numerosas opciones, algunas de las cuales varían de una versión a otra. Se aconseja consultar la documentación de la versión del JDK utilizada para obtener una información detallada de las distintas posibilidades.

**2.2.5.3** *La Java Virtual Machine.* Tal y como se ha comentado al comienzo del capítulo, la existencia de distintos tipos de procesadores y ordenadores llevó a los ingenieros de Sun a la conclusión de que era muy importante conseguir un software que no dependiera del tipo de procesador utilizado.

Se planteó la necesidad de conseguir un código capaz de ejecutarse en cualquier tipo de máquina.

Una vez compilado no debería ser necesaria ninguna modificación por el hecho de cambiar de procesador o de ejecutarlo en otra máquina. La clave consistió en desarrollar un código neutro el cual estuviera preparado para ser ejecutado sobre una máquina hipotética o virtual, denominada Java Virtual Machine JVM. Es esta JVM quien interpreta este código neutro convirtiéndolo a código particular de la CPU utilizada. Se evita tener que realizar un programa diferente para cada CPU o plataforma.

La JVM es el intérprete de Java. Ejecuta los bytecode ficheros compilados con extensión \*.class creados por el compilador de Java (javac.exe). Tiene numerosas opciones entre las que destaca la posibilidad de utilizar el denominado JIT, Just-In-Time Compiler, que puede mejorar entre 10 y 20 veces la velocidad de ejecución de un programa.

**2.2.5.4 Aplicaciones.** El diseño de Java, su robustez, el respaldo de la industria y su fácil portabilidad han hecho de Java uno de los lenguajes con un mayor crecimiento y amplitud de uso en distintos ámbitos de la industria de la informática.

- *En dispositivos móviles y sistemas empotrados.* Desde la creación de la especificación J2ME, Java 2 Platform, Micro Edition, una versión del entorno de ejecución Java reducido y altamente optimizado, especialmente desarrollado para el mercado de dispositivos electrónicos de consumo se ha producido toda una revolución en lo que a la extensión de Java se refiere. Es posible encontrar microprocesadores diseñados para ejecutar bytecode Java y software Java para tarjetas inteligentes JavaCard, teléfonos móviles, buscapersonas, set-top-boxes, sintonizadores de TV y otros pequeños electrodomésticos. El modelo de desarrollo de estas aplicaciones es muy semejante a las applets de los navegadores salvo que en este caso se denominan MIDlets.
- *En el navegador web.* Desde la primera versión de java existe la posibilidad de desarrollar pequeñas aplicaciones applets en Java que luego pueden ser incrustadas en una página HTML para que sean descargadas y ejecutadas por el navegador web. Estas mini-aplicaciones se ejecutan en una JVM que el navegador tiene configurada como extensión plugin en un contexto de seguridad restringido configurable para impedir la ejecución local de código potencialmente malicioso. El éxito de este tipo de aplicaciones no fue realmente el esperado debido a diversos factores, siendo quizás el más importante la lentitud y el reducido ancho

de banda de las comunicaciones en aquel entonces que limitaba el tamaño de las applets que se incrustaban en el navegador. La aparición posterior de otras alternativas aplicaciones web dinámicas de servidor dejó un reducido ámbito de uso para esta tecnología, quedando hoy relegada fundamentalmente a componentes específicos para la intermediación desde una aplicación web dinámica de servidor con dispositivos ubicados en la máquina cliente donde se ejecuta el navegador. Las applets Java no son las únicas tecnologías aunque sí las primeras de componentes complejos incrustados en el navegador. Otras tecnologías similares pueden ser: ActiveX de Microsoft, Flash, Java Web Start, etc.

- *En sistemas de servidor.* En la parte del servidor, Java es más popular que nunca, desde la aparición de la especificación de Servlets y JSP, Java Server Pages. Hasta entonces, las aplicaciones web dinámicas de servidor que existían se basaban fundamentalmente en componentes CGI y lenguajes interpretados. Ambos tenían diversos inconvenientes fundamentalmente lentitud, elevada carga computacional o de memoria y propensión a errores por su interpretación dinámica.
- *En aplicaciones de escritorio.* Hoy en día existen multitud de aplicaciones gráficas de usuario basadas en Java. El entorno de ejecución Java JRE se ha convertido en un componente habitual en los PC de usuario de los sistemas operativos más usados en el mundo. Además, muchas aplicaciones Java lo incluyen dentro del propio paquete de la aplicación de modo que se ejecuten en cualquier PC. En las primeras versiones de la plataforma Java existían importantes limitaciones en las API de desarrollo gráfico AWT. Desde la aparición de la biblioteca Swing la situación mejoró substancialmente y posteriormente con la aparición de bibliotecas como SWT hacen que el desarrollo de aplicaciones de escritorio complejas y con gran dinamismo, usabilidad, etc. sea relativamente sencillo.
- *Plataformas soportadas.* Una versión del entorno de ejecución Java JRE (Java RuntimeEnvironment) está disponible en la mayoría de equipos de escritorio. Sin embargo, Microsoft no lo ha incluido por defecto en sus sistemas operativos. En el caso de Apple, éste incluye una versión propia del JRE en su sistema operativo, el Mac OS. También es un producto que por defecto aparece en la mayoría de las distribuciones de GNU/Linux. Debido a incompatibilidades entre distintas versiones del JRE, muchas aplicaciones prefieren instalar su propia copia del JRE

antes que confiar su suerte a la aplicación instalada por defecto. Los desarrolladores de applets de Java o bien deben insistir a los usuarios en la actualización del JRE, o bien desarrollar bajo una versión antigua de Java y verificar el correcto funcionamiento en las versiones posteriores. (García, 2000)

### **2.3 Interfaz gráfica**

La interfaz gráfica de usuario, conocida también como GUI (del inglés graphical user interface) es un programa informático que actúa de interfaz de usuario, utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz. Su principal uso, consiste en proporcionar un entorno visual sencillo para permitir la comunicación con el sistema operativo de una máquina o computador.

Habitualmente las acciones se realizan mediante manipulación directa, para facilitar la interacción del usuario con la computadora. Surge como evolución de las interfaces de línea de comandos que se usaban para operar los primeros sistemas operativos y es pieza fundamental en un entorno gráfico. Como ejemplos de interfaz gráfica de usuario, cabe citar los entornos de escritorio Windows, el Linux o el de Mac OS X.

En el contexto del proceso de interacción persona ordenador, la interfaz gráfica de usuario es el artefacto tecnológico de un sistema interactivo que posibilita, a través del uso y la representación del lenguaje visual, una interacción amigable con un sistema informático. (W.I.A, 2013)

#### **2.3.1 Características básicas de una GUI.**

- Facilidad de comprensión, aprendizaje y uso.
- Representación fija y permanente de un determinado contexto de acción fondo.
- El objeto de interés ha de ser de fácil identificación.
- Diseño ergonómico mediante el establecimiento de menús, barras de acciones e iconos de fácil acceso.
- Las interacciones se basarán en acciones físicas sobre elementos de código visual o auditivo (iconos, botones, imágenes, mensajes de texto o sonoros, barras de desplazamiento y navegación...) y en selecciones de tipo menú con sintaxis y órdenes.

- Las operaciones serán rápidas, incrementales y reversibles, con efectos inmediatos.
- Existencia de herramientas de ayuda y consulta.
- Tratamiento del error bien cuidado y adecuado al nivel de usuario.

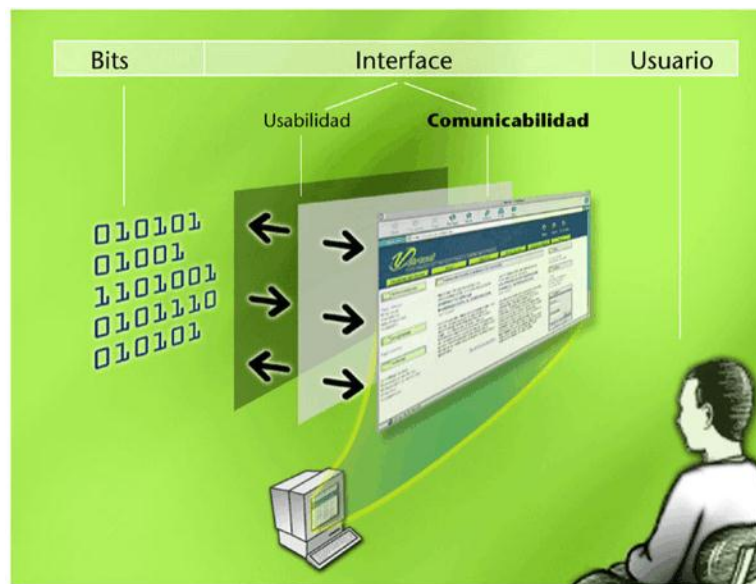
### 2.3.2 Tipos de GUI:

**2.3.2.1 GUI e interfaz de enfoque del usuario.** Los tipos de GUI que se encuentran en juegos de computadora, y los GUI avanzados basados en realidad virtual, se usan con frecuencia en tareas de investigación.

Muchos grupos de investigación en Norteamérica y Europa están trabajando actualmente en la interfaz de enfoque del usuario o ZUI (Zooming User Interface), que es un adelanto lógico de las GUI, mezclando 3D con 2D.

Podría expresarse como 2 dimensiones y media en objetos vectoriales de una dimensión.

Figura 22. Interfaz de enfoque del usuario



Fuente: <http://www.nosolousabilidad.com/articulos/comunicabilidad.htm>.



**2.3.2.2 Interfaz de usuario de pantalla táctil.** Algunos GUI son diseñados para cumplir con los rigurosos requisitos de los mercados verticales. Éstos se conocen como GUI de uso específico. Un ejemplo de un GUI de uso específico es la ahora familiar touchscreen o pantalla táctil (pantalla que al ser tocada efectúa los comandos del ratón en el software). Se encuentra actualmente implementado en muchos restaurantes y en muchas tiendas de autoservicio de todo el mundo.

Fue iniciado por Gene Mosher en la computadora del ST de Atari en 1986, el uso que él específico en las GUI de pantalla táctil ha encabezado una revolución mundial en el uso de las computadoras a través de las industrias alimenticias y de bebidas, y en ventas al por menor.

Otros ejemplos de GUI de uso específico, relacionados con la pantalla táctil son los cajeros automáticos, los kioscos de información y las pantallas de monitoreo y control en los usos industriales, que emplean un sistema operativo de tiempo real. Los teléfonos móviles y los sistemas o consolas de juego también emplean las pantallas táctiles. Además la domótica no es posible sin una buena interfaz de usuario, o GUI.

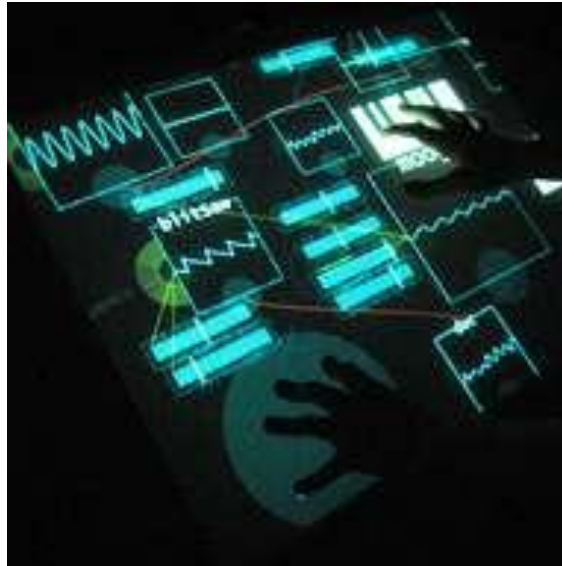
Figura 23. Interfaz de usuario de pantalla táctil



Fuente: [http://es.123rf.com/photo\\_12026874\\_interfaz-de-pantalla-tactil-el-futuro-con-la-mano-la-combinacion-de-fotografia-y-grafica.html](http://es.123rf.com/photo_12026874_interfaz-de-pantalla-tactil-el-futuro-con-la-mano-la-combinacion-de-fotografia-y-grafica.html).

**2.3.2.3 Interfaz natural de usuario.** Son aquellas en las que se interactúa con un sistema, aplicación, etc., sin utilizar dispositivos de entrada como ratón, teclado, lápiz óptico, etc. En lugar de éstos se utilizan las manos o las yemas de los dedos. (H.T.D, 2013)

Figura 24. Interfaz natural de usuario



Fuente: <http://www.trendhunter.com/trends/minority-report-becomes-reality-interface-free-touch-driven-screen>

## **CAPÍTULO III**

### **3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SOFTWARE DE MANTENIMIENTO EXISTENTES**

#### **3.1 Historia del software de mantenimiento**

La aparición de los software de mantenimiento tiene sus inicios en la década de los 70 gracias a la aparición de las técnicas modernas de mantenimiento como son el TPM, CBM, RCM entre otros, el uso de estas estrategias de mantenimiento dieron como resultado una revolución tecnológica, los encargados del mantenimiento se vieron obligados a desarrollar nuevas herramientas para el control de las averías.

Entre ellas se desarrollaron software que en principio servían para llevar un registro histórico de los equipos existentes en la planta, mas hoy en día su uso es ilimitado pudiendo controlar todos los aspectos referentes al uso de las nuevas técnicas de mantenimiento, actualmente estas herramientas son llamadas CMMS.

#### **3.2 Gestión del mantenimiento asistido por computadora**

Computerized maintenance management system (CMMS) en esencia es una herramienta software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento de una empresa. Básicamente es una base de datos que contiene información sobre la empresa y sus operaciones de mantenimiento. Esta información sirve para que todas las tareas de mantenimiento se realicen de forma más segura y eficaz. También se emplea como herramienta de gestión para la toma de decisiones.

Las plataformas de gestión del mantenimiento asistido por computadora pueden ser utilizadas por cualquier organización que necesite gestionar el mantenimiento de sus equipos, activos y propiedades. Algunas de las soluciones existentes están enfocadas a mercados específicos mantenimiento de flotas de vehículos, infraestructuras sanitarias, etc. aunque también existen productos que enfocados a un mercado general.

El software ofrece una amplia variedad de funcionalidades, dependiendo de las necesidades de cada organización, existiendo en el mercado un gran rango de precios.

Puede ser tanto accesible vía web, mientras que la aplicación se encuentra alojada en los servidores de la empresa que vende el producto o de un proveedor de servicios base de datos o accesible vía LAN si la empresa adquisidora del producto lo aloja en su propio servidor. (W.M.A, 2013)

### 3.3 Tipos de CMMS

Los software de mantenimiento se clasifican en referencia a las características que le da su proveedor en este caso vamos a realizarlo respecto a su entorno de trabajo.

