

**PROPUESTA DE MÉTODO PARA SELECCIONAR EL SOFTWARE DE  
MANTENIMIENTO ADECUADO EN EMPRESAS DEL SECTOR INDUSTRIAL EN  
COLOMBIA**

**SAÚL FERNANDO GAMBOA SILVA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2016**

**PROPUESTA DE MÉTODO PARA SELECCIONAR EL SOFTWARE DE  
MANTENIMIENTO ADECUADO EN EMPRESAS DEL SECTOR INDUSTRIAL EN  
COLOMBIA**

**SAÚL FERNANDO GAMBOA SILVA**

**Monografía presentada como requisito para optar el título de Especialista en  
Gerencia de Mantenimiento**

**Director:**

**GERMÁN ALONSO RODAS VILLEGAS**

**Magíster en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2016**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	13
1. GENERALIDADES .....	15
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo general.....	15
1.1.2 Objetivos específicos .....	15
2. JUSTIFICACIÓN.....	16
3. MARCO TEÓRICO .....	18
3.1 SISTEMA .....	18
3.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN .....	23
3.3 MANTENIMIENTO.....	27
3.3.1 Tipos de mantenimiento. Según GARCÍA PALENCIA, Oliverio: .....	27
4. SOFTWARE USADOS EN COLOMBIA PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	36
4.1 MP SOFTWARE .....	36
4.2 SAP.....	41
4.3 IBM MAXIMO ASSET MANAGEMENT .....	47
4.4 SAMM .....	50
5. MODELO DE MÉTODO PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	55
5.1 CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE SISTEMA DE INFORMACIÓN .....	55
5.1.1 Factor económico .....	55
5.1.2 Adaptable/Personalizable .....	57
5.1.3 Tipo de empresa.....	58
5.1.4 Escalable .....	60

5.2 ETAPAS PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	61
5.2.1 Definir necesidades y requerimientos.....	62
5.2.2 Opciones de software .....	63
5.2.3 Presentación de soluciones .....	64
5.2.4 Evaluación de soluciones.....	65
5.2.5 Decisión final e implementación.....	66
6. CONCLUSIONES .....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Relación entre datos, información y gestión. ....	13
Figura 2. Elementos básicos de control .....	21
Figura 3. Actividades del sistema de información .....	26
Figura 4. Elementos señal de vibración .....	34
Figura 5. Arquitectura MP .....	39
Figura 6. Módulos SAP R/3 .....	41
Figura 7. Evolución arquitectura SAP .....	45
Figura 8. Gestión de activos en SAP .....	46
Figura 9. Arquitectura IBM MAXIMO.....	49
Figura 10. Esquemas ofrecidos por SAMM .....	51
Figura 11. Criterios de selección del sistema de información .....	61
Figura 12. Etapas para la selección del sistema de información .....	67

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Precios MP9 en Colombia.....	38
Tabla 2. Módulos y submódulos de SAP .....	42
Tabla 3. Resumen de software .....	53

## GLOSARIO

**ABAP:** Advanced Business Application Programming.

**BENCHMARK:** referencia que se usa para hacer comparaciones.

**CMMS:** Computerized Maintenance Management System ó en español; Sistema de gestión de mantenimiento asistido por computadora.

**ESTÁNDARES:** niveles mínimo y máximo deseados, o aceptables de calidad que debe tener el resultado de una acción, una actividad, un programa, o un servicio. En otras palabras, el estándar es la norma técnica que se utilizará como parámetro de evaluación de la calidad.

**INDICADORES DE GESTIÓN:** es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

**INTERFASE:** el interfaz, en informática, es un elemento de conexión que facilita el intercambio de datos, como por ejemplo el teclado, un tipo de interfaz entre el usuario y la computadora, o de un software a otro.

**METODOLOGÍA:** parte de la lógica que estudia los métodos. Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica, un estudio o una exposición doctrinal.

**MÓDULO:** un módulo es una porción de un programa de ordenador. De las varias tareas que debe realizar un programa para cumplir con su función u objetivos, un módulo realizará, comúnmente, una de dichas tareas (o varias, en algún caso).

**NUBE:** es una metáfora empleada para hacer referencia a servicios que se utilizan a través de internet, permite una separación funcional entre los recursos de la computadora y otros recursos que se utilizan, lo que se traduce en utilizar recursos en un lugar remoto a los que se acceden por internet.

**PARAMETRIZACIÓN:** tiene que ver con la personalización de un sistema, se refiere a la posibilidad de que la aplicación permita la modificación y adaptación de aspectos puntuales de su funcionamiento de acuerdo con la necesidad del cliente.

**PLAN DE ACCIÓN:** el plan de acción es una herramienta de planificación empleada para la gestión y control de tareas o proyectos. Como tal, funciona como una hoja de ruta que establece la manera en que se organizará, orientará e implementará el conjunto de tareas necesarias para la consecución de objetivos y metas.

**PROCESO DE MEJORA CONTINUA:** filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio. Es mayormente aplicada de forma directa en empresas de manufactura, debido en gran parte a la necesidad constante de minimizar costos de producción obteniendo la misma o mejor calidad del producto.

**PYME:** pequeña y mediana empresa.

**SOFTWARE:** conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

## RESUMEN

**TITULO:** PROPUESTA DE MÉTODO PARA SELECCIONAR EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO ADECUADO EN EMPRESAS DEL SECTOR INDUSTRIAL EN COLOMBIA\*

**AUTOR:** SAUL FERNANDO GAMBOA SILVA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Información, Mantenimiento, Herramientas, Gestión.

### **DESCRIPCIÓN:**

Esta investigación tiene como propósito evaluar la pertinencia del uso de herramientas de información en la gestión de mantenimiento industrial en Colombia, tomando como base las herramientas más usadas para este fin. Para lograrlo se realiza una introducción a las definiciones preliminares, que logran contextualizar al lector acerca de aspectos como: sistema, sistemas de información y mantenimiento, dejando estos conceptos claros se inicia con las descripciones de software usados en Colombia para la gestión de mantenimiento dejando establecidas sus características, beneficios, usuarios y costo de cada uno de los sistemas de información de mantenimiento propuestos.

Se desarrolla un modelo de método para la selección del sistema de información para gestión de mantenimiento de acuerdo a criterios investigados, como lo son: factor económico, adaptabilidad, tipo de empresa y software escalable, los cuales servirán a las empresas para facilitar la selección y posterior implementación.

Adicionalmente se dejan establecidas las etapas durante el proceso de selección de un sistema de información de mantenimiento, actividades que pretenden contribuir a lograr que el software sea seleccionado de manera adecuada y que cumpla con las necesidades de la empresa para que al final se pueda lograr una gestión integral del mantenimiento, siendo el sistema de información una ayuda y no una carga más.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: German Alonso Rodas Villegas, Magíster en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación

## SUMMARY

**TITLE:** PROPOSED METHOD TO SELECT ADECUATE MAINTENANCE SOFTWARE, FOR COMPANIES IN INDUSTRIAL SECTOR IN COLOMBIA

**AUTHOR:** SAUL FERNANDO GAMBOA SILVA\*\*

**KEYWORDS:** Information, Maintenance, Tools, Management.

### DESCRIPTION:

This research aims to assess relevance to use information tools in management of industrial maintenance in Colombia, based on the most used tools for this purpose. To achieve an introduction to the preliminary definitions, which are able to contextualize the reader about aspects as is done: system, information systems and maintenance, with these clear concepts begins with descriptions of the software used in Colombia for maintenance management leaving established their features, benefits, users and cost of each of the systems proposed maintenance information.