**3.3.1 CMMS de escritorio.** Este tipo de software son los que se instalan en un computador personal sea este de escritorio o portátil, su uso es muy extendido por la versatilidad de estos la base de datos es estática, así que debe ser modificada siempre por el usuario principal o dueño de la licencia.

Figura 25. Sistema de escritorio



Fuente: [http://es.123rf.com/photo\\_15997816\\_computadora-de-escritorio-con-libros-de-vuelo-fuera-de-la-pantalla-la-educacion-en-linea-o-concepto-.html](http://es.123rf.com/photo_15997816_computadora-de-escritorio-con-libros-de-vuelo-fuera-de-la-pantalla-la-educacion-en-linea-o-concepto-.html)

**3.3.2 CMMS en red.** En este tipo el software se instala en diversas computadoras que están conectadas en red, tienen la ventaja de que tienen, un sistema maestro, y las demás entradas son esclavos con lo que se consigue que cualquiera pueda alimentar al sistema pero solo el puerto maestro vea los resultados y genere información.

Figura 26. Sistema en red



Fuente: <http://conchita-shell.blogspot.com/2010/05/uso-de-computadoras-para-el-manejo-y.html>

**3.3.3** *CMMS en nube.* Este tipo de software a pesar de que el instalador es puesto en un computador de escritorio o portátil, su base de datos está en la red, tiene el beneficio de que por lo general el servicio de nube es entregado por los propios proveedores del software, y además al estar en red sus pérdida es casi imposible pudiendo esta base de dato ser utilizada por cualquiera a quien se le dé la dirección y el acceso pudiendo trabajar desde cualquier lugar del mundo.

Figura 27. Sistema en nube



Fuente: <http://blog.espol.edu.ec/immunoz/autor/jocazeva/>

### 3.4 CMMS existentes en el mercado

Hay muchos software de mantenimiento en el mercado, para nuestro objetivo analizaremos tres de gran uso en nuestro medio como son el MP, el SAMM y el PROTEUS.

**3.4.1 MP.** El MP es un software profesional para control y administración del mantenimiento, el objetivo principal del MP es ayudarlo a administrar la gestión de mantenimiento de una manera eficiente, manteniendo toda la información de su departamento de mantenimiento documentada y organizada.

Un sistema computarizado de mantenimiento como el MP se encarga de informar oportunamente sobre los trabajos de mantenimiento que deben realizarse, generando historiales que permiten medir el desempeño de mantenimiento y tomar acciones para mejorarlo. Muchos son los beneficios tangibles e intangibles que pueden obtenerse por la implementación del MP.

Un ambiente de trabajo en donde el mantenimiento se limita a reparar fallas, propicia el trabajo bajo presión, lo cual repercute en la calidad del trabajo y se traduce en mayores exposiciones al riesgo de daños en los equipos y personas. El cambio de mantenimiento

de emergencia a mantenimiento preventivo organizado llega a representar ahorros muy importantes para una empresa. Mediante un mantenimiento preventivo organizado es posible prever las fallas antes de que ocurran, realizando simples rutinas de inspección, ajuste, lubricación o cambio de piezas menores.

Por lo general, la mayoría de las fallas mayores inician con el desgaste de un componente menor que al fallar desencadena un problema de magnitud mucho mayor. Estas fallas por lo general son previsibles y pueden evitarse llevando a cabo simples rutinas de mantenimiento preventivo, redundando en una importante reducción en los costos de mantenimiento al preveer fallas mayores.

El desperfecto de una pieza por falta de mantenimiento puede ocasionar también fallas que paralicen la producción por horas o incluso días, generando fuertes pérdidas. De aquí la importancia de contar con un sistema que permita dirigir eficiente y puntualmente las tareas de mantenimiento preventivo, evitando paros en la producción. En general, el MP contribuye de manera significativa a garantizar una continuidad en los procesos de producción, además de prolongar la vida útil de los equipos.

Otra ventaja de éste CMMS es que permite dejar documentada toda la información del departamento de mantenimiento. Con ello, al haber cambios en el personal de mantenimiento, la información sobre los trabajos que se deben realizar, trabajos realizados, fallas, historiales, etc., queda grabada en el sistema, garantizando así una continuidad en el seguimiento de los programas de mantenimiento.

Figura 28. MP



Fuente: <http://www.soleti.com.mx/subpage5.html>

### 3.4.1.1 Alcances del MP

- *Catálogo de equipos.* Forme su catálogo de equipos y documente en el MP toda la información de sus equipos, como por ejemplo, imágenes, localización, planos, archivos adjuntos, especificaciones, notas, garantías, datos del proveedor, etc. El MP ofrece gran versatilidad al permitir al usuario establecer sus propios campos personalizados para la captura del catálogo de equipos.
- *Catálogo de localizaciones.* Estructure en el MP el árbol de localizaciones que le permitirá dejar documentada la localización de todos y cada uno de sus equipos. Gracias a la estructura arbolar del catálogo de localizaciones, usted podrá establecer filtros para ubicar los equipos a cualquier nivel del árbol.
- *Rutinas de mantenimiento.* Documente en el MP sus planes de mantenimiento rutinario para equipos y localizaciones, indicando las actividades rutinarias que deben realizarse, así como la frecuencia con que debe realizarse cada actividad. El MP permite establecer planes de mantenimiento en base a tiempo o lecturas como por ejemplo kilómetros recorridos, horas de uso, etc. Incluso es posible establecer planes combinados con fechas y lecturas, lo que suceda primero.
- *Ordenes de trabajo.* Día con día el MP analiza las fechas de trabajos programados e informa sobre los trabajos que deben realizarse en el periodo. Seleccione los trabajos y genere las órdenes de trabajo en forma automática desde el MP. A cada orden de trabajo que el usuario genera, el MP asigna un número de folio consecutivo para su control. En una misma orden de trabajo se pueden incluir opcionalmente varios trabajos, tanto de mantenimiento rutinario como de mantenimiento no rutinario. También es posible incluir opcionalmente uno o varios equipos o localizaciones en una misma orden de trabajo.
- *Solicitudes vía internet.* Reporte solicitudes de mantenimiento vía internet. Las solicitudes de mantenimiento que se reportan vía internet, llegan directamente al personal de mantenimiento. Cada vez que alguien reporta una solicitud de mantenimiento vía internet, se abre una ventana en la pantalla de los administradores de mantenimiento indicándoles sobre los trabajos que el personal reporta o solicita. Por otro lado, las personas que hacen una solicitud podrán consultar en Internet el estado que guarda su solicitud, es decir, si su solicitud ya fue leída, fecha programada para realizar el trabajo, si el trabajo ya fue realizado, etc.



- *Calculo automático de los calendarios de mantenimiento.* En los calendarios de mantenimiento el MP marca las fechas cuando deben realizarse los diferentes trabajos de mantenimiento, encargándose el MP de mantener actualizados y al día dichos calendarios. Dada la cantidad de actividades que normalmente deben controlarse y al hecho de que los calendarios constantemente requieren ser actualizados, sólo con un sistema computarizado como el MP es posible mantener organizada toda esta información.
- *Distribución de cargas de trabajo.* El MP cuenta con herramientas que le ayudarán a distribuir las órdenes de trabajo entre el personal de mantenimiento en función de la especialidad y duración estimada de cada orden.
- *Actualización de trabajos realizados.* Una vez que se realicen los trabajos, el usuario deberá reportar en el MP sobre los trabajos realizados. Cuando el usuario reporta en el MP sobre algún trabajo de mantenimiento rutinario realizado, en forma automática el MP genera la fecha próxima para cuando dicho trabajo deba volver a realizarse. Conforme se van marcando los trabajos como realizados, un control gráfico muestra el avance de cada OT.
- *Mediciones predictivas.* Existen trabajos de mantenimiento que implican la toma de una medición, como por ejemplo medir temperatura, vibración, desgaste, etc. Documente en el MP el valor de las mediciones que realiza a sus equipos. El MP grafica dichas mediciones y lo mantiene informado sobre todos aquellos equipos con mediciones fuera o cercanas a límites.
- *Inventario de repuestos y consumibles.* El MP Profesional y Empresarial incluyen un programa de inventario muy completo denominado Inventario de Repuestos que permite controlar en forma eficiente existencias de materiales y repuestos, movimientos de entradas y salidas, kardex, valuación del inventario por diferentes métodos, calcular el abastecimiento, proveedores, compras, etc. Otra característica es la opción de manejar multi almacenes y marcas equivalentes para un mismo producto, así como código de barras. No obstante que el inventario es un programa independiente al MP, desde el MP el usuario podrá ligarse a la base de datos del Inventario para consultar existencias, generar en forma automática los vales de salida de material y determinar los repuestos y consumibles necesarios para realizar las diferentes actividades.

- *Catálogo de mano de obra.* En el MP el usuario captura el Catálogo de Mano de Obra en el que quedan registrados los nombres, especialidades, costos por hora y costos extraordinarios del personal involucrado en las labores de mantenimiento. La información de este catálogo permitirá la designación de responsables para las órdenes de trabajo, así como el registro del tiempo consumido por concepto de mano de obra en cada orden de trabajo.
- *Catálogo de proveedores y servicios externos.* El MP contempla un catálogo de proveedores de equipos y servicios. Los equipos que se registren en el MP, podrán relacionarse con su respectivo proveedor. El usuario podrá consultar en línea la información del proveedor como por ejemplo, contactos, teléfonos, etc. Podrá también formar un catálogo de los servicios que cada proveedor ofrece y documentar en el MP el consumo de servicios.
- *Control de resguardos y devoluciones de herramientas.* El MP Profesional y el MP Empresarial incluyen un programa denominado Control de Herramientas. Este programa permite controlar resguardos y devoluciones de todas las herramientas entregadas a los trabajadores. El programa permite entre otras cosas consultar en línea quien tiene o donde se encuentra cada una de las herramientas. Antes de proceder a efectuar un trabajo de mantenimiento, desde el MP el usuario podrá consultar la disponibilidad o existencias en el almacén de las herramientas que empleará para realizar los trabajos encomendados.
- *Asociación de recursos y actividades.* La asociación de los recursos a las actividades consiste en establecer para cada una de las actividades de mantenimiento rutinario, los recursos materiales (repuestos y consumibles), mano de obra, servicios externos y herramientas necesarios para realizarlas.
- *Flujo de recursos.* Conociendo los recursos que se requieren para realizar cada actividad y las fechas programadas para realizarlas, el MP calcula las cantidades de cada recurso por emplear en los siguientes días o meses, así como los costos programados.
- *Vales de almacén.* Genere los vales de almacén en forma automática en el MP y descárguelos al momento de generar su movimiento de salida desde el inventario de repuestos.
- *Consumos.* El MP permite documentar el consumo de los repuestos, mano de obra y servicios externos utilizados durante la ejecución de los trabajos de

mantenimiento. Esto nos permitirá hacer consultas sobre los recursos utilizados en cada equipo y analizar costos de mantenimiento.

- *Calculo automático del abastecimiento.* El Inventario de Repuestos consulta al MP para calcular el abastecimiento oportuno y justo a tiempo de los repuestos y consumibles que deberán adquirirse para cumplir con los programas de mantenimiento. El cálculo se lleva a cabo tomando en cuenta las existencias y los recursos programados.
- *Historial de consumos y trabajos realizados.* El MP mantiene organizada, actualizada y disponible para consulta toda la información histórica referente a trabajos realizados y recursos utilizados.
- *Grafica programado vs realizado.* Gráfica en la que se comparan mensualmente la cantidad de actividades programadas y la cantidad de actividades realizadas.
- *Análisis de fallas y causas raíz.* Detecte los tipos de equipo que más fallas presentan, las fallas más frecuentes y sus causas raíz.
- *Historia gráfica.* En forma gráfica se muestra la historia de mantenimientos efectuados a un equipo en un lapso de tiempo, mostrando periodos protegidos y periodos desprotegidos. Esta gráfica constituye un indicador para evaluar la vulnerabilidad de los equipos y en ella es posible visualizar que tan apegado a lo programado ha sido la ejecución de los trabajos de mantenimiento. Permite también relacionar fallas con los planes de mantenimiento ayudando a hacer los ajustes necesarios en los planes de mantenimiento para evitar que determinada falla vuelva a presentarse.
- *Grafica de costos, paros, etc.* Genere gran cantidad de consultas, gráficas y reportes relacionados con la gestión del mantenimiento, como gráficas de costos, paros, etc.
- *Índices de mantenimiento.* El MP calcula tres índices de mantenimiento, tiempo medio entre fallas, tiempo medio para reparación y disponibilidad.
- *Control de garantías.* El MP permite documentar las garantías de cada equipo, ya sea que se trate de la garantía del equipo, de un repuesto o incluso la garantía por un servicio. Accesando a este módulo podrá consultar todas las garantías vigentes de un equipo.
- *Librerías.* Una librería es un archivo que contiene una serie de planes de mantenimiento prefabricados de diversos equipos típicos. El MP incluye librerías

con una amplia variedad de planes de mantenimiento prefabricados que le facilitarán sin lugar a dudas la implementación del MP.


- *Seguridad.* Para seguridad de su sistema de mantenimiento, el MP permite dar de alta a los usuarios que tendrán acceso al MP. Los usuarios registrados tendrán acceso al programa mediante una clave de acceso y podrán tener permiso total o limitado para acceder diferentes módulos y ejecutar funciones determinadas.

**3.4.1.2** *Sectores de aplicación del MP.* Sin importar el tamaño de la empresa, su versatilidad permite implementarlo en cualquier lugar en donde haya equipos, maquinaria e instalaciones sujetas a mantenimiento. Las cuales son:

- Industrias.
- Constructoras.
- Hoteles.
- Hospitales.
- Flotillas.
- Empresas de servicios.

**3.4.1.3** *Requerimientos de hardware del MP.* Los mínimos necesarios para el funcionamiento de los diferentes tipos del MP se desglosan en la tabla 1.