The method model for selecting the information system for maintenance management according to investigated criteria is developed, as are: economic factor, adaptability, business type and scalable software, which will serve to companies to facilitate the selection and subsequent implementation.

Additionally stages are left established during the selection process of an information system maintenance activities intended to help ensure that the software is selected properly and that meets the needs of the company so that the end can achieve comprehensive maintenance management information system being a help, not a burden.

---

\* Degree Project

\*\* Faculty: Physics-Mechanics Career: Mechanical Engineering. Director: German Alonso Rodas Villegas, Master in Management Science, Technology and Innovation

## INTRODUCCIÓN

Algunas empresas no cuentan con una metodología definida de consulta, para determinar que herramienta para análisis de información de mantenimiento usar dependiendo del tipo de proceso y volumen de información, por lo que en algunas ocasiones las empresas invierten en herramientas para manejar y analizar la información de mantenimiento en un momento que no es el adecuado y resulta deficiente, exagerado y/o costoso. Esto evidencia que se requiere establecer una metodología para ir madurando el manejo de información de mantenimiento, con herramientas adecuadas en el momento adecuado.

**Figura 1. Relación entre datos, información y gestión.**



Como se muestra en la Figura 1 todo inicia adquiriendo una serie de datos que por sí solos no permiten tomar ninguna decisión, por esto se requiere organizar, tabular, depurar, etc., estos datos para convertirlos en información y a través de esta generar planes de acción concretos que siendo bien planteados, planeados y ejecutados pueden llevar a realizar una buena gestión de mantenimiento. Aquí radica la importancia de usar las herramientas adecuadas para hacer una gestión de mantenimiento acertada.

La tecnología ha generado muchas herramientas para este fin, en el mercado actualmente se encuentra una gran variedad de sistemas de información que pueden ser implementados en el área de mantenimiento de las empresas, aunque no necesariamente todos estos funcionan en todos los tipos de empresa de manera adecuada y es allí donde se propone establecer criterios para tomar una decisión que ajuste las necesidades como empresa a lo que el sistema de información ofrece, normalmente (y como sería de esperarse) las personas que comercializan estos sistemas los ofrecen como la solución a todos los problemas de gestión de mantenimiento sin identificar/definir las necesidades particulares de cada empresa y evaluar si efectivamente el sistema ofrecido cubre los requerimientos o se debería pensar en otro sistema de información. Por otra parte, comúnmente las empresas encargan de la compra de este sistema al departamento de sistemas quien desconoce la necesidad.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 OBJETIVOS

**1.1.1 Objetivo general.** Desarrollar un método que permita establecer los criterios para la adecuada selección de un sistema de información, para la gestión del mantenimiento en empresas del sector industrial en Colombia.

#### 1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar software más usados en el sector industrial en Colombia para el análisis de información de mantenimiento y establecer sus características, beneficios, costo y usuarios.
- ✓ Establecer criterios para seleccionar la herramienta más adecuada, que permita el análisis de información de mantenimiento industrial.
- ✓ Proponer las etapas que se deben desarrollar durante la selección del sistema de información de mantenimiento industrial.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Dentro del proceso de gestión integral de mantenimiento desarrollado en una empresa, es de gran importancia contar con las herramientas necesarias para manejar y analizar la información de mantenimiento.

Para esto es necesario tener claro los tipos de herramientas usadas para manejo de información de mantenimiento y la información que se requiere analizar para lograr una gestión asertiva.

Con estas variables claras, se propone una metodología para decidir que herramientas usar dependiendo de la empresa a la cual será aplicada, esta metodología consiste en establecer unos lineamientos o pautas básicas, que contribuyan a la toma de decisiones, de acuerdo con las variables obtenidas y enfocadas al tipo de industria y alcance, permitirán elegir las herramientas más adecuadas para gestionar integralmente el mantenimiento.

Dentro de la metodología del manejo del sistema de información se debe hacer énfasis en cual información es la que se necesita adquirir, no solamente es reportar en un software averías, rutinas y equipos, sino más bien parametrizar o usar los sistemas de información para que brinden la información necesaria para realizar un análisis y una gestión adecuada.

La empresa debe establecer clara y exactamente lo que al final necesita, esta parte pareciera la más sencilla (y puede que lo sea) pero es en la que más cuidado se debe tener, ya que será la base para realizar una selección o una parametrización del sistema de información, en esta primera fase se debe tomar el tiempo y la minucia posible, este proceso debe ser liderado (de ser posible) por el rango y experiencia más alto que tenga la empresa en mantenimiento (gerente,

director, etc.) e involucrar a todas las personas y departamentos que se requieran, normalmente esto no se hace y en gran es una causal de la mala selección o parametrización, un proveedor de software por la naturaleza de su trabajo (comercial) dirá que el sistema que el vende solucionara todos los problemas en mantenimiento y entregara toda la información que se requiere para hacer gestión, cuando esto muy seguramente no será así.

Este estudio preliminar indicara el alcance que va a tener el sistema de información el cual debería estar alineado con el sistema de gestión de calidad de la empresa, ya que por medio del sistema de gestión de calidad se plantearan los indicadores de gestión para análisis y generación de planes de acción permitiendo establecer un proceso de mejora continua dentro del departamento de mantenimiento por medio de estos indicadores.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 SISTEMA

Según SENN, James <sup>1</sup>: un sistema es un conjunto de componentes que interaccionan entre sí para lograr un objetivo común. La sociedad actual se encuentra rodeada de sistemas. Es así como los seres humanos, experimentamos sensaciones físicas derivadas de un complejo sistema nervioso, compuesto por varios órganos tales como el cerebro, los nervios, la médula espinal y las células sensoriales especializadas que se encuentran ubicadas bajo la piel; estos elementos trabajan conjuntamente, haciendo que la persona advierta sensaciones de calor, frío, dolor, etc. El lenguaje es uno de los sistemas más comunes y permite que a través de palabras o símbolos los seres se comuniquen, El intercambio de bienes y servicios forman el sistema económico dentro del cual habitamos y que regula el comercio, la producción y la generación de riqueza.

Una organización es un sistema, cada área es un componente fundamental que contribuye al logro de objetivos, de manera que: producción, ventas, contabilidad, recursos humanos, mantenimiento, trabajan en equipo generando utilidades que benefician tanto a los empleados como a los socios de la compañía. Cada uno de estos componentes es a su vez un sub sistema. El departamento de recursos humanos está integrado por áreas como selección, contratación, bienestar, entre otras.

---

<sup>1</sup> SENN, James A. Diseño de sistemas de información. 2da Edición. México DF: McGraw-Hill, 1997. p. 19-22.

De acuerdo con lo citado por SENN, James<sup>2</sup>:

“Todo sistema organizacional depende, en mayor o menor medida, de una entidad abstracta denominada sistema de información. Este sistema es el medio por el cual los datos fluyen de una persona o departamento hacia otros y puede ser cualquier cosa, desde la comunicación interna entre los diferentes componentes de la organización y líneas telefónicas hasta sistemas de cómputo que generan reportes periódicos para varios usuarios”.

Según lo anterior, los sistemas informáticos centralizan de forma acertada la información pertinente de cada área, generando una sinergia en cada uno de sus componentes, aportando un flujo de datos eficiente y enfocado al logro de la misma meta.

Características importantes de los sistemas:

Los sistemas existen en razón a la funcionalidad para la cual son diseñados. Podemos, por ejemplo, analizar un sistema como el legislativo, que fue planteado, para estudiar los conflictos a los que se enfrentan los ciudadanos y aprobar que la legislación que los resuelva de acuerdo con las normas establecidas. Por otro lado también se puede referir a sistemas mecánicos como el encendido de un automóvil, el cual tiene como función principal de quemar el combustible, lo cual mediante una reacción en cadena, desarrolla la energía necesaria para activar las demás funciones que permitan el movimiento del automóvil.

Los sistemas no solo se componen de sus elementos internos, y de la relación de sus subsistemas, para alcanzar sus objetivos es necesario que éste interactúe con su medio ambiente, el cual se integra por todos los objetos que se encuentran fuera de sus límites. Estos sistemas, que permiten y facilitan la interacción con el medio ambiente, son denominados sistemas abiertos (reciben entradas y producen salidas). De tal modo, que aquellos que no se comunican con su exterior

---

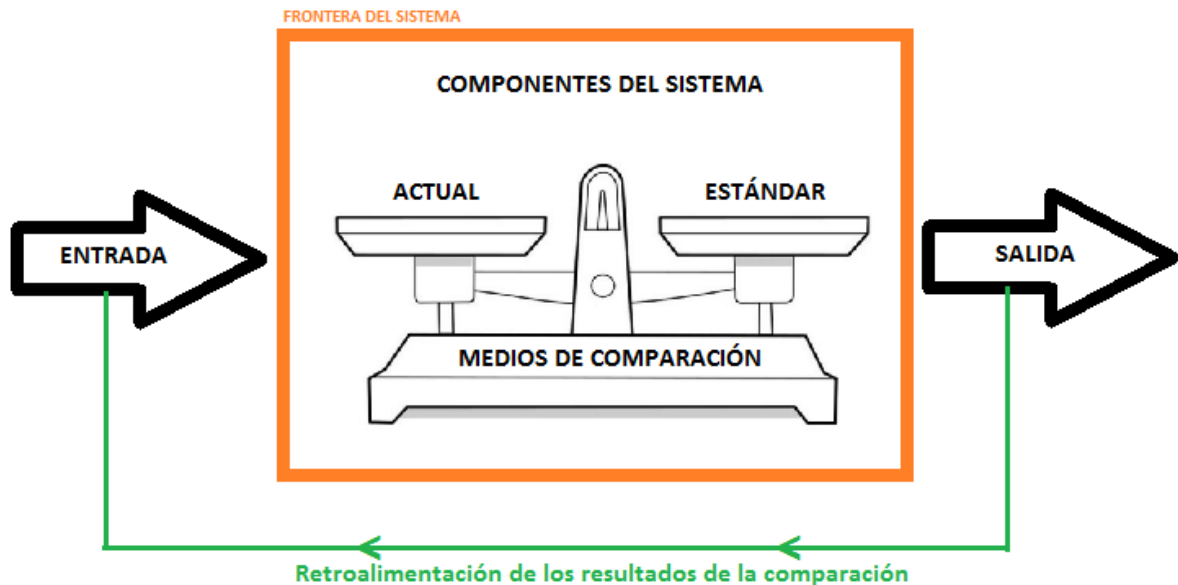
<sup>2</sup> Ibid

son definidos como cerrados, actualmente, este concepto de cerrados queda en la teoría, dado la importancia de recibir retroalimentación a las actividades de las organizaciones, más cuando la globalización se encuentra a la orden del día.

Así como es importante la relación con el medio ambiente, y con las demás variables externas para obtener retroalimentación, también es importante incorporar el elemento de control, toda función que pueda ser controlada y medida se desempeña de una mejor forma, el establecimiento de niveles de tolerancia o medición de metas, permite a los sistemas adecuar de forma oportuna su operación en pro del logro de los objetivos. Por ejemplo, la temperatura ambiente de la zona de trabajo ideal es de 37 °C. Puede ser que una variación de 37 °C a 37,5 °C no perturbe en mucho su desempeño aunque, si dicha temperatura no es controlada constantemente, puede llegar a elevarse y desencadenar condiciones extremas que pueden afectar las condiciones del grupo de trabajo, por tal razón el establecimiento de elementos de alerta, permitirán corregir las condiciones de forma oportuna y no esperar a llegar a un desenlace fatal

Ahora bien, se hizo mención a un tipo de control de una condición física, pero los sistemas no solamente son entidades mecánicas u operativas, Todos los sistemas tienen niveles mínimos de desempeño, denominados estándares los cuales se convierten en referencias de evaluación. Esta referencia sobre los estándares, permite evaluar el comportamiento de las variables, ya sea por encima o por debajo del estándar, sea cualquiera el caso, la información que genera dicha variación se conoce como retroalimentación, ya que alerta sobre la existencia de factores que afectan el desempeño.

**Figura 2. Elementos básicos de control**



En la figura se muestra un esquema a manera de resumen para mostrar el empleo del modelo de control básico que consiste, según: SENN, James<sup>3</sup> en:

1. Un estándar para lograr un desempeño aceptable
2. Un método para medir el desempeño actual
3. Un medio para comparar el desempeño actual contra el estándar
4. Un método de retroalimentación

De acuerdo con el modelo anterior, un sistema exitoso es el cual permite dentro de su desarrollo la medición de sus actividades, el ajuste oportuno de las funciones que se desvíen de los estándares establecidos con el fin de lograr los objetivos, aquellos sistemas que no puedan ser flexibles ante los cambios tanto internos como de su entorno tienden a desaparecer.

---

<sup>3</sup> Ibid.

Los sistemas abiertos son aquellos que reciben de su entorno retroalimentación, la cual es el insumo esencial para el control. Lograr tomar la retroalimentación, permite al sistema conocer que tan bien esta su operación y cuál es la percepción de sus clientes. Conocer los estudios de mercado en los cuales se determine si la relación precio y calidad de los productos está en la misma medida, o si por el contrario la percepción de la calidad es inferior al precio. Esta información ira directamente al área de calidad para revisar si los controles son suficientes, así como al área producción para revisar la calidad de los insumos, es decir la retroalimentación del entorno permite en gran medida hacer más competitivos los sistemas organizacionales.

Por otro lado en el caso de los sistemas cerrados deben limitar su desempeño a su propia información y a mantenerse bajo sus propios elementos de control, teniendo en cuenta dicha condición, es muy difícil que logre mantenerse vigente por mucho tiempo, por tal razón los sistemas cerrados no existen. Aunque en teoría, el ideal de los sistemas cerrados sea que su construcción y determinación de objetivos sea de tal manera que no necesite de su entorno para operar.

Cualquiera sea el tipo de sistema, abierto o cerrado, para desarrollar su función principal, requiere del apoyo de subsistemas en su interior, la especialización de estos pequeños sistemas permite, que cada uno se centre en una parte que engrane de forma perfecta dentro de la operación general del sistema, así mismo como el sistema general tiene su propio objetivo, cada uno de estas áreas debe tener definida su misión, sus metas y el impacto de sus tareas en los objetivos generales, por lo cual también es importante la determinación de estándares y controles al interior de estos subsistemas.

## 3.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Según COHEN KAREN, Daniel y ASIN LARES, Enrique<sup>4</sup>:

“Un sistema de información es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio. En un sentido amplio, un sistema de información no necesariamente incluye equipo electrónico (hardware). Sin embargo, en la práctica se utiliza como sinónimo de “sistema de información computarizado”.