Tabla 1. Requerimientos de hardware

 <b>Requerimientos mínimos de hardware</b>	
<b>Versión Monousuario</b>	
Usuario	
Sistema operativo de 32 y 64 bits	Windows 2000/XP/Vista/Windows 7/Windows 8
Procesador	Pentium III 800 MHz o superior
Memoria RAM	Windows 2000/XP: 256 MB (512 MB recomendado)
	Windows Vista: 1 GB (2 GB recomendado)
Espacio en disco	500 MB (instalando los cursos en video) 130 MB (sin instalar los cursos en video)
Monitor	Resolución de 1024x768 pixeles, color de alta densidad
<b>Versión Red</b>	
Ciente	
Sistema operativo de 32 y 64 bits	Windows 2000/XP/Vista/Windows 7/Windows 8
Procesador	Pentium III 800 MHz o superior
Memoria RAM	Windows 2000/XP: 256 MB (512 MB recomendado)
	Windows Vista: 1 GB (2 GB recomendado)
Espacio en disco	470 MB (instalando los cursos en video) 100 MB (sin instalar los cursos en video)
Monitor	Resolución de 1024x768 pixeles, color de alta densidad
Servidor	
Sistema operativo de 32 y 64 bits	Windows 2000 Server/2003 Server/2008 Server
Procesador	Pentium III 500 MHz o superior
Memoria RAM	512 MB (2 GB recomendado)
Espacio en disco	240 MB

Fuente: [http://www.mpsoftware.com.mx/software\\_mantenimiento/index.html](http://www.mpsoftware.com.mx/software_mantenimiento/index.html)

**3.4.2 SAMM.** SAMM es un sistema de administración de mantenimiento moderno por sus siglas, es el sistema especializado para mantenimiento en empresas de servicios y manufactura, es el resultado de 9 años de experiencia en el sector de mantenimiento, cada una de sus versiones ha involucrado el knowhow del sector y nuestros consultores, hoy cuenta con más de 140 implementaciones en Colombia y en el exterior con

alrededor de 1000 usuarios interactuando con la herramienta generando una comunidad en torno a las operaciones de mantenimiento, aumentando el nivel de calidad en la prestación de este tipo de servicios.

SAMM según palabras de los usuarios es la principal herramienta de gestión y gerencia de mantenimiento, evitando pérdidas de tiempo en tareas repetitivas y obteniendo una visión completa del estado del departamento de servicio en una sola pantalla, SAMM permite llevar toda la información de su departamento desde la llamada o solicitud de su cliente hasta el cierre de la misma pasando por los diferentes procesos del flujo de servicio como son el diagnóstico, cotización, solicitud de repuestos, ejecución, liquidación y cierre.

Cuentan con varias versiones dependiendo del tamaño de la empresa, sus necesidades de comunicación e infraestructura, la nueva versión SAMM Web es la evolución del trabajo y conocimiento a lo largo de estos años de implementación y consultoría de la versión SAMM 4.0 versión cliente servidor aplicación existente en el mercado desde hace 3 años.

Figura 29. SAMM



Fuente: <http://www.idaesoluciones.com/samm.html>

**3.4.2.1 Alcances del SAMM.** SAMM apunta a las últimas tecnologías de comunicación: Internet, manejando su mantenimiento en tiempo real desde donde se encuentre su personal de servicio y mantenimiento. Las empresas podrán estar preparadas para ofrecer un mantenimiento de clase mundial con herramientas de última generación.

- *Interfaz gráfica amigable.* SAMM está desarrollado en un ambiente gráfico sencillo que le permite facilidad en el ingreso y consulta de la información, con un

registro de ágil y práctico, asegurando facilidad de uso a los administradores y usuarios del sistema, su última versión fue diseñada para que disfrute la ejecución de trabajo con iconografía intuitiva y contando con el apoyo de ayudas en línea.

- *Control total sobre el flujo de servicio.* Registro de la operación en tiempo real, en SAMM realizamos el proceso secuencial del servicio, iniciando con la cotización de servicio, la asignación de recursos como mano de obra, repuestos y herramientas, culminando con el proceso de costeo y cierre, de esta forma aseguramos un seguimiento detallado del servicio, y podremos obtener al finalizar un periodo informes ágiles sobre el desempeño de la operación.
- *Seguimiento controlado del servicio.* Con las herramientas de control incluidas en SAMM y la interfaz de programación de recursos, usted podrá identificar rápidamente, Quien está ejecutando una actividad, como debe realizarla, cuando y donde debe ser desarrollarla, confíe en SAMM la información que hasta hoy usted lleva en su cabeza.
- *Ciclo evolutivo constante.* SAMM es una aplicación que diariamente se está alimentando con los diferentes modelos de servicio de cada compañía en la que trabajamos, permitiéndonos ser dinámicos con las necesidades del mercado y contar con una aplicación más integral y práctica día a día.
- *Aplicable en diferentes sectores industriales.* SAMM es un facilitador en la gestión del servicio, es una vía a la organización y control del departamento, en los procesos de servicio el flujo de información es similar, creación de una orden de trabajo, asignación de recursos, lo que difiere es el tipo de equipo y aquí es donde SAMM se encarga de parametrizarse según las necesidades de su compañía.
- *Escalable de acuerdo a su empresa.* Diferentes versiones de acuerdo a su infraestructura, tamaño, nivel de técnicos, SAMM crece con su compañía en el tiempo permitiendo la configuración de diferentes niveles de acceso para sus sucursales o agencias de servicio a nivel nacional, centralizando la operación.
- *Flujo de documentos.* Creación de diferentes documentos relacionados entre sí para llevar un seguimiento correcto de su operación solicitud de servicio, orden de trabajo, cotización, requisición de repuestos, remisiones de entrada y salida, relaciones de gastos, órdenes de compra entre otros. Asegurando la trazabilidad de todo su proceso de servicio.

**3.4.2.2 Sectores de aplicación del SAMM.** SAMM se orienta principalmente a cinco tipos de empresas:

- Empresas comercializadoras de equipos con departamento de mantenimiento y/o soporte post venta.
- Empresas dedicadas a mantenimiento de equipos e instalaciones.
- Empresas manufactureras y de construcción con maquinaria en sus plantas.
- Concesionarios de vehículos o mantenimiento de flotas.
- Empresas de servicios de ingeniería.

Además de sectores de servicio dentro de los que se destacan:

- Energía.
- Salud.
- Aire Acondicionado.
- Equipos industriales.
- Aire Comprimido.
- Maquinaria para Construcción.
- Transporte y movimiento de carga.
- Construcción y Montaje de obras.
- Comunicaciones y tecnología.

**3.4.2.3 Requerimiento de hardware del SAMM.** Los mínimos necesarios para el funcionamiento de los diferentes tipos del MP se desglosan en la tabla 2.



Tabla 2. Requerimiento de hardware

Sistema operativo de 32 y 64 bits	Windows 2000/XP/Vista/Windows 7/Windows 8
Procesador	Pentium III 800 MHz o superior
Memoria RAM	Windows 2000/XP: 256 MB (512 MB recomendado)
	Windows Vista: 1 GB (2 GB recomendado)
Espacio en disco	1000 MB (instalando los cursos en video)
	500 MB (sin instalar los cursos en video)
Monitor	Resolución de 1024x768 pixeles, color de alta densidad

Fuente: <http://www.idaesoluciones.com/SAMM-descargas.html>

**3.4.3 PROTEUS.** PROTEUS CMMS es un completo sistema de software para administración de activos y mantenimiento, fácil de usar, que ayuda a las empresas a incrementar su retorno de inversión al tiempo que reduce el costo de operación.

PROTEUS integra administración de activos, administración de mantenimiento, inventarios, mano de obra y funciones de compras para mejorar la programación, reducción de costos, planificación de recursos y más.

PROTEUS está disponible en dos opciones PROTEUS PROFESSIONAL para pequeñas y medianas instalaciones y PROTEUS ENTERPRISE para administrar los activos empresariales a lo largo de varias ubicaciones y bases de datos.

Figura 30. PROTEUS



Fuente: <http://www.prweb.com/releases/2011/8/prweb8707478.htm>

#### 3.4.3.1 Alcances del PROTEUS

- *Facilidad de integración.* Interface con sistemas de manufactura tipo ERP. Interface con los sistemas de automatización de Edificios.
- *Interface con automatización de edificios.* Generación automática de órdenes de trabajo en respuesta a alarmas y tiempo de operación en edificios. Documenta acciones correctivas tomadas para efectos de certificación
- *Fácil de instalar.* Traslado de datos de otros sistemas a PROTEUS. Múltiples idiomas y monedas para operaciones globales
- *Entrenamiento comprensivo.* PROTEUS es amigable y fácil de usar. Planeación para la implantación y asistencia técnica.
- *Escalabilidad.* Crece de acuerdo a las necesidades de su organización. Puede incrementar su capacidad cuando se requiera.
- *Manejo de múltiples localizaciones.* El mantenimiento de múltiples localizaciones puede ser supervisado desde un centro de comando centralizado. Con PROTEUS usted puede operar su empresa desde su cubículo.
- *Capacidad de personalización.* PROTEUS puede ser personalizado a los requerimientos particulares de su organización. Todos los reportes y gráficas pueden ser modificados por el Usuario, nuevos reportes pueden ser desarrollados.
- *Programación del preventivo maestro.* Genera órdenes de trabajo planeadas, para mantenimiento regular y para preventivo. Captura costos, horas de mano de obra, refacciones y contratistas durante la vida en uso de un activo

- *Programación multi ciclo.* Un solo programa de mantenimiento para un activo puede ser desarrollado con todos sus ciclos de realización. Los MP pueden ser en base a su corrida de operación.
- *Mantenimiento correctivo.* Lleva registro de causas de falla y el tiempo muerto downtime incurrido. Eficiente registro de reparaciones no programadas en respuesta a alarmas o trabajo de emergencia.
- *Administración de inventarios.* Identifica y administra refacciones y equipo usados en mantenimiento. Disminuye las piezas obsoletas.
- *Administración de personal.* Asegura una planeación óptima de mano de obra al generar planes de acción diarios y semanales. Registra y reporta la productividad objetivamente.
- *Administración de proveedores.* Identifica vendedores y proveedores de refacciones y el equipo donde se aplican. Genera y controla requisiciones y/o órdenes de compra.

**3.4.3.2 Sectores de aplicación del PROTEUS.** PROTEUS es una solución eficiente y rentable para instalaciones de cualquier tamaño. Es ampliamente reconocido como uno de los más versátiles sistemas de mantenimiento, ya que han sido juzgados y probados a través de más de 5000 instalaciones, en estas áreas:

- Aeropuertos.
- Automoción.
- Educación.
- Proceso de comida.
- Gobierno.
- Salud vida Instalaciones.
- Ciencia farmacéutico.
- Alojamiento Manufactura
- Utilidades por menor

**3.4.3.3 Requerimiento de hardware del PROTEUS.** Los mínimos necesarios para el funcionamiento de los diferentes tipos del MP se desglosan en la Tabla 3.

Tabla 3. Requerimiento de hardware

<b>PROTEUS Requisitos del sistema</b>	
Soporte de base de datos	Microsoft SQL Server 2008 o 2008 R2
Soporte del Sistema Operativo	Windows Server 2008 (32 bits o 64) Windows Server 2008 R2 (32 o 64 bits)
Servidores Web compatibles	Internet Information Services (IIS) v7
Compatibilidad con exploradores	Microsoft Internet Explorer 8 Microsoft Internet Explorer 9 Google Chrome
Recomendaciones de hardware del servidor	2.0 Ghz o superior, multi-core procesador ambiente 4 gigabytes o mejor de memoria disponible (32-bit OS) 6 gigabytes o mejor de memoria disponible (64-bit OS)
Recomendaciones de hardware del cliente	2 gigabytes o mejor de memoria disponible 2,0 GHz o superior, multi-core procesador ambiente Vídeo capaz de hacer un mínimo de tarjetas resolución de 1280 x 1024

Fuente: <http://www.eaglecmms.com/Spanish.htm>

### 3.5 Síntesis de los CMMS

Los CMMS analizados, todos tienen algo en común, son de licencia o de pago, los tres nos ofrecen versiones de prueba pero al descargar los instaladores, tenemos que seguir un proceso para evaluar el demo al final no se ha podido probar la interface, aunque se ha revisado los tutoriales en los que se nos da una expectativa de lo que esperamos del software en base a esto podemos decir:

- Todos son de interfaces gráficas, pero no sabemos qué tipo o a qué sistema de mantenimiento está orientado.
- Lo principal es el control del mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.
- Gestión de órdenes de trabajo.
- Las bases de datos son de Microsoft eso es un problema por las licencias de Access.

- Para utilizar los demos las tres empresas de software, requieren información de la industria en que se desea implementar, intentan conseguir información de un modo nada ético.
- El precio de las licencias varían de \$3000 a \$5000 anual, dependiendo de la versión que se desee adquirir.

Todos estos software ofrecen grandes cosas pero no se ha logrado conseguir ninguno de ellos, que este funcional, una de las razones es que utilizan llaves físicas lo que casi imposibilita obtener una versión libre, además de del celo con el que cuidan cualquier cualidad específica del software.

Otra razón para la falta de este tipo de software no se pueda encontrar libre es que son muy pocos los profesionales con la orientación en la optimización del mantenimiento o empresas muy poco preocupadas por esta área, esta es la gran crisis que sufre en los últimos años el mantenimiento.

Revisado estos CMMS, se ha encontrado grandes cualidades de cada uno de ellos, siendo una de las características más apreciables el ser amigable con el usuario, una interface sencilla y directa, además del enfoque central que sería la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo, y la creación y administración de las órdenes de trabajo y del personal.

**3.5.1** *Análisis de las cualidades de los CMMS.* Las características principales de estos software nos conllevan a conseguir según sea nuestra necesidad o la de la industria a implementar una serie de beneficios entre los que mencionaremos:

- Optimización de los recursos.
- Mejora de la planificación, seguimiento y aplicación.
- Mayor disponibilidad, disminución de existencias, fácil localización.
- Mejoras en la calidad y productividad de la organización.
- Disminución de los tiempos de paro en elementos productivos. Mayor fiabilidad y disponibilidad.
- Información actualizada, inmediata de todos los componentes del proceso.
- Mejora de los procesos de actuación establecidos.

- Posibilidad de realizar estudios y anticipar cargas de trabajo o consumo de piezas.
- Conocimiento inmediato de los gastos originados por cualquiera de los elementos controlados.
- Ajuste de los planes de mantenimiento a las características reales.
- Permitir la participación en un TPM, CBM, RCM, etc.
- Trazabilidad del equipamiento.
- Posibilidad de implementar cualquiera de las metodologías de mantenimiento existentes.
- Mejor control de actividades subcontratadas.
- En general el control de cualquiera de los procesos implicados en el mantenimiento.
- Seguridad industrial.
- Seguimiento de garantías.

Sea cual sea nuestra necesidad un CMMS nos ayudara, más aun será necesario para la implementación moderna de un buen sistema de mantenimiento, estas cualidades son inherentes de un CMMS, y para que un nuevo software sea diseñado deben estar presentes.

**3.5.2** *Propuesta de un CMMS de código libre.* El software libre se ha convertido en los últimos años en un fenómeno imparable. Ciertamente, el desafío que supone va más allá de elementos meramente técnicos, ya que se diferencia del software tradicional, en aspectos más fundamentales, que involucran desde razones filosóficas hasta nuevas pautas económicas y de mercado. (D.W.A, 2013)

En referencia a esto se ha decidido crear un nuevo CMMS con los últimos estándares establecidos, y que además su código sea de uso libre, para lograr desarrollar esto se seguirá las siguientes pautas:

- *Interface gráfica.* Esto es lo más sobresaliente en el moderno software, una interfaz amigable con el usuario, y de uso específico con lo que se logra que el usuario lo vea como una alternativa viable.

- *Órdenes de trabajo.* Asignación de recursos humanos, reserva de material, costos, seguimiento de información relevante como causa del problema, duración del fallo y recomendaciones para acciones futuras.
- *Mantenimiento preventivo.* Seguimiento de las tareas de mantenimiento, creación de instrucciones pasó a paso o checklists, lista de materiales necesarios y otros detalles. Normalmente los programas de gestión del mantenimiento asistido por computadora programan procesos de mantenimiento automáticamente basándose en agendas o la lectura de diferentes parámetros.
- *Mantenimiento correctivo.* Llevar un control del mantenimiento, análisis de la causa raíz de la falla, gestión del personal más idóneo según sea la necesidad y llevar un registro estadístico de las máquinas.
- *Gestión de activos.* Registro referente a los equipos y propiedades de la organización, incluyendo detalles, información sobre garantías, contrato de servicio, partes de repuesto y cualquier otro parámetro que pueda ser de ayuda para la gestión. Además también pueden generar parámetros como los índices de estado de las infraestructuras.
- *Recursos humanos.* Establece el control y gestión de los recursos humanos del área o servicio de mantenimiento. Pueden ser establecidos como competencias laborales necesarias vs. existentes.

Con esto se desea lograr un CMMS de gran calidad capaz de competir y superar a cualquier otro tipo de software de mantenimiento existente en el mercado, además de poder ser modificado por cualquier otro usuario lo que generara con el tiempo ramificaciones de este CMMS, tiendo como base el código que aquí creamos.

Lo más importante es que este CMMS será completamente gratuito, de licencia libre, lo que nos llevara a su rápida difusión entre los estudiantes, sea de mecánica, mantenimiento, carreras afines al sector industrial e incluso personas particulares interesadas en la implementación, seguidamente será llevado a las industrias lo que sería lo ideal generando así un ahorro significativo, al no tener que pagar licencias de otros CMMS.

## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE

#### 4.1 Políticas de uso

Lo establecido en acuerdo con la Escuela de Ingeniería Mecánica, es que este programa de mantenimiento sea utilizado por cualquier institución o usuario. Se determinó esta política en razón que es un programa de código libre.

#### 4.2 Tendencias actuales en la ingeniería de software

La ingeniería de software es una disciplina joven y aún está en desarrollo. Las direcciones en que la ingeniería de software se está desarrollando incluyen.

**4.2.1 Aspectos.** Los aspectos ayudan a los ingenieros de software a lidiar con los atributos de calidad al proporcionar herramientas para añadir o quitar código repetitivo de muchas áreas en el código fuente.

Los aspectos describen cómo todos los objetos o funciones deben comportarse en circunstancias particulares. Por ejemplo, los aspectos pueden agregar control de depuración, registro o bloqueo en todos los objetos de un tipo particular.

Los investigadores actualmente están trabajando para comprender cómo utilizar aspectos para diseñar el código de propósito general. Conceptos relacionados incluyen programación generativa y plantillas.

**4.2.2 Ágil.** El desarrollo ágil de software guía a los proyectos de desarrollo de software que evolucionan rápidamente con cambiantes expectativas y mercados competitivos. Los proponentes de este método creen que procesos pesados, dirigidos por documentos están desapareciendo en importancia.



Algunas personas creen que las empresas y agencias exportan muchos de los puestos de trabajo que pueden ser guiados por procesos pesados. Conceptos relacionados incluyen la programación extrema, scrum y lean software development.

**4.2.3** *Experimental.* La ingeniería de software experimental es una rama de la ingeniería de software interesada en la elaboración de experimentos sobre el software, en la recolección de datos de los experimentos y en la elaboración de leyes y teorías desde estos datos.

Los proponentes de este método defienden que la naturaleza del software es tal que podemos hacer avanzar el conocimiento en software a través de sólo experimentos.

**4.2.4** *Modeldriven.* El diseño manejado por modelos desarrolla modelos textuales y gráficos como artefactos primarios de diseño.

Hay disponibles herramientas de desarrollo que usan transformación de modelo y generación de código para generar fragmentos de código bien organizado que sirven como base para producir aplicaciones completas.

**4.2.5** *Líneas de productos de software.* Las líneas de producción de software es una forma sistemática para producir familias de sistemas de software, en lugar de crear una sucesión de productos completamente individuales.

Este método destaca una extensiva, sistemática, reutilización de código formal, para intentar industrializar el proceso de desarrollo de software.

### **4.3 Funciones del software**

Las funciones principales del software de gestión del mantenimiento son:

- La entrada, salvaguarda y gestión de toda la información relacionada con el mantenimiento de forma que pueda ser accesible en cualquier momento de uno u otro modo.
- Permitir la planificación y control del mantenimiento.

- Suministro de información procesada y tabulada de forma que pueda emplearse en la evaluación de resultados y servir de base para la correcta toma de decisiones.

#### **4.4 Narración descriptiva del software**

El Software elaborado tiene como principal característica que antes de ingresar a su sistema, pide una confirmación de usuario y contraseña, tantas veces se necesite usarlo, una vez realizado la validación de esos parámetros la ventana principal presenta ocho menús, a continuación se describe:

- Archivo. Permite el ingreso de usuario y contraseña, formulación de procesos, el control de parámetros así como la salida del programa.
- Catálogos. En este menú podemos registrar al personal encargado de mantenimiento así como la maquinaria a cargo del departamento de mantenimiento.
- Planes. Permite la elaboración de los planes de mantenimiento dependiendo de la maquinaria existente.
- Órdenes. Aquí podemos realizar las ordenes de trabajo configurarlas así como imprimirlas.
- Reportes. En este menú nos permite visualizar gráficamente una variedad de datos ingresados al sistema.
- Utilidades. Se ha creado con la intención de que el usuario pudiera en un momento dado respaldar o restaurar la base de datos.
- Bitácora. Un menú controlado por el submenú parámetros nos posibilita el llevar un control de quienes ingresan al sistema además de conocer que hicieron.
- Ayuda. Permite visualizar información del sistema.

#### **4.5 Análisis de requerimientos**

La implementación del programa se la realizará mediante la herramienta NetBeans, con la base de datos en MySQL y lenguaje Java, los que son de licencia libre.

**4.5.1** *Requerimientos de hardware.* Para el desarrollo del software es necesario lo siguiente:

- Procesador 1,5 GHz como mínimo.
- Memoria RAM 512 MB como mínimo.
- 200 MB libres en disco duro.

**4.5.2** *Requerimientos de software.* Para ejecutar este software se tiene que disponer del siguiente software necesario para el funcionamiento normal:

- Windows 7 o superior.
- Java virtual machine.

## **4.6** **Diseño**

**4.6.1** *Diagrama de flujo de datos.* Separamos la solución lógica de programación de la parte de reglas y sintaxis de codificación con esta división del trabajo se obtiene mayor eficiencia.

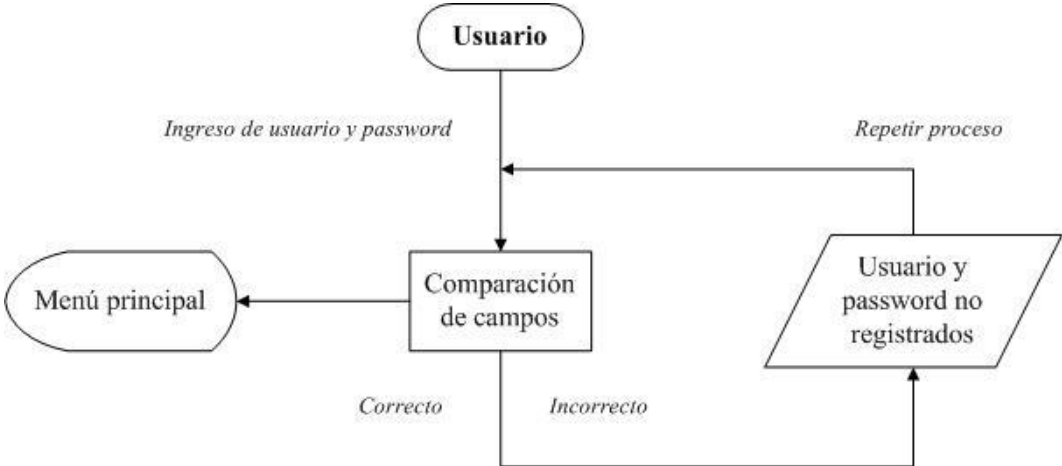
**4.6.1.1** *Diagrama de ingreso al software.* Para ingresar al software de mantenimiento se requiere de una contraseña, luego de su comparación y procesamiento llegamos a la pantalla principal del software.

Tabla 4. Usuarios por defecto

<b>Usuarios</b>	<b>Password</b>	<b>Nombre</b>	<b>Role</b>
EAltamirano	2000066916	Edwin Byron Altamirano Trujillo	Diseñador
NTuquinga	6030830118	Nelson Iván Tuquinga Sagnay	Diseñador
ECuadrado	espochec	Ing. Edwin Cuadrado	Director
RDiaz	epochrd	Ing. Rodrigo Diaz	Asesor

Fuente: Autores

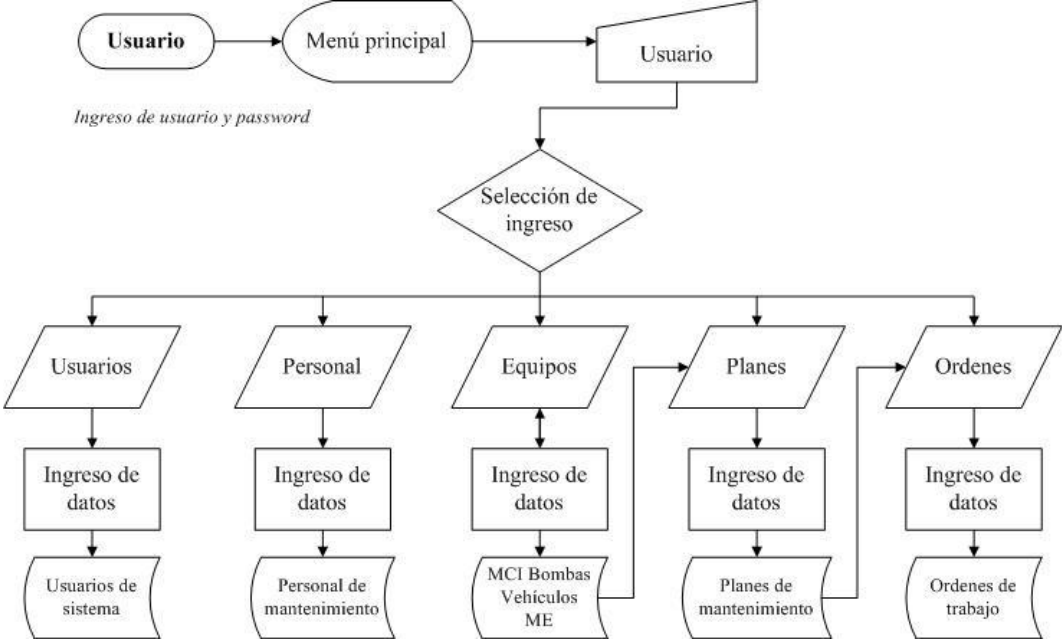
Figura 31. Diagrama de flujo de ingreso al software



Fuente: Autores

4.6.1.2 *Diagrama de ingreso de datos.* El ingreso de datos, visualización, manipulación y actualización lo realizará únicamente el usuario que tenga permisos asignados por un administrador, accederá con su contraseña hasta la pantalla principal y a su consideración, decidirá ingresar.

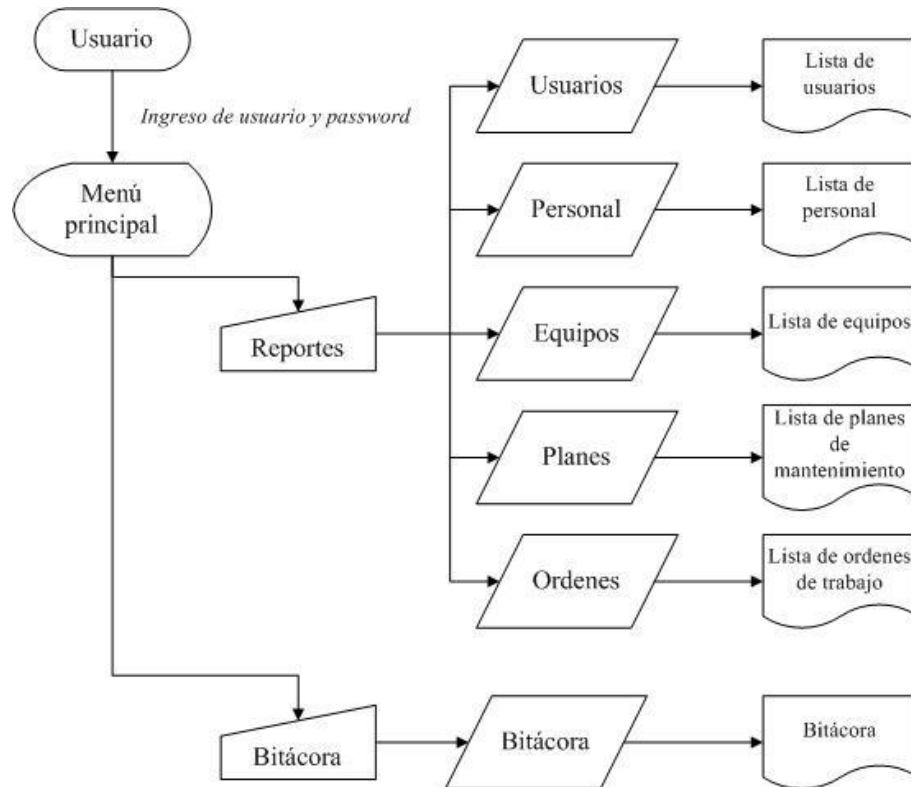
Figura 32. Diagrama de flujo de ingreso de datos



Fuente: Autores

**4.6.1.3 Diagrama de visualización de datos.** Aquí se deseó que la visualización se la más rápidamente posible tanto de los reportes como de la bitácora.