Estos elementos son de naturaleza diversa y normalmente incluyen:

- ✓ Equipo computacional: es decir, el hardware necesario para que el sistema de información pueda operar. Lo constituyen las computadoras y el equipo periférico que pueda conectarse a ellas.
- ✓ Recurso humano: que interactúa con el sistema de información, el cual está formado por las personas que utilizan el sistema, alimentándolo con datos o utilizando los resultados que genere.
- ✓ Datos o información fuente: que son introducidos en el sistema, son todas las entradas que éste necesita para generar como resultado la información que se desea.
- ✓ Los programas que son ejecutados por la computadora, y producen diferentes tipos de resultados. Los programas son la parte del software del sistema de información que hará que los datos de entrada introducidos sean procesados correctamente y generen los resultados que se esperan.

---

<sup>4</sup> COHEN KAREN, Daniel y ASIN LARES, Enrique. Sistemas de información para los negocios. 3ra. Edición. México DF: McGraw-Hill, 2000. p. 4-7.

- ✓ Las telecomunicaciones que son básicamente hardware y software, facilitan la transmisión de texto, datos, imágenes y voz en forma electrónica.
- ✓ Procedimientos que incluyen las políticas y reglas de operación, tanto en la parte funcional del proceso del negocio, como los mecanismos para hacer trabajar una aplicación en la computadora.

Las funciones básicas de los sistemas de información son: entrada, almacenamiento, procesamiento, y salida, los cuales serán definidos a continuación:

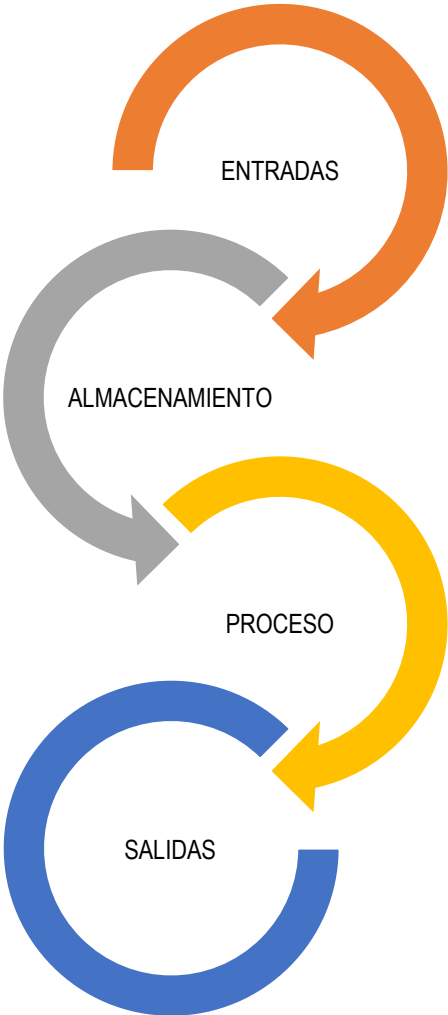
- ✓ Entrada de información: La entrada puede ser definida como el proceso por medio del cual el sistema se abastece con la información o los datos necesarios para operar. La forma en la cual es adquirida dicha información puede variar entre la alimentación en forma directa por el usuario, o puede ser automática, que se refiere a la toma o transferencia de información que provienen de otros aplicativos o módulos del mismo sistema, este proceso se realiza con el desarrollo de interfaces, las cuales pueden ser operadas de forma automática, este proceso permite agilidad en la información, así como evita la manipulación de datos, que puedan llevar a la generación de errores. Las terminales para el ingreso de los datos son las ya usuales, como el computador a través de software, estaciones de trabajo, cintas magnéticas, códigos de barras, escáner, monitores táctiles, el teclado y el mouse, entre otras.
- ✓ Almacenamiento de información: Es la función más importante de los equipos de cómputo, la información puede ser el activo más valioso de las organizaciones, de ahí la importancia de las estructuras bajo las cuales es conservada y mantenida la información, generalmente se realiza a través de archivos, los cuales se resguardan en unidades tales como discos duros,

flexibles, compactos, usb, la nube, entre otros, pero en cualquier caso con los niveles de seguridad que permitan preservar la información de forma confidencial.

- ✓ **Procesamiento de información:** transformar la información de entrada es la cualidad básica de un sistema de información, la capacidad para realizar cálculos proyecciones, diseños, graficas, ya sea a partir de la información o datos ingresados, así como de información obtenida a través de las interfaces y procesadas según los parámetros e instrucciones preestablecidos, de forma precisa y eficaz, genera acceso a resultados en menor tiempo, permitiendo realizar un análisis de información más eficiente, haciendo la toma de decisiones mucho más confiable
  
- ✓ **Salida de información:** Es el resultado obtenido del proceso, la salida de información son no solamente las unidades de generación como impresoras, discos, archivos, o plotters, es también la capacidad del sistema de crear reportes gerenciales, de ventas, con información relevante, graficas, proyecciones, flujo de datos, facturas procesadas, balances, resúmenes de costos, listado de clientes, clasificación de proveedores, es decir, la salida de información es el resultado de un proceso, pero logra ser también el punto de partida a otros procesos, y alcanza a convertirse en insumo de otros módulos organizacionales, ya sea información generada de forma física tipo reporte, así como la salida puede ser una interface que alimenta otro sistema de la misma organización.

En la siguiente figura se desarrolla un esquema sencillo de la secuencia en las actividades del sistema de información.

**Figura 3. Actividades del sistema de información**



### 3.3 MANTENIMIENTO

#### 3.3.1 Tipos de mantenimiento. Según GARCÍA PALENCIA, Oliverio<sup>5</sup>:

“Un sistema de Gestión de Mantenimiento busca garantizarle 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 cuanto 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”.

Ahora bien, dentro del mantenimiento industrial se conocen dos tipos básicos para desarrollar la función de mantenimiento:

- ✓ Mantenimiento reactivo: de acuerdo con su nombre, se define como la capacidad de reaccionar ante las contingencias relacionadas con fallas o averías, y la habilidad de llevar a cabo todas las acciones necesarias en caminadas a la atención, corrección, reparación y puesta a punto de los equipos, maquinaria e instalaciones para su correcta operación.
  
- ✓ Mantenimiento proactivo: el mantenimiento proactivo es totalmente opuesto al sistema reactivo, ya que encamina sus acciones a la prevención de fallas o posibles averías, mediante el diseño de planes, inspecciones programadas, actividades preventivas y predictivas, así mismo diseña y estructura protocolos de acción y estima tiempos para el mantenimiento óptimo de las maquinarias e instalaciones, anticipándose a los riesgos y minimizando la ocurrencia de fallas.