Figura 33. Diagrama de flujo de la visualización de datos



Fuente: Autores

**4.6.2 Diseño de base de datos.** Una base de datos es un conjunto de datos y un gestor de base de datos, además es una aplicación capaz de manejar este conjunto de datos de manera eficiente y cómoda.

Una base de datos relacional es un conjunto de datos que están almacenados en tablas entre las cuales se establecen unas relaciones para manejar los datos de una forma eficiente y segura. Para usar y gestionar una base de datos relacional se usa el lenguaje estándar de programación SQL.



#### 4.6.3 *Diseño de la presentación del software*

**4.6.3.1 *Ingreso al sistema.*** Es la primera ventana que se presenta antes de iniciar el programa y su objetivo es la petición de usuario y clave para ser confirmados. Si son incorrectos o no son escritos el programa no se ejecutará.

Figura 35. Ventana de petición de usuario y password



The image shows a screenshot of a Windows-style dialog box titled "3M Inicio de Sesión". The dialog box contains four input fields: "Usuario:" with the text "EAltmirano", "Password:" with ten black dots, "Nombre:" with a greyed-out field, and "Role" with a greyed-out field. At the bottom of the dialog box, there are two buttons: "Aceptar" on the left and "Cancelar" on the right. The dialog box has a standard Windows window border with minimize, maximize, and close buttons in the top right corner.

Fuente: Autores

**4.6.3.2 *Ventana principal.*** Es la ventana que contiene todas las opciones que presenta el programa, tanto para realizar ingresos, modificar información, visualizar datos y reportes.

Figura 36. Ventana de menú principal

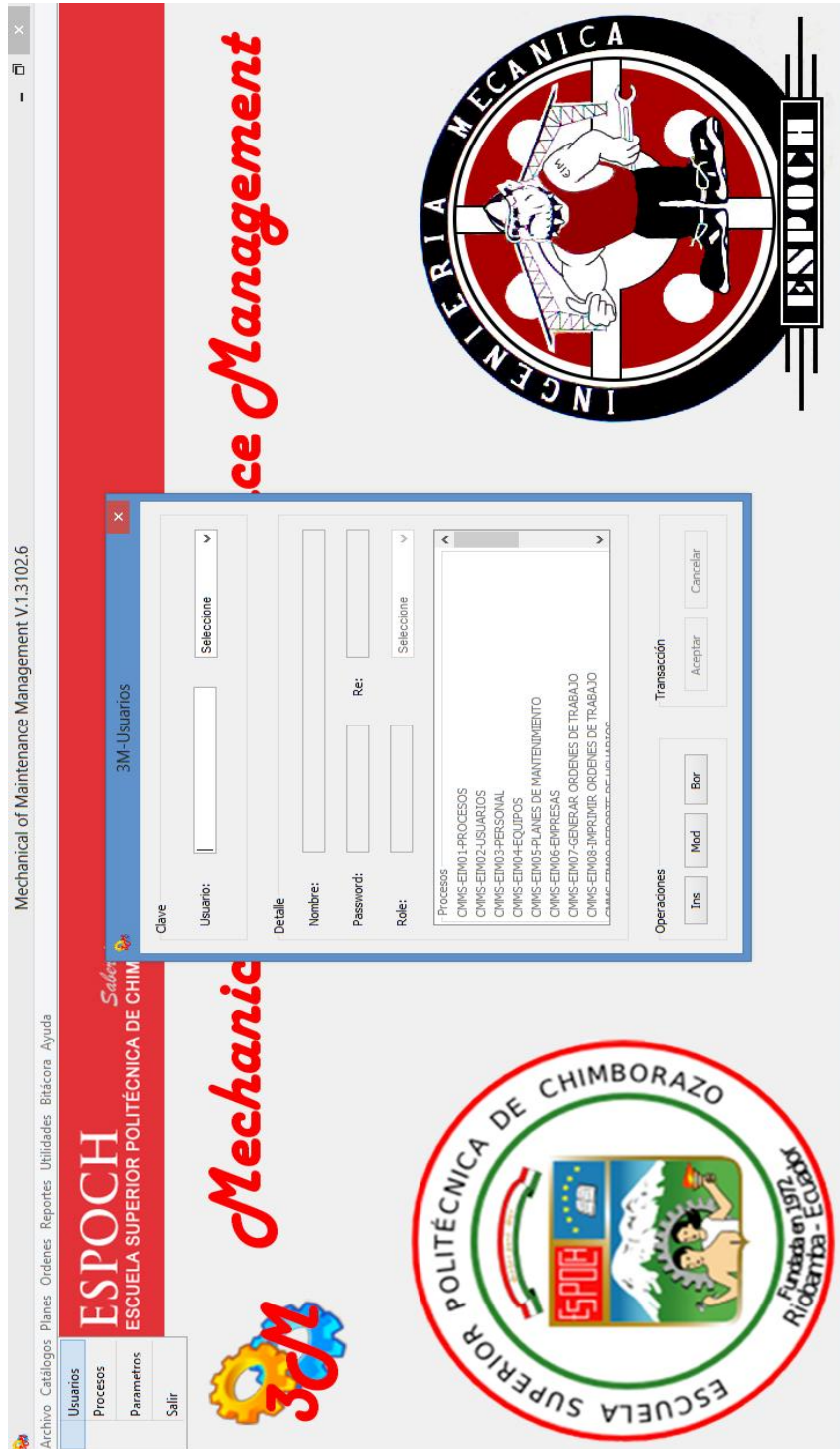


Fuente: Autores

- 4.6.3.3 Menú archivo.** En este menú controlamos el acceso al sistema además de los parámetros de funcionamiento del mismo.
- *Submenú usuarios.* Permite crear, borrar o modificar un usuario del sistema, además de poder otorgarles el permiso de los diferentes procesos.



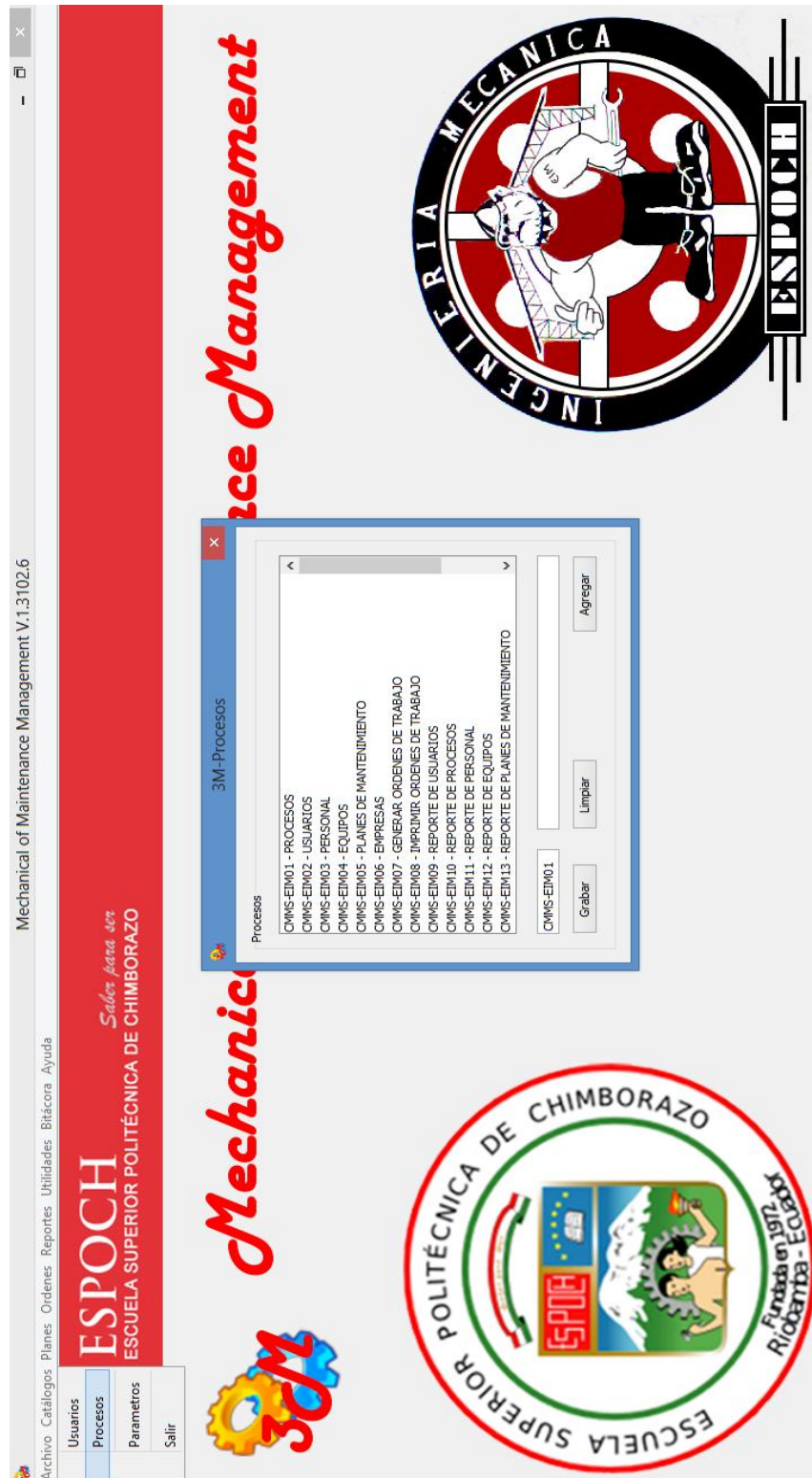
Figura 37. Submenú usuarios



Fuente: Autores

- *Submenú procesos.* En este submenú nos permite ingresar un nuevo proceso aparte de los que se encuentra por defecto.

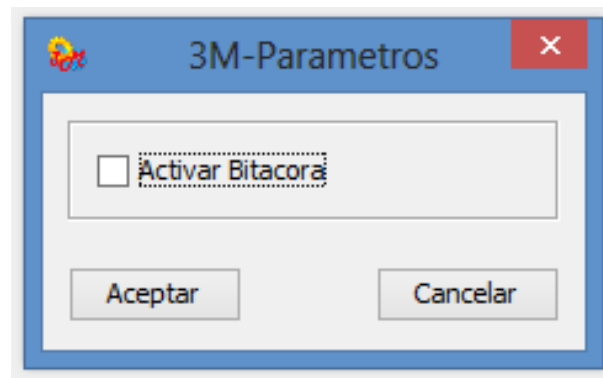
Figura 38. Submenú procesos



Fuente: Autores

- *Submenú parámetros.* Aquí controlamos la bitácora.

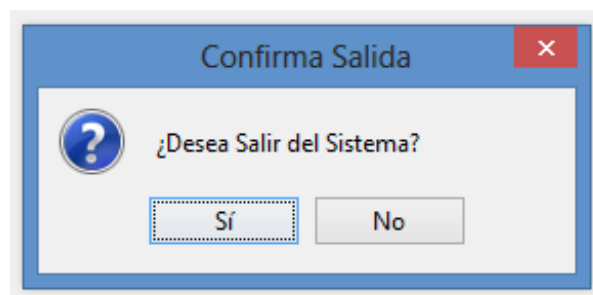
Figura 39. Submenú parámetros



Fuente: Autores

- *Submenú salir.* Permite salir o cerrar el sistema.

Figura 40. Submenú salir



Fuente: Autores

**4.6.3.4 Menú catálogos.** En este menú ingresamos los valores en la base de datos ya sea estos del personal como el de los equipos.

- *Submenú personal.* Aquí ingresas el personal que trabaja en el área de mantenimiento.

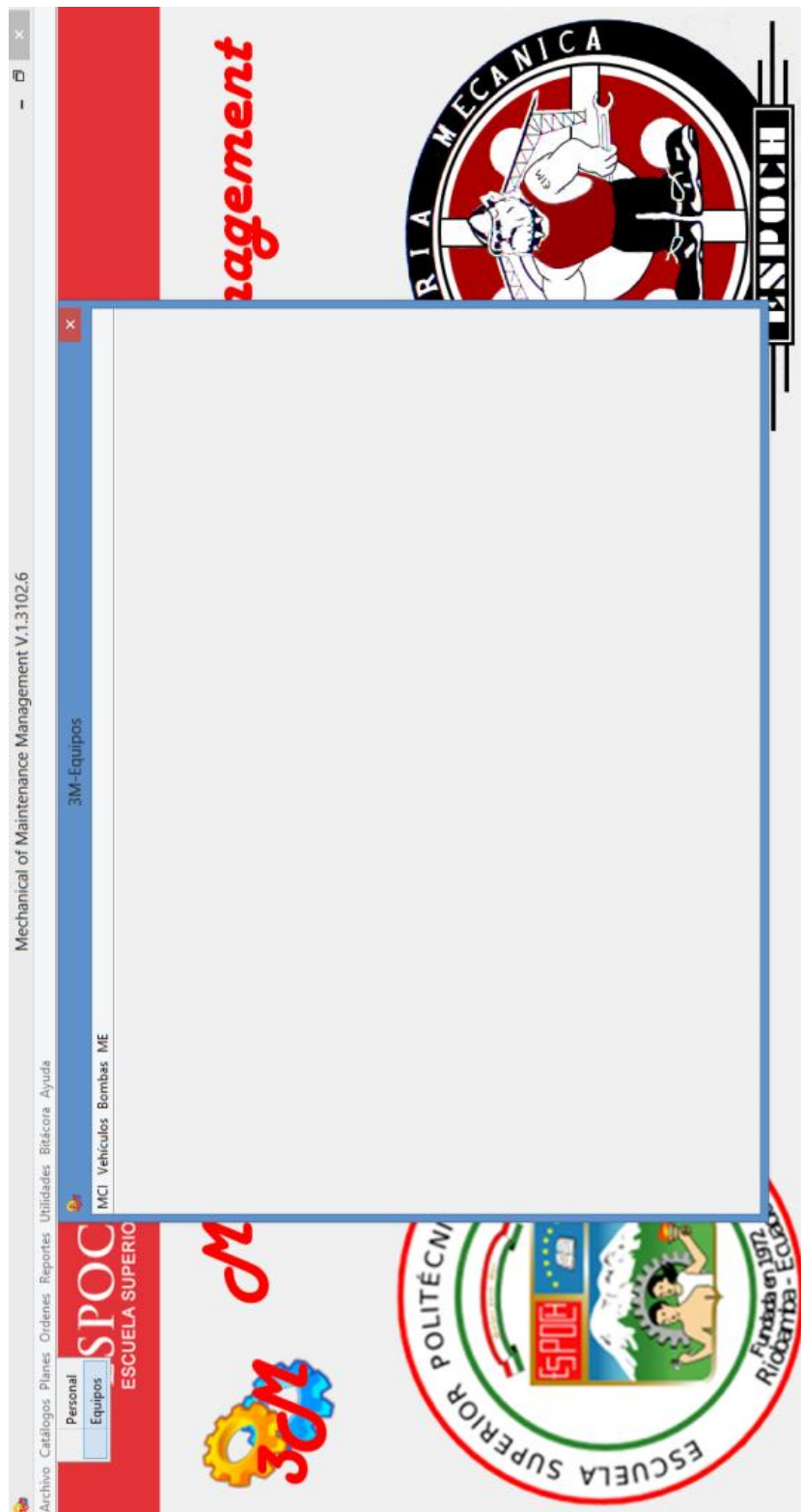
Figura 41. Submenú personal



Fuente: Autores

- *Submenú equipos.* En este submenú se ingresa los datos de los equipos, este submenú a su vez contiene cuatro menús.