---

<sup>5</sup> GARCÍA PALENCIA, Oliverio. Gestión moderna del mantenimiento industrial. Bogotá: Ediciones de la U. 2012. p. 51-52

De acuerdo con los dos sistemas más usados para el mantenimiento industrial, se puede mencionar que hay varias formas populares de realizar el mantenimiento reactivo, dentro de las cuales se encuentran:

- ✓ Mantenimiento reparativo
- ✓ Mantenimiento de emergencia
- ✓ Mantenimiento correctivo
- ✓ Mantenimiento reconstructivo

Así mismo para el desarrollo del sistema de mantenimiento proactivo, existen varias formas para tratamiento, dentro de las cuales se encuentran:

- ✓ Mantenimiento preventivo
- ✓ Mantenimiento predictivo
- ✓ Mantenimiento detectivo
- ✓ Mantenimiento mejorativo

Actualmente, el proceso de Mantenimiento se centra por su uso en tres metodologías que se han convertido en básicas, como son:

- ✓ Mantenimiento correctivo
- ✓ Mantenimiento preventivo
- ✓ Mantenimiento predictivo

Partiendo de la base de las tres metodologías relacionadas anteriormente, se desarrollan los procesos de implementación de mantenimiento, teniendo en cuenta que cada organización tiene una estructura de operación propia y de acuerdo con el tipo de industria o servicio, también tiene necesidades distintas, estas metodologías han evolucionado de alguna forma, generando procesos mixtos, a través de nuevas herramientas denominadas *Estrategias de Gestión Moderna* del

*Estrategias de Gestión Moderna* del mantenimiento, o estrategias de *Confiabilidad Operacional*, esto, enmarcado dentro de un apropiado sistema de *Gestión de Activos*; dentro de los cuales se destacan los siguientes:

- ✓ Mantenimiento productivo total (TPM)
- ✓ Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)
- ✓ Optimización del mantenimiento planeado (PMO)
- ✓ Optimización integral del mantenimiento (MIO)

**3.3.1.1 Mantenimiento correctivo:** Según GARCIA PALENCIA, Oliverio<sup>6</sup> “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 el cual fueron diseñados. Por tanto, las labores que deben llevarse a cabo tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad del servicio”.

En mantenimiento correctivo, todas las acciones se dirigen a la atención y solución inmediata de la falla reportada, de esta manera no hay opción de efectuar programación o planeación para postergar su corrección, debiendo recurrir a controlar la contingencia con carteles o notificaciones que indiquen que la maquinaria esta fuera de servicio, mientras, el personal a cargo deben realizar todos los trabajos necesarios para poner nuevamente y a punto el servicio, dentro del menor tiempo posible, para tener la menor perdida de producción. Este es uno de sistemas más usados, dado que no se requiere personal muy especializado, ni planeación y organización, a pesar de lo anterior exige mayor cantidad de trabajo cuando se presenta la falla.

---

<sup>6</sup> Ibid. p. 53-55.

De acuerdo con la finalidad del mantenimiento correctivo, que es la atención de una falla no prevista, requiere para dar solución una óptima a la misma, de un análisis al tipo de daño presentado, así como cuáles podrían ser las posibles causas, esta etapa inicial es llamada comprobación del daño, lo cual permite determinar de manera específica las actividades a desarrollar. Este tipo de mantenimiento se aplica cuando el sistema ya ha perdido su función y no está cumpliendo con el propósito para el cual fue diseñado, esto no quiere decir que no se deba aplicar, en algunos procesos es conveniente llevar los equipos a falla, ya que la relación costo/beneficio entre mantenerlos y dejarlos operar hasta falla puede ser económicamente viable, para este caso se debe hacer un muy buen análisis y evaluar los costos asociados a posibles paradas no planeadas y sus efectos en la seguridad de los trabajadores alrededor del proceso productivo asociado a este equipo.

### **3.3.1.2 Mantenimiento preventivo:** Según GARCÍA PALENCIA, Oliverio<sup>7</sup>

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

Un programa de mantenimiento preventivo incluye dos actividades principales:

- ✓ Equipos: Inspección periódica para evaluar las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción.
- ✓ Proceso productivo: Conservación de la planta para evitar factores externos que aumenten la probabilidad de falla o disminución de vida útil, y adaptar o reparar estas condiciones.

---

<sup>7</sup> Ibid.. p. 55-65.

El mantenimiento preventivo se considera como sinónimo del mantenimiento periódico, planeado, sintomático, cronológico o continuo: cada una de estas características forman parte esencial de lo que es el mantenimiento preventivo, pero estos no son sus únicos elementos. En cada compañía de acuerdo con la naturaleza de sus actividades y su sistema productivo, se puede establecer un programa de mantenimiento preventivo de fácil implementación, las inversiones asociadas a esta implementación resultan bajas ya que usualmente las empresas cuentan con los equipos, el personal, los talleres e instalaciones para llevar a cabo este tipo de mantenimiento.

Cuando se quiere implementar el mantenimiento preventivo en una empresa es necesario establecer ciertas bases para construir un buen sistema, una de las más importantes es la participación y empoderamiento de los sectores involucrados, el éxito o el fracaso de la implementación depende de cómo cada integrante de la planta, la gerencia, ejecutivos de producción, supervisores, técnicos de mantenimiento, etc., perciban la idea de mantenimiento preventivo y sus beneficios en cada uno de los procesos a cargo. Se debe tener un muy buen conocimiento de los componentes del sistema, metodología, etapas de aplicación y administración, para lograr obtener el objetivo de mantenimiento: bajos costos de manufactura que generen productos con estándares de calidad.

Inicialmente la implementación requiere una aplicación selectiva para lograr buenos resultados, no es adecuado aplicarlo a toda la planta en una etapa inicial, es prudente construir el programa paso a paso, dejando a un lado la celeridad con que se realice la integración, respetando cada etapa, permitiendo que una etapa termine e iniciando con la siguiente sin saltar de una a otra. Después de organizados los programas de inspección y las tareas a realizar, estas deben ejecutarse en los intervalos inicialmente propuestos e ir permitiendo que el mismo plan de los ajustes que correspondan para su buen funcionamiento. Conviene que durante el desarrollo del programa los trabajos sean realizados de manera

honesto y que se retroalimente en los informes los posibles cambios para su mejora.

Los beneficios del sistema no son inmediatos, por lo cual se debe interiorizar que es un proceso que toma un tiempo razonable para obtener resultados, de lo contrario se puede presentar algo de frustración. Cualquier cambio en una empresa genera reacciones (positivas y negativas) que deben resolverse en la primera fase, cuando se introduce un sistema de mantenimiento preventivo en una empresa uno de los primeros inconvenientes es el aumento en los costos de mantenimiento, debido a que en las primeras inspecciones se evidencian demasiadas fallas que deben ser corregidas y tal vez estén pendientes de hace mucho tiempo, debido al alto deterioro natural y forzado a los que muy seguramente el equipo ha sido sometido. Por lo que es ideal que anticipadamente a la aplicación del mantenimiento preventivo, que los equipos sean llevados a las condiciones de funcionamiento para los cuales fueron diseñados, lo cual implica una inversión considerable en reparaciones generales y ajustes mayores.

La implantación de un sistema de mantenimiento preventivo puede tomar años y la impaciencia va en contravía del buen desarrollo del programa, las personas a cargo del programa deben estar enteradas de las dificultades que se presentan durante este proceso y aportar para estas dificultades de la mejor manera. La implementación del mantenimiento preventivo exige un cambio cultural, la necesidad de realizarlo y el convencimiento de los beneficios que el sistema ofrece.

En conclusión, el objeto de implementar un sistema de mantenimiento preventivo es llevar un control de mantenimientos programados, esto para prevenir la ocurrencia de fallas que generan paros no programados y tiempos perdidos de producción, y detectar posibles fallas antes de que ocurran.

### 3.3.1.3 Mantenimiento predictivo: Según GARCÍA PALENCIA, Oliverio<sup>8</sup>

“en las cuatro últimas décadas se ha venido aumentando notoriamente, en la industria internacional, la aplicación del mantenimiento basado en condición CBM<sup>9</sup>, 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 diagnóstico para el análisis de fallas, es la respuesta conveniente en la conservación económica de los equipos y la minimización de las paradas”.

Como definición, el sistema de mantenimiento predictivo es *“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”*.