Figura 42. Submenú equipos

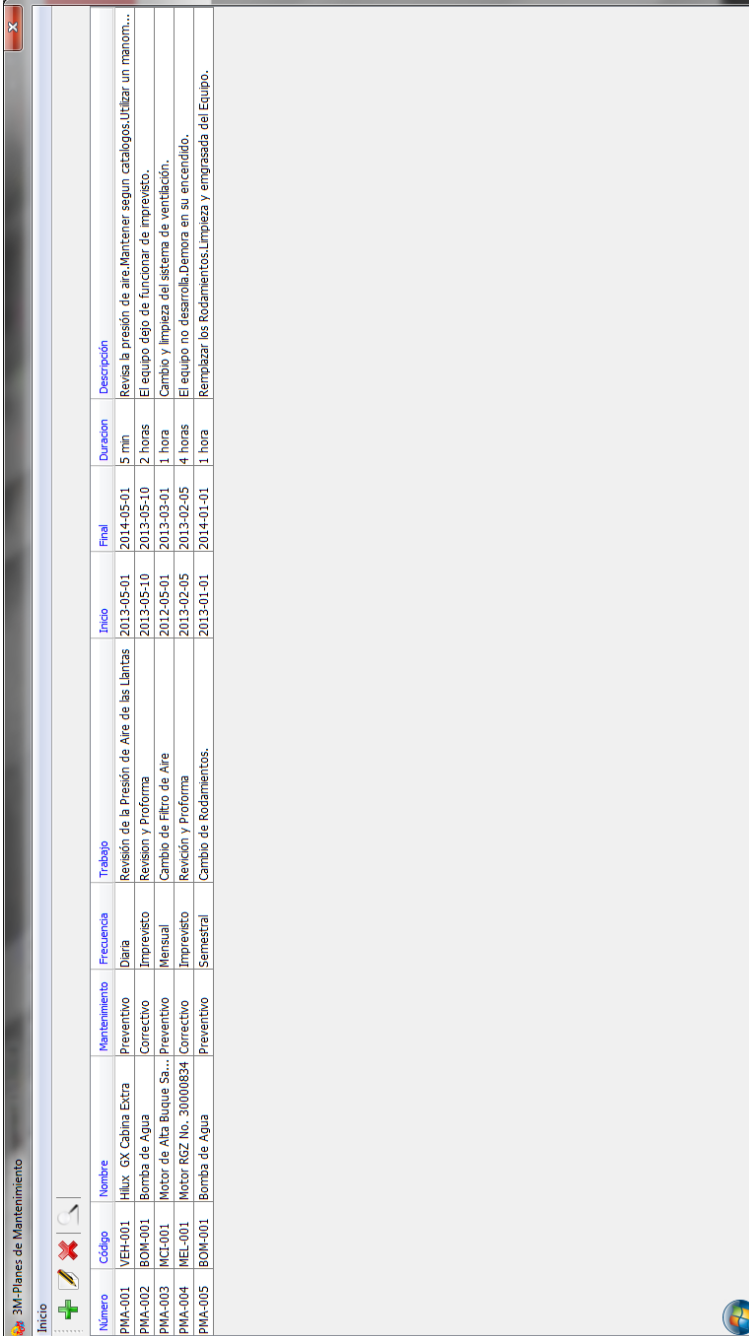


Fuente: Autores

#### 4.6.3.5 Menú planes. En este menú se ingresa los planes de mantenimiento.

- *Submenú planes de mantenimiento.* Aquí se ingresa el desarrollo de los planes de mantenimiento esta ventana solo aceptara ingreso de planes de equipos previamente cargados en el sistema.

Figura 43. Submenú planes de mantenimiento



Numero	Código	Nombre	Mantenimiento	Frecuencia	Trabajo	Inicio	Final	Duración	Descripción
PMA-001	VEH-001	Flux GX Cabina Extra	Preventivo	Diana	Revisión de la Presión de Aire de las Lantaras	2013-05-01	2014-05-01	5 min	Revisa la presión de aire. Mantener según catalogos.Utilizar un manom...
PMA-002	BOM-001	Bomba de Agua	Correctivo	Imprevisto	Revisión y Proforma	2013-05-10	2013-05-10	2 horas	El equipo dejó de funcionar de imprevisto.
PMA-003	MCI-001	Motor de Alta Biuque Sa...	Preventivo	Mensual	Cambio de Filtro de Aire	2012-05-01	2013-03-01	1 hora	Cambio y limpieza del sistema de ventilación.
PMA-004	MEL-001	Motor RGZ No. 31000834	Correctivo	Imprevisto	Revisión y Proforma	2013-02-05	2013-02-05	4 horas	El equipo no desarrolla.Demora en su encendido.
PMA-005	BOM-001	Bomba de Agua	Preventivo	Semestral	Cambio de Rodamientos.	2013-01-01	2014-01-01	1 hora	Reemplazar los Rodamientos.Limpieza y engrasada del Equipo.

Fuente: Autores

4.6.3.6 *Menú órdenes.* Aquí podemos generar e imprimir ordenes de trabajo.

- *Submenú empresas.* En este submenú ingresamos los datos de las empresas a realizar el mantenimiento.

Figura 44. Submenú empresas



Fuente: Autores

- *Submenú generar ot.* Aquí podemos realizar una orden de trabajo para que luego sea imprimible.

Figura 45. Submenú generar ot

The screenshot displays a web-based application window titled "Mechanical of Maintenance Management V.1.3102.6". A modal form titled "3M-Generar Orden de Trabajo" is open, containing the following fields and sections:

- Equipo:** Código: [input], Nombre: [input]
- Plan de Mantenimiento:** Código: [input], Nombre: [input], Mantenimiento: [input]
- Operaciones:** Frecuencia: [input], Fecha Inicio: [input], Duración: [input]
- Descripción:** [text area]
- Personal:** Nombre: [input], Costo Hora: [input]
- Identificación:** [input]
- Empresa:** Nombre: [input], RUC: [input]
- Operaciones:** Ins [input], Mod [input], Bor [input]
- Transacción:** Aceptar [input], Cancelar [input]

The background of the application shows the "ESPOLIA MECANICA" logo, which features a cartoon character with a wrench and a gear, and the text "ESPOLIA MECANICA" and "ESPOLIA". The "ESPOL" logo is also visible, with the text "ESPOLIA SUPERIOR POLITÉCNICA" and "Fuerza en justu, Ricobamba - Azuay".

Fuente: Autores



- *Submenú imprimir ot.* En este submenú se puede imprimir las ordenes de trabajo además de poder guardarlas ya que genera un archivo pdf.

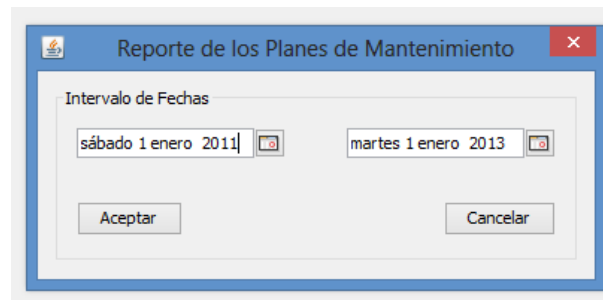
Figura 46. Submenú imprimir ot



Fuente: Autores

**4.6.3.7 Menú reportes.** En este menú se generan reportes de los diversos procesos del sistema, estos se encuentran en los anexos A, B, C, D, E, F y G. Estos reportes son generados en JasperViewer, desde aquí pueden ser guardados en diversos formatos o impresos.

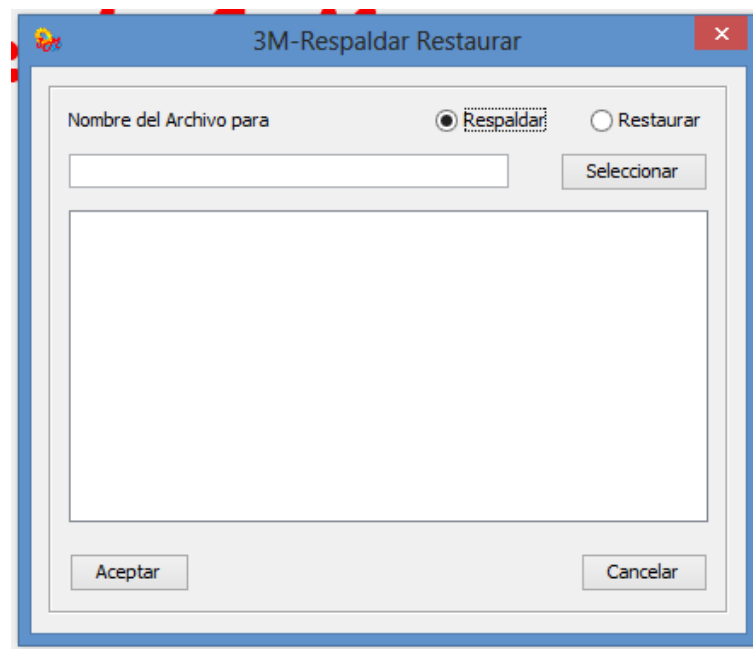
Figura 47. Menú reportes



Fuente: Autores

**4.6.3.8 Menú utilidades.** Este menú contiene el submenú respaldar restaurar que realiza la función de poder tener una copia de la base de datos además y poder volver a esa copia en cualquier momento.

Figura 48. Submenú respaldar restaurar



Fuente: Autores

**4.6.3.9 Menú bitácora.** Aquí podemos controlar el ingreso de los usuarios al sistema contiene solo un submenú bitácora este es controlado por el submenú parámetros de del menú archivo. Este generar un reporte en JasperViewer está es el anexo H.

Figura 49. Submenú bitácora



Fuente: Autores

**4.6.3.10 Menú ayuda.** Este menú contiene un submenú llamado acerca de en el cual podemos adquirir información del software además de poder ingresar al blog y al canal de YouTube para poder recibir desde ayuda hasta pedido de nuevos módulos.

Figura 50. Submenú acerca de



Fuente: Autores

## 4.7 Programación del sistema

El software esta implementado con la herramienta NetBeans basado en la sintaxis de lenguaje Java, con una base de datos MySQL y permite su interacción con uno múltiples sistemas operativos como Linux, Mac, Solaris y Windows, el cual está orientado a objetos.

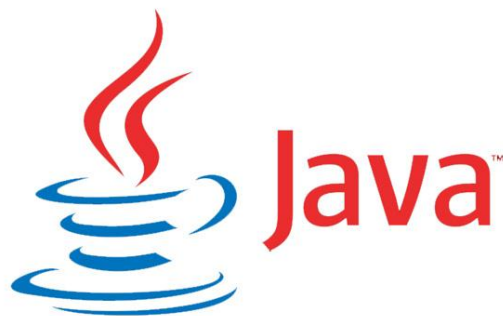
## 4.8 Técnicas de programación

El modelo de programación utilizado para el desarrollo del programa se basó en la orientación de objetos. Los objetos creados poseen propiedades y métodos; las propiedades son aquellas características que describe a un objeto, mientras que los métodos son pequeños programas que actúan sobre un determinado objeto y que establecen su comportamiento.

## 4.9 Herramientas utilizadas

**4.9.1** *Java*. Lenguaje de programación orientada a objetos. Está compuesta por dos elementos: el lenguaje java y su plataforma, su principal característica es que puede funcionar sobre cualquier sistema operativo.

Figura 51. Java



Fuente: <http://ubunlog.com.ar/2013/05/11/como-instalar-java-en-ubuntu-13-04/>

**4.9.2** *MySQL*. Es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario; esto quiere decir que utiliza múltiples tablas para almacenar y organizar la información. Puede interactuar con varios lenguajes, entre ellos Java.

Figura 52. MySQL



Fuente: <http://www.muylinux.com/2012/08/19/va-a-cerrar-oracle-mysql/>

**4.9.3** *NetBeans*. Es un entorno de desarrollo, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java. La plataforma NetBeans permite que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes llamados módulos.

Un módulo es un archivo Java que contiene clases de java escritas para interactuar con las aplicaciones de NetBeans.

Figura 53. NetBeans



Fuente: <http://informatica.iesvalledeljerteplasencia.es/wordpress/?p=9399>

**4.9.4** *JasperReports*. Es el más popular motor de creación de informes en código abierto. Está escrito completamente en Java y es capaz de utilizar los datos procedentes de cualquier tipo de fuente de datos y presentar los documentos con precisión de

píxeles, lo cuales se pueden ver, imprimir o exportar en una variedad de formatos de documentos incluyendo HTML, PDF, Excel, Open Office y Word.

Figura 54. JasperReports



Fuente: <http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2012/jasperreports/presentation.html>

**4.9.5** *iReport*. Es un diseñador gratuito y de código abierto para JasperReports. Crea diseños muy sofisticados que contienen gráficos, imágenes, subinformes, tablas de referencias cruzadas y mucho más. Puede acceder a datos a través de JDBC, Table Models, JavaBeans, XML, Hibernate, CSV, y fuentes personalizadas y luego publicar estos informes en formato PDF, RTF, XML, XLS, CSV, HTML, XHTML, texto, DOCX, u Open Office.

Figura 55. iReport



Fuente: <http://ioss.com.ph/ersolution>

**4.9.6** *WorkBench*. Es una herramienta visual de diseño de bases de datos que integra desarrollo de software, administración de bases de datos, diseño de bases de datos, creación y mantenimiento para el sistema de base de datos MySQL.