En la actualidad existen muchas técnicas para la aplicación del mantenimiento predictivo: ultrasonido, radiografía, termografía infrarroja, termovisión, análisis de aceites, medición de espesores y otra seria de pruebas no destructivas, pero la medición y el análisis de vibraciones han sido usadas y con tan buenos resultados que se asocia el mantenimiento predictivo con este método, el principio es que mientras un equipo esté operando en buenas condiciones no se debe intervenir y por el contrario monitorear sin producir paradas hasta programar su intervención programada.

Las vibraciones son un muy buen indicador para validar las condiciones mecánicas de un equipo, sin ser una causa en la gran mayoría de casos, la vibración muestra un síntoma de condiciones inadecuadas de funcionamiento y evidencia un posible falla potencial, su origen puede determinarse por medio de un

---

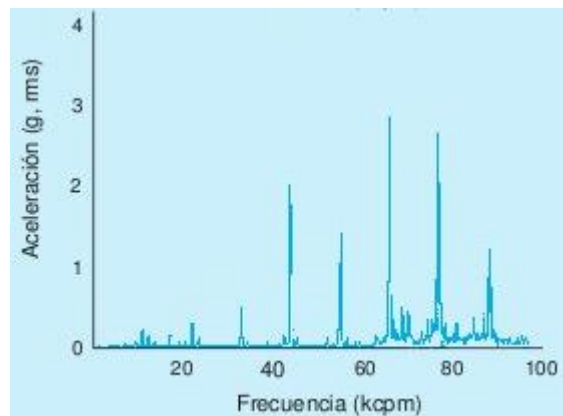
<sup>8</sup> Ibid. p. 65-66.

<sup>9</sup> CBM (Condition Based Maintenance) = Mantenimiento basado en la condición

análisis espectral de frecuencia de vibración. El nivel de vibración es un indicador para una maquina semejante a la temperatura en el cuerpo humano, cualquier anomalía en el nivel de vibración evidencia un deterioro en las condiciones de la máquina y sus sistemas.

En general, un sistema de mantenimiento predictivo consiste en medir los niveles de vibración de cada equipo y llevar control sobre estos, teniendo como parámetros de medición: características de vibración, variación de temperatura y aumento en consumo de energía. Como se muestra en la Figura 4, los elementos característicos de una señal de vibración son: frecuencia, ángulo de fase y amplitud (medida también como desplazamiento, velocidad o aceleración de la vibración).

**Figura 4. Elementos señal de vibración**



Fuente: Vibraciones, fundamentos y magnitudes. [Fecha de consulta: Mayo 09 de 2016. Hora: 4:20] Disponible en: <http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/fundamentos/magnitudes>

Si se realiza un buen análisis de tendencias de los cambios y se confrontan con patrones establecidos para la aplicaciones similares, se puede llegar a diagnosticar un defecto específico a través de una técnica que resulta confiable, lógica y segura. La frecuencia de la vibración determina el tipo de falla y la

amplitud determina la severidad de la falla con un alto grado de exactitud si se realiza una correcta medición y análisis de datos.

Los sistemas productivos tienen preestablecidos parámetros de operaciones y límites permitidos de vibración, estos valores pueden cambiar de acuerdo a su inadecuado funcionamiento, al analizarse este comportamiento se pueden tomar decisiones en cuanto a actividades correctivas y preventivas a realizar para dejar funcionando el equipo en su rango óptimo de operación.

## 4. SOFTWARE USADOS EN COLOMBIA PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

### 4.1 MP SOFTWARE

La primera versión salió en 1989 (más de 25 años en el mercado) con el objetivo de ayudar a administrar la gestión de mantenimiento, ofreciendo como características principales:

- ✓ Documentar información (planos, diagramas, localizaciones, proveedores, etc) de equipos.
- ✓ Documentar planes/rutinas de mantenimiento de los equipos con la opción de generar un cronograma de mantenimiento.
- ✓ Organizar y programar trabajos de mantenimiento cada día y una vez realizados automáticamente el software reprograma la siguiente fecha para la realización de los trabajos.
- ✓ Generar, controlar y hacer seguimiento a las órdenes de trabajo de manera simple y automática.
- ✓ Controlar el inventario de repuestos y optimizar niveles adquiriéndolos de acuerdo a programación de mantenimiento.
- ✓ Organizar historiales referentes a trabajos realizados y recursos utilizados.
- ✓ Generar gráficas, reportes e índices relacionados con la gestión del mantenimiento.

Los beneficios que los desarrolladores de este software han visto al implementarlo son:

- ✓ Disminución de paros no programados: La falla de un equipo puede detener el proceso productivo por periodos de tiempo que generen pérdidas importantes. Cuando se previene en vez de corregir, anticipadamente se pueden evitar los daños asociados a fallas, mediante inspección, ajuste, lubricación o cambio de piezas/consumibles.
- ✓ Aumento de la vida útil de los equipos: El mantenimiento preventivo aumenta la vida útil de los equipos de una manera directamente proporcional, entre mejor se cumpla el plan de mantenimiento preventivo la vida útil del equipo se aumenta y viceversa.
- ✓ Prevención reparaciones mayores: Una reparación mayor ocurre cuando un componente menor es sometido a desgaste y por ausencia de mantenimiento presenta fallas que desencadenan un problema mayor. Cuando se realizan las tareas de mantenimiento preventivo se pueden evitar fallas en componentes menores y prevenir reparaciones mayores.
- ✓ Prevención de accidentes: Cuando los técnicos solo realizan labores de mantenimiento correctivo se genera un ambiente de trabajo bajo presión que se traduce en exposiciones a daños en los equipos y muy seguramente a jornadas labores más largas que aumentan la posibilidad de accidentes.
- ✓ Confiabilidad/Calidad: Cuando se realiza el mantenimiento correcto a los activos se garantiza continuidad en los procesos productivos, asegurando la calidad del proceso/producto.
- ✓ Menor inventario de repuestos: La adquisición de repuestos justo a tiempo reduce el inventario y aumenta el recurso económico para ser destinado a otras prioridades productivas.
- ✓ Documentación/Trazabilidad: Con este CMMS se puede dejar documentada toda la información relacionada con mantenimiento (localizaciones, planes, mantenimientos próximos, repuestos, catálogos, etc) así cuando se generen cambios de personal esta información será ideal para darle continuidad a los trabajos que se deben realizar y servirá de consulta para trabajos realizados, fallas, historiales, etc.

En la siguiente tabla se resumen los precios del software MP9 ofrecidos para Colombia, en la página de internet se pueden ver los precios actualizados, los precios estas sujetos a posibles cambios.

**Tabla 1. Precios MP9 en Colombia**

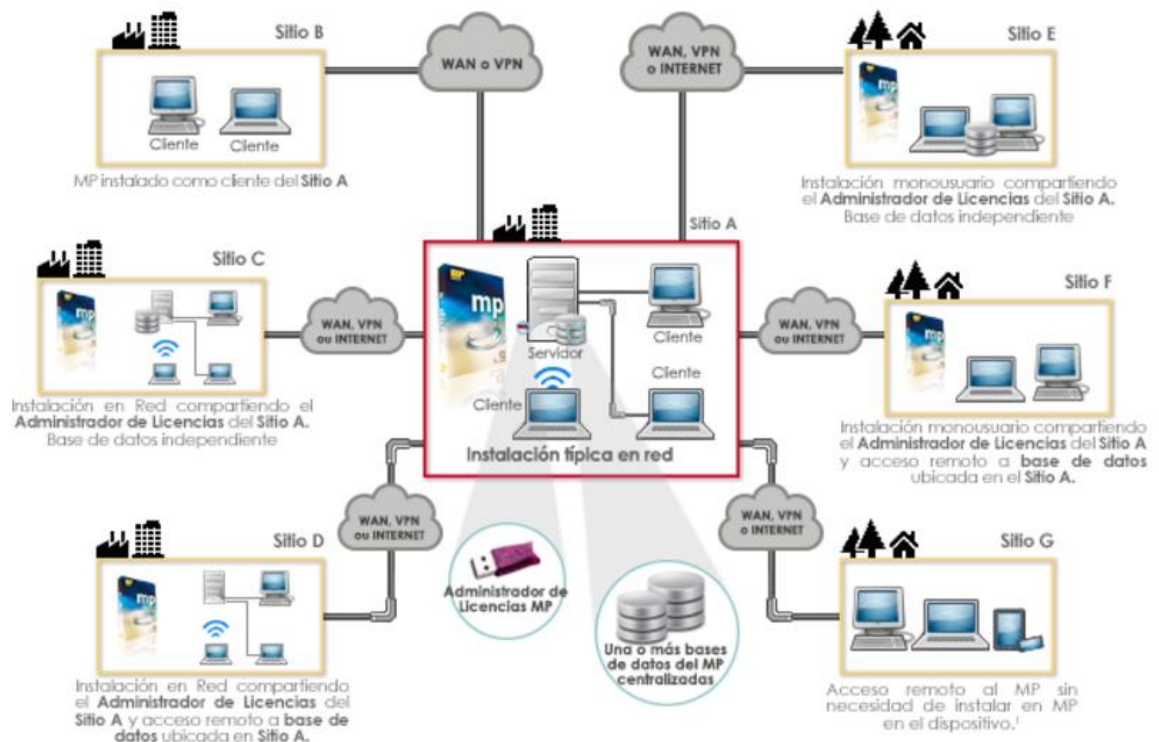
MP Versión 9			
	Básico	Profesional	Empresarial
MONOUSUARIO	USD\$1,346	USD\$2,691	USD\$3,807
RED para <b>2 estaciones</b> de trabajo	USD\$2,185	USD\$3,761	USD\$5,106
RED para <b>3 estaciones</b> de trabajo	USD\$2,657	USD\$4,221	USD\$5,566
RED para <b>5 estaciones</b> de trabajo	USD\$3,427	USD\$5,003	USD\$6,348
RED para <b>10 estaciones</b> de trabajo	---	USD\$6,072	USD\$7,418
RED para <b>15 estaciones</b> de trabajo	---	---	USD\$8,533
RED para <b>20 estaciones</b> de trabajo	---	---	USD\$9,488
RED para <b>30 estaciones</b> de trabajo	---	---	USD\$11,385
RED para <b>50 estaciones</b> de trabajo	---	---	USD\$15,180

Fuente: Precios en Colombia (USD) [Fecha de consulta: Mayo 10 de 2016. Hora: 4:25] Disponible en: [http://www.mpssoftware.com.mx/software\\_mantenimiento/precios\\_CO.html](http://www.mpssoftware.com.mx/software_mantenimiento/precios_CO.html)

Como se muestra en la siguiente figura, el software MP presenta una arquitectura cliente/servidor, donde en este caso el cliente es un equipo en la red que dependerá de algunos servicios para ejecutar los programas de MP9 y el servidor es un equipo en la misma red que recibe y guarda los servicios del software tales como: licencias de uso, actualizaciones, bases de datos, solicitudes de mantenimiento, etc.

También se muestra la gama de opciones de conectividad que tiene el software MP que permite: conexión vía LAN<sup>10</sup>, WAN<sup>11</sup>, VPN<sup>12</sup> o internet, bases de datos centralizadas o independientes (Access, Oracle y SQL) y acceso remoto por medio de productos adicionales de virtualización.

**Figura 5. Arquitectura MP**



Fuente: EL MP ofrece una amplia gama de opciones de conectividad. [Fecha de consulta: Mayo 10 de 2016. Hora: 8:55 ] Disponible en: [www.mpsoftware.com.mx/software\\_mantenimiento/mp\\_conectividad.html](http://www.mpsoftware.com.mx/software_mantenimiento/mp_conectividad.html)

<sup>10</sup> LAN: Local Area Network, en español: Red de área local

<sup>11</sup> WAN: Wide Area Network, en español: Red de área amplia

<sup>12</sup> VPN: Virtual Private Network, en español: Red privada virtual

La versatilidad del software hace que se pueda implementar en sitios donde existan equipos, maquinaria e instalaciones que requerían mantenimiento, en las que particularmente para este software se destacan: manufactura, construcción, hoteles, hospitales, flotas vehiculares y empresas de servicios.

Usuarios\*: Posee más de 2.500 usuarios en Latinoamérica y más de 40 usuarios en Colombia entre los que se destacan: ACEIS Constructora, AJECOLOMBIA (Big Cola), Altima Construcciones y Automatización, AR Hoteles, Bayklac Thor, BIMBO (Cali, Medellín, Barranquilla, Bogotá), Cartonera Nacional, Cigar Company, Cine Colombia, Clorox de Colombia, Colorquímica, Compañía Electrotécnica Industrial, Consorcio hombresolo (Transmilenio), Corrugados de Colombia, Crown Colombiana, Drypers Andina, FEPCO, Gases del Caribe, Granos y cereales de Colombia, Incubadora de Santander, Industrias Inca Dupree, Key Energy, P&H Company, PEI Colombia, Parex Resources Colombia, Tecnoglas, Thermofrio, entre otras.

Los usuarios de MP9 están muy centralizados en América Latina debido a su origen Mexicano, de fábrica este software viene en español pero también tiene la posibilidad de implementación en inglés.

En su página de internet se puede encontrar una base de datos de usuarios de este software con su respectivo país de implementación, listado que es muy útil para verificar empresas de similares características para evaluar posteriormente la implementación.

---

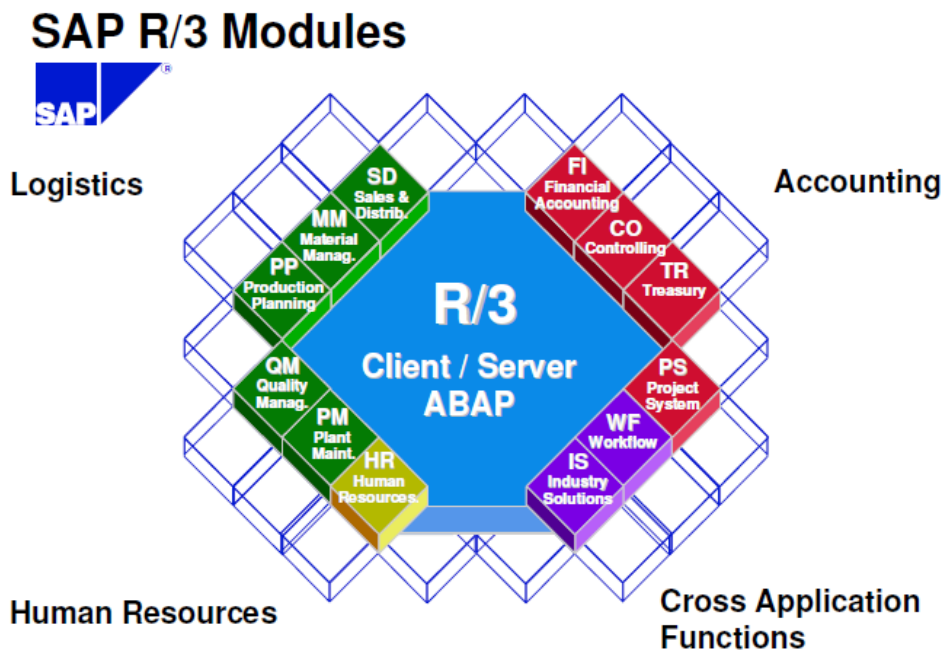
\* Se puede descargar una base de datos de:  
[www.mpsoftware.com.mx/software\\_mantenimiento/mp\\_implementacion\\_cmms.html](http://www.mpsoftware.com.mx/software_mantenimiento/mp_implementacion_cmms.html)

## 4.2 SAP

El software SAP propone una solución a las empresas uniendo todas las posibles demandas por medio de módulos que interactúan entre sí para lograr el manejo de la información de manera integral en todos los departamentos de la empresa.