Figura 56. WorkBench



Fuente: <http://gespadas.com/mysql-workbench-5-2-35>

**4.9.7** *Launch4j*. Es un software OpenSource hecho en Java que permite crear ejecutables para programas escritos en ese mismo lenguaje, tiene dos formas de crear esos \*.exe, una de ellas es realizando un lanzador que trabaja junto al JAR y otra es envolviendo clases del JAR dentro de un ejecutable, esta última opción permite de cierta forma, ocultar el bytecode, aunque no es muy segura, ya que puede ser abierta con cualquier descompresor como winrar.

Figura 57. Launch4j

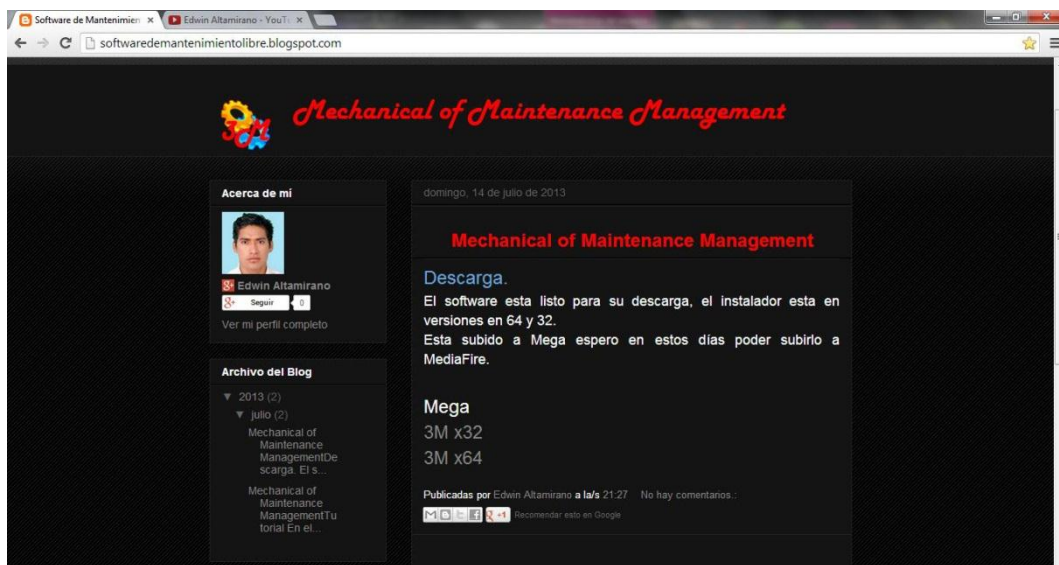
# launch4j

Fuente: <http://launch4j.sourceforge.net/>

## **4.10 Tutorial**

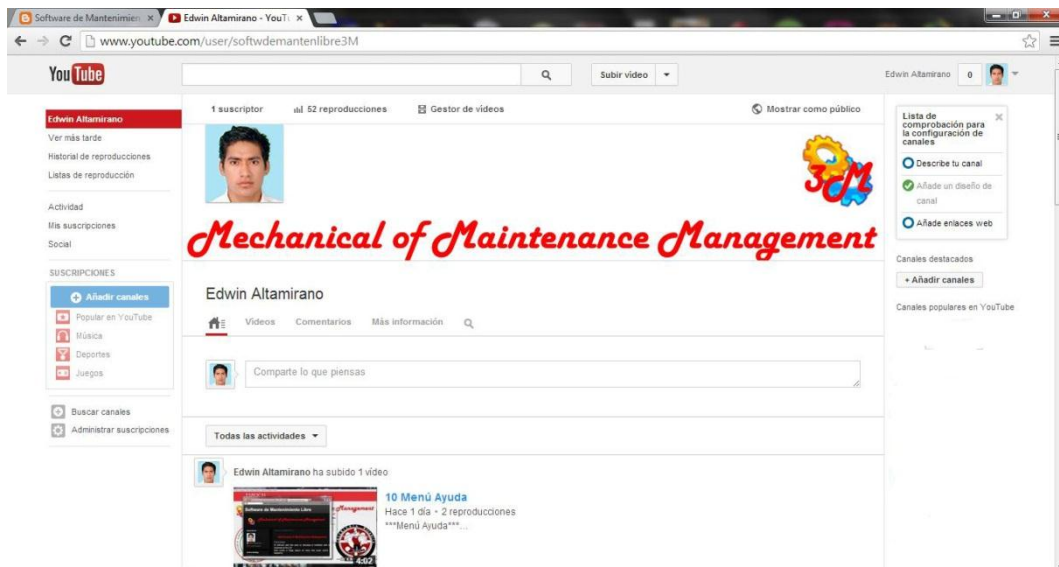
El tutorial se realizó en base a videos en formato HD. Los mismos que se encuentra tanto en el blog como en el canal de YouTube.

Figura 58. Blog



Fuente: <http://softwaredemantenimientolibre.blogspot.com/>

Figura 59. Canal YouTube



Fuente: <http://www.youtube.com/user/softwdemantenlibre3M>

#### 4.11 Pruebas

Las pruebas son para determinar el correcto funcionamiento del programa y poder detectar cualquier tipo de error que se presente en su ejecución. Después de realizar las pruebas, se comprobó que el software tiene la funcionalidad requerida por el usuario.



Tabla 5. Pruebas del software

Pruebas	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Seguridad		x		
Funcionabilidad del software	x			
Compatibilidad del software	x			
Interacción con el usuario	x			
Presentación de reportes		x		
Tiempo de respuesta		x		
Facilidad de uso	x			

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO V**

### **5. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO**

#### **5.1 Introducción**

Todo proyecto, surge como una idea de negocio en la que se busca suplir alguna necesidad que aún no ha sido satisfecha, obteniendo beneficios ya sean lucrativos o no lucrativos. Es por esto que para establecer si un proyecto es viable o no, se requiere de realizar una formulación y evaluación del mismo, y de esta manera determinar si este bien o servicio, es aceptado o de lo contrario rechazado por la sociedad o por nuestro mercado objetivo.

El análisis de costo beneficio es una herramienta muy útil al evaluar alternativas que no generan beneficios idénticos, y considera los beneficios del ciclo de vida de la misma manera que los costos del ciclo de vida. Usada apropiadamente, el análisis costo beneficio identifica la alternativa que ofrece los mejores beneficios económicos.

El análisis costo beneficio no es lo mismo que un análisis financiero, ya que éste último trata de estimar con exactitud las inversiones, tanto presentes como futuras, necesarias para que el proyecto sea redituable en su construcción, mantenimiento y operación. Por su parte, el análisis costo beneficio es un estudio externo que no se preocupa de cómo sea financiado el proyecto.

#### **5.2 Costos**

El siguiente análisis económico da una descripción de todos los gastos realizados para obtener un valor total de inversión tanto de diseño y programación de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo con el uso de interfaces gráficas con software.

**5.2.1 Costos directos.** En los costos directos se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte.

**5.2.1.1 Costo de materiales**

Tabla 6. Costo de materiales

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Sub Total
Papelería	1	Unidad	50	50
<b>SUBTOTAL A</b>				<b>50</b>

Fuente: Autores

**5.2.1.2 Costos de mano de obra**

Tabla 7. Costo de mano de obra

Descripción	Cantidad	Sal. Real/Hora	Horas Hombre	Sub Total
Ingeniero en sistemas	1	20	80	1600
Administrador BD	1	25	15	375
Diseñador grafico	1	10	20	200
<b>SUBTOTAL B</b>				<b>2175</b>

Fuente: Autores

**5.2.1.3 Costos de equipos y herramientas**

Tabla 8. Costo de equipos y herramientas

Descripción	Cantidad	Costo/Hora	Horas Equipo	Sub Total
CPU UG	1	3	100	300
<b>SUBTOTAL C</b>				<b>300</b>

Fuente: Autores

#### 5.2.1.4 Costos total directo

Tabla 9. Costo total directo

Descripción	Precio
Costo de materiales	50
Costo de mano de obra	2175
Costo de equipos y herramientas	300
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>2525</b>

Fuente: Autores

**5.2.2 Costos indirectos.** Los costos indirectos son aquellos en los que intervienen los costos ingenieriles, este costo ingenieril tiene un agregado del 25% costos directos que está involucrado con la supervisión y diseño de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo con el uso de interfaces gráficas con software. Además de imprevistos que pudieran ocurrir se ha tomado de un 15% de los costos directos.

Tabla 10. Costos indirectos

Descripción	Porcentaje	Sub Total
Supervisión	10	252.50
Diseño	15	378.75
Imprevistos	15	378.75
<b>TOTAL</b>		<b>1010.00</b>

Fuente: Autores

**5.2.3** *Costos totales.* Es la suma de los costos directos más los costos indirectos.

Tabla 11. Costos totales

Descripción	Sub Total
Costos directos	2525.00
Costos indirectos	1010.00
<b>TOTAL</b>	<b>3535.00</b>

Fuente: Autores

Se tiene un costo total del diseño y programación de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo con el uso de interfaces gráficas con software de \$3535.00 (Tres mil trescientos treinta y cinco dólares Americanos y cero centavos de dólar).

**5.2.4** *Análisis FODA del proyecto*

**5.2.4.1** *Fortalezas.* Las principales ventajas de nuestro proyecto son:

- Facilita el trabajo del encargado de mantenimiento.
- Mantiene un mejor control y orden de la información, facilitando su acceso y entendimiento.
- Ahorra costos de personal y de capacitaciones.
- Otorga más accesibilidad a la información para el personal con lo que se le facilita aún más el trabajo al encargado de mantenimiento.

**5.2.4.2** *Debilidades.* Dentro de las falencias que tiene nuestro proyecto podemos encontrar:

- Al ser un software gratuito estará en duda su capacidad.
- El código al ser libre podría surgir variaciones del sistema inferiores a la inicial o con fallas de programación.
- El sistema estará sujeto a constantes ataques de sus opositores.

**5.2.4.3 Oportunidades.** Las opciones que se pueden proyectar de nuestro proyecto considerando los factores externos son:

- Al ser una aplicación de gestión de mantenimiento tiene un amplio campo en el cual también se puede aplicar.
- Bajos costos de mantención y de funcionamiento en comparación con la competencia.
- Las condiciones del mercado actual son propicias para la expansión de nuestra aplicación.

**5.2.4.4 Amenazas.** Los principales inconvenientes con los que nos encontramos si consideramos los factores externos son:

- Competencia amplia y muy competitiva.
- Extensa variedad de opciones alternativas que también solucionarían el problema.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

El sistema nos permite contralar de forma eficiente la gestión del mantenimiento en los equipos y dar soluciones a fallas que surjan con el tiempo y registrar nuevos datos necesarios e influyentes para futuras intervenciones en los equipos.

El software se ha desarrolla de tal forma que su interfaz es amigable con el usuario, permitiendo un fácil manejo de este.

Al implementar el software se genera una herramienta que se alimenta con el paso del tiempo, esto nos da una perspectiva de las posibles fallas que surgirán en un equipo en el futuro y generar una solución para esta.

Se desarrolló un tutorial para el software de forma audiovisual, el mismo que ayudara a la fácil comprensión del usuario.

El costo total en la elaboración de este software para mantenimiento es de \$3535.00 USD, el mismo que ira en beneficio del sector productivo y educativo del país.

De las pruebas realizadas también se concluye que el software trabaja con normalidad, eficiencia y rapidez.

La pequeña y mediana industria ya cuentan con un software gratuito para el mantenimiento de máquinas y equipos, personalizable capaz de adaptarse a las necesidades de la gestión de mantenimiento cuando así se lo requiere.

## **6.2 Recomendaciones**

Sugerir las actualizaciones de Windows a los service pack si es Windows 7 SP1. Antes de poner en funcionamiento el software.

Revisar cada cierto tiempo las actualizaciones de MySQL, debido a que la base de datos está construido en este programa y para ello debemos entrar en la siguiente página oficial <http://www.mysql.com/>.

Contribuir con los conocimientos científicos del mantenimiento tanto preventivo y correctivo, ya que el software en ningún sentido es capaz de remplazarlos.

Programar los planes de mantenimiento con un profesional, con vasta experiencia y conocimientos solidos de ingeniería.

Respalidar entrando en el menú Utilidades y luego en el submenú respaldar restaurar cualquier modificación significativa a la base de datos que debe ser respaldada por precaución de algún fallo de la maquina o del servidor de MySQL.

Cargar las imágenes de los equipos en el software, las misma que son esenciales no solo por la importancia de conocer visualmente a la maquina a mantener sino porque el software no acepta un nuevo equipo sin que la imagen se incluya.



## BIBLIOGRAFÍA

**A.C.A. 2013.** Apistarelli. *Apistarelli*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://www.apistarelli.com.ar/>.

**A.P.L. 2013.** Apistarelli. *Apistarelli*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] [www.apistarelli.com.ar](http://www.apistarelli.com.ar).

**B.E.D. 2013.** Buenas Tareas. *Buenas Tareas*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://www.buenastareas.com/ensayos/Diagn%C3%B3stico-De-Fallas-Mec%C3%A1nicas/3724022.html>.

**B.T.E. 2013.** Buenas Tareas. *Buenas Tareas*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://www.buenastareas.com/ensayos/Formulaci%C3%B3n-Proyecto/7194971.html>.

**CUADRADO, Edwin. 2012.** *Mantenimiento Industrial*,. Riobamba : s.n., 2012.

**D.W.A. 2013.** Desarrollo Web. *Desarrollo Web*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://www.desarrolloweb.com/articulos/2358.php>.

—. 2013. Desarrollo Web. *Desarrollo Web*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://www.desarrolloweb.com/articulos/2358.php>.

**García, Javier. 2000.** *Aprendiendo Java como si estuviese en primero*. s.l. : TECNUN, 2000.

**GARCIA, Oliverio. 2012.** *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*. Bogotá : s.n., 2012.

**H.T.D. 2013.** Hiper Texto. *Hiper Texto*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://www.hipertexto.info/documentos/interfaz.htm>.

**IGLESIAS, Juan José. 2007.** *Desarrollo de Proyectos de Software Libre*. Barcelona : s.n., 2007.

**J.E.C. 2013.** Jhonnyq1. *Jhonnyq1*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://jhonnyq1.espacioblog.com/post/2007/07/15/mantenimiento-y-seguridad-industrial-mantenimiento-correctivo->.

**M.A.M. 2013.** Mantenimiento Mundial. *Mantenimiento Mundial*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/PAS55.pdf>.

**M.B.C. 2013.** Mantenancela. *Mantenancela*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://mancenancela.blogspot.com/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>.

**M.M.C. 2013.** Maconsultora. *Maconsultora*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://www.maconsultora.com/MantConfiabilidad.html>.

—. **2013.** Mantenimiento Mundial. *Mantenimiento Mundial*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/calculos/clase-mundial.asp>.

**MORA, Luis. 1990.** *Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control*. Bogotá : s.n., 1990.

**P.E.5. 2013.** Paritarios. *Paritarios*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] [http://www.paritarios.cl/especial\\_las\\_5s.htm](http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm).

**S.M.I. 2013.** Serbusa Mantenimiento Industria. *Serbusa Mantenimiento Industria*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://serbusamantenimientoindustrial.com/cual-es-el-valor-anadido-del-mantenimiento/>.

**S.O.M. 2013.** Solo Mantenimiento. *Solo Mantenimiento*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://solomantenimiento.blogspot.com/2012/01/cbm-mantenimiento-basado-en-la.html>.

**TORRES, Leandro. 2010.** *Mantenimiento su Implementación y Gestión*. Argentina : s.n., 2010.

**W.I.A. 2013.** Wikipedia. *Wikipedia*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] [http://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz\\_gr%C3%A1fica\\_de\\_usuario](http://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz_gr%C3%A1fica_de_usuario).

**W.K.P. 2013.** Wikipedia. *Wikipedia*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>.

**W.M.A. 2013.** Wikipedia. *Wikipedia*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] [http://es.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3n\\_de\\_mantenimiento\\_asistido-por\\_computadora](http://es.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3n_de_mantenimiento_asistido_por_computadora).

**W.M.P. 2013.** Wikipedia. *Wikipedia*. [En línea] 02 de 02 de 2013. [Citado el: 02 de 02 de 2013.] [http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento\\_productivo\\_total](http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_productivo_total).

# **ANEXOS**

# ANEXO A

## ORDEN DE TRABAJO

**Mechanical of maintenance Management**

### Orden de Trabajo

<b>OTN-001</b>		
Fecha de Impresión: 2013-06-15 19:53	Fecha de Emisión: 2012-05-01	Página 1 de 1

<b>Equipo</b>	
Código: MCI-001	Nombre: Motor de Alta Buque San Cruz

<b>Plan de Mantenimiento</b>		
Código: PMA-003	Nombre: Motor de Alta Buque San Cruz	Mantenimiento: Preventivo
Frecuencia: Mensual	Fecha de Inicio: 2012-05-01	Fecha de Realización: <span style="background-color: gray; color: gray;">XXXXXXXXXX</span>
	Tiempo Previsto: 1 hora	Tiempo Insumido: <span style="background-color: gray; color: gray;">XXXXXXXXXX</span>
<b>Descripcion del Trabajo.</b> Cambio y limpieza del sistema de ventilación.		

<b>Personal</b>		
Nombre: Edwin Byron Altamirano Trujillo	Identificación: 2000066916	Costo Hora: 4.00

<b>Empresa</b>	
Nombre: Tecni Auto	RUC: 1802065878001

<b>Anomalías</b>	
..... ..... .....	

<b>Realizó</b>
Firma:
Aclaración:
Fecha:


<b>Revisó</b>
Firma:
Aclaración:
Fecha:

<b>Aprobó</b>
Firma:
Aclaración:
Fecha:

Fuente: Autores

## ANEXO B

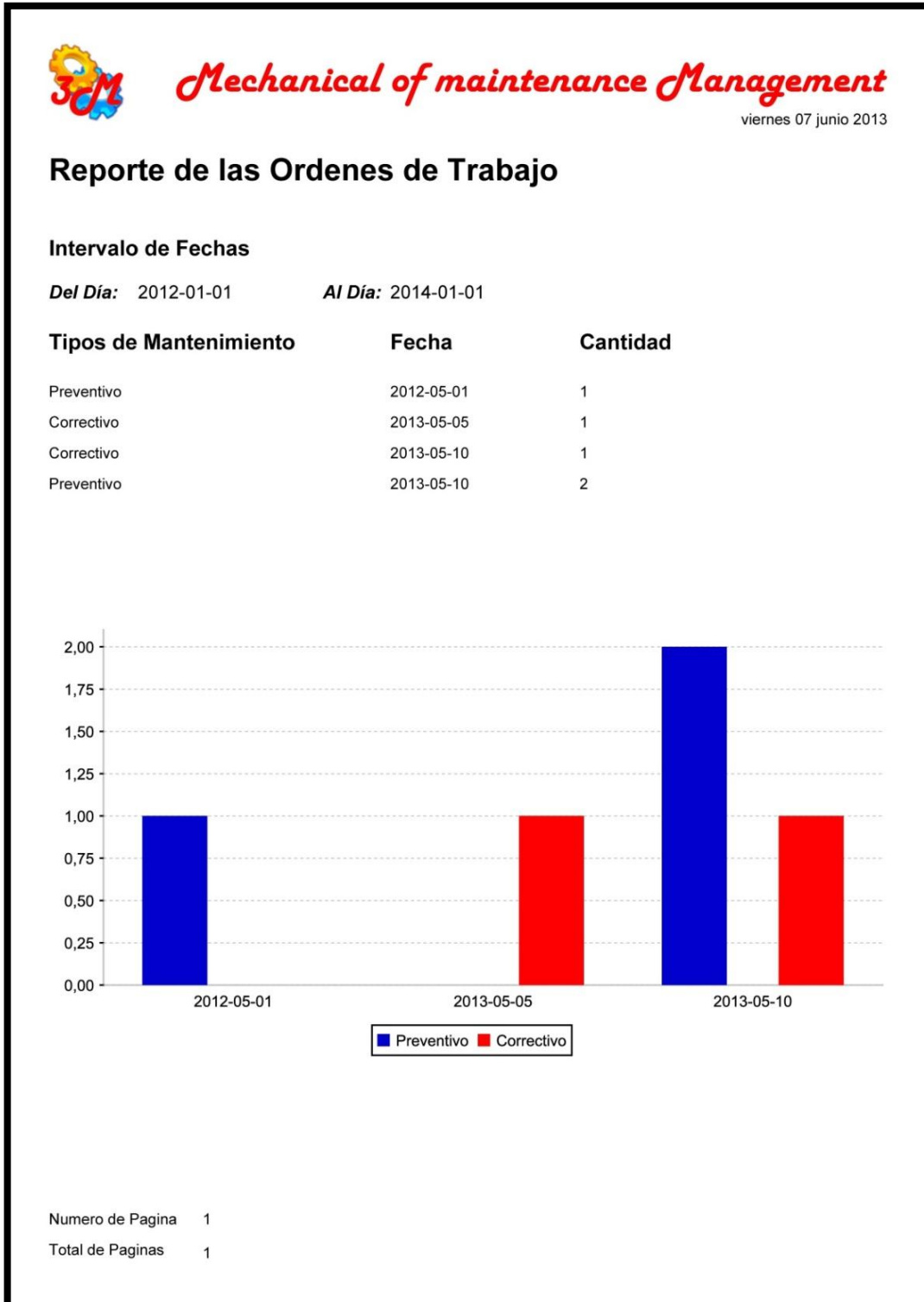
### REPORTE DE EQUIPOS

	<i>Mechanical of maintenance Management</i>	domingo 16 junio	
<b>Reporte de los Equipos</b>			
<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Marca</b>	
BOM-001	Bomba de Agua	Honda	
MCI-001	Motor de Alta Buque San Cruz	Volvo	
MEL-001	Motor RGZ No. 30000834	Siemens	
VEH-001	Hilux GX Cabina Extra	Toyota	
Numero de Pagina	1	Total de Equipos	4
Total de Paginas	1	Equipos por Pagina	4

Fuente: Autores

## ANEXO C


### REPORTE DE ORDENES DE TRABAJO



Fuente: Autores

## ANEXO D

### REPORTE DEL PERSONAL

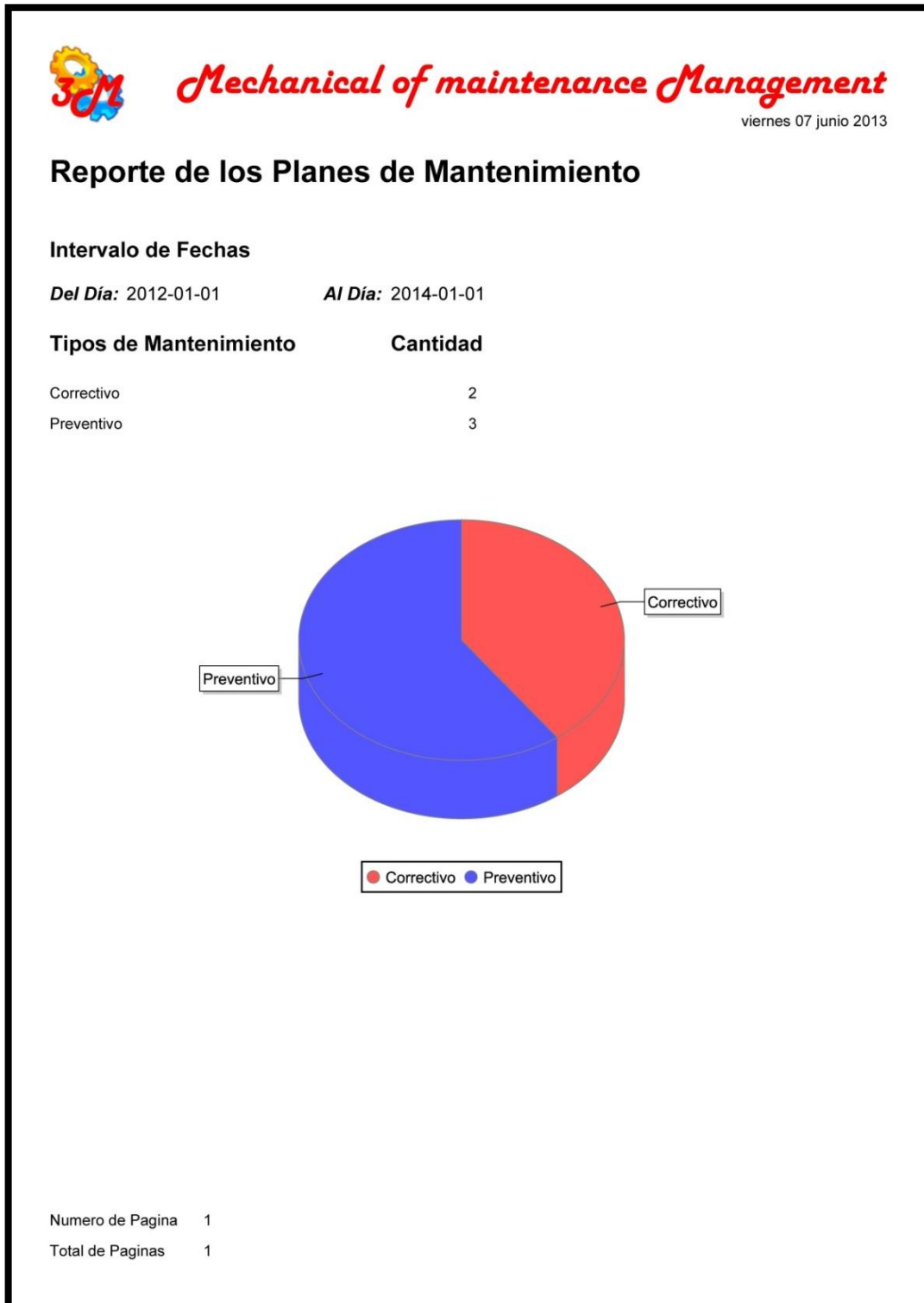
	<i>Mechanical of maintenance Management</i>	jueves 06 junio 2013	
<b>Reporte del Personal</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Identificación</b>	<b>Cargo</b>	<b>Costo Hora</b>
Edwin Byron Altamirano Trujillo	2000066916	Asistente - Jefe se Servicios	4.00
Nelson Iván Tuquinga Sagñay	0603830118	Asistente - Jefe de Mantenimiento	4.00
Numero de Pagina 1		Total de Personal 2	
Total de Paginas 1		Personal por Pagina 2	

Fuente: Autores



## ANEXO E

### REPORTE DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO



Fuente: Autores

## ANEXO F

### REPORTE DE LOS PROCESOS DEL SISTEMA

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>
CMMS-EIM01	PROCESOS
CMMS-EIM02	USUARIOS
CMMS-EIM03	PERSONAL
CMMS-EIM04	EQUIPOS
CMMS-EIM05	PLANES DE MANTENIMIENTO
CMMS-EIM06	EMPRESAS
CMMS-EIM07	GENERAR ORDENES DE TRABAJO
CMMS-EIM08	IMPRIMIR ORDENES DE TRABAJO
CMMS-EIM09	REPORTE DE USUARIOS
CMMS-EIM10	REPORTE DE PROCESOS
CMMS-EIM11	REPORTE DE PERSONAL
CMMS-EIM12	REPORTE DE EQUIPOS
CMMS-EIM13	REPORTE DE PLANES DE MANTENIMIENTO
CMMS-EIM14	REPORTE DE ORDENES DE TRABAJO
CMMS-EIM15	RESPALDAR RESTAURAR
CMMS-EIM16	BITACORA
CMMS-EIM17	ACERCA DE
CMMS-EIM18	PARAMETROS


  

Numero de Pagina	1	Total de Procesos	18
Total de Paginas	1	Procesos por Pagina	18

Fuente: Autores

## ANEXO G


### REPORTE DE LOS USUARIOS DEL SISTEMA

 <i>Mechanical of maintenance Management</i>		domingo 16 junio	
<b>Reporte de Usuarios del Sistema</b>			
<b>Usuario</b>	<b>Nombre</b>	<b>Role</b>	
NTuquina	Nelson Tuquina	Diseñador	
EAltamirano	Edwin Byron	Diseñador	
ECuadrado	Ing. Edwin Cuadrado	Director	
RDiaz	Ing. Rodrigo Diaz	Asesor	
Numero de Pagina	1	Total de Usuarios	4
Total de Paginas	1	Usuarios por Pagina	4

Fuente: Autores

## ANEXO H

### REPORTE DE LA BITÁCORA

 <i>Mechanical of maintenance Management</i>		miércoles 26 junio	
<b>Bitácora</b>			
<b>Usuario</b>	<b>Acceso</b>	<b>Descripción</b>	
Edwin Byron Altamirano Trujillo	16/06/13 02:05 AM	Ingreso a Respaldar Restaurar	
Edwin Byron Altamirano Trujillo	16/06/13 02:05 AM	Ingreso a Parametros	
Edwin Byron Altamirano Trujillo	26/06/13 03:55 AM	Ingreso a Bitacora	
Edwin Byron Altamirano Trujillo	26/06/13 03:55 AM	Reporte de Bitacora	

Numero de Pagina	1	Total por Pagina	4
Total de Paginas	4	Número por Pagina	4

Fuente: Autores