En la siguiente figura se observa los posibles módulos que integran esta solución:

Figura 6. Módulos SAP R/3



Fuente: SAP Module Overview. [Fecha de consulta: Mayo 10 de 2016. Hora: 4:53] Disponible en: <http://www.sap-erp.com/general/sap-module-overview.html>

En la siguiente tabla se resumen los módulos y submódulos que ofrece SAP, los módulos se pueden implementar de acuerdo a la necesidad, no siempre se introducen todos los módulos en un empresa en una primera etapa, esta opción

hace que el software sea escalable y permita la implementación a medida que se vaya madurando la gestión y la integración de sus diferentes departamentos.

**Tabla 2. Módulos y submódulos de SAP**

MÓDULO	SUBMÓDULO
Finanzas FI: (Financial) Contabilidad Financiera	GL (General ledger) Contabilidad general AP (Accounts Payable) Cuentas por pagar AR (Accounts Receivable) Cuentas por cobrar BL (Bank Accounting) Contabilidad Bancaria FM (Funds Management) Gestión Presupuestaria AA (Assets Accounting) Contabilidad de Activos LA (Lease Accounting) Contabilidad de arrendamiento TM (Travel Management) Gestión de viajes SL (Special Ledger) Contabilidad especial
Costos y Control CO: (Controlling) Control y Costos	CCA (Cost Center Accounting) Contabilidad por Centros de Coste CEL (Cost Element Accounting) Contabilidad de elementos de Coste PC (Product Cost Controlling) Control de Costes del Producto PA (Profitability Analysis) Análisis de Rentabilidad OPA (Internal Orders) Ordenes Internas ABC (Activity-Based Costing) Costes Basados en Actividades
Logística LO: (Logistics) Logística general	BM (Batch Management) Gestión de lotes HU (Handling Unit Management) Gestión de Unidades de manipulación VC (Variant Configuration) Configuración de variantes ECM (Engineering Change Management) Ingeniería de Gestión del Cambio CM (Configuration Management) Gestión de configuraciones LIS (Logistics Information System) Sistema de información logística MD (Master Data) Datos maestros PR (Promotions) Promociones

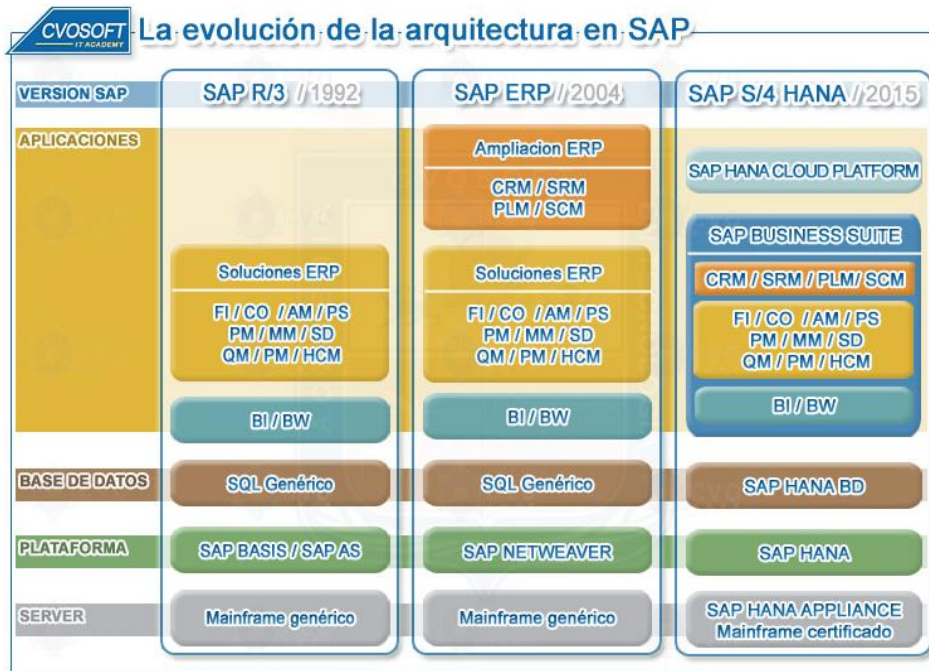
MÓDULO	SUBMÓDULO
Ventas y Distribución SD: (Sales and Distribution) Ventas y Distribución	BF (Basic Functions) Funciones Básicas MD (Master Data) Datos maestros SLS (Sales) Gestión de Ventas LE-SHP (Shipping) Gestión de Expediciones TRA (Transportation) Transportes FTT (Foreing Trade) Comercio exterior BIL (Billing) Facturación CAS (Computer-Aided Selling) Soporte de ventas FT (Foreing Trade) Comercio Exterior EDI (Electronic Data Interchange) Intercambio Electrónico de Datos IS (Information system) Sistema de información de ventas
Gestión de Materiales MM: (Materials Management) Gestión de Materiales	CBP (Consumption Based Planning) Planificación de necesidades sobre consumo PUR (Purchasing) Gestión de Compras IM (Inventory Management) Gestión de Inventarios IV (Invoice Verification) Verificación de Facturas SRV (External Services Management) Gestión de servicios Externos EDI (Electronic Data Interchange) Intercambio Electrónico de Datos MRP (Material Requierement Planning) Planificación de necesidades de material IS (Information system) Sistemas de información
Ejecución de logística LE: (Logistics Execution) Ejecución de logística	SHP (Shipping) Gestión de Expediciones TRA (Logistic Execution Transport) Logística y ejecución de Transportes WMS (Warehouse Managment System) Gestión de Almacenes TRM (Task and Resource Management) Gestión de recursos y Trabajo IDW (Decentralized Warehouse Management) Gestión descentralizada de Almacenes

MÓDULO	SUBMÓDULO
Producción PP: (Production Planning) Planificación de la producción	PM (Plant Maintenance) Control de Planta
	PI (Process Industry) Industria de procesos
	QM (Quality Management) Gestión de calidad
	E&HS (Environment and Health Security) Gestión del medio ambiente
	BD (Basic Data) Datos Básicos
	SOP (Sales and Operations Planning) Gestión de la Demanda
	MP (Master Plan) Plan Maestro
	CRP (Capacity Planning) Plan de Capacidades
	MRP (Material Requirements Planning) Plan de Materiales
	SFC (Production Orders) Ordenes de Fabricación
IS (Information system) Sistema de Información	
Recursos Humanos HR (Human Resources) Recursos Humanos	PA (Personal Administration) Administración de personal
	EMP (Employee Master Data) Datos maestros de personal
	PD (Personal Development) Desarrollo de Personal
	PAY (Payroll calculation) Nómina
	ECM (Compensation Management) Gestión de la Compensación
	PCP (Personnel Cost Planning) Planificación de Costo del Personal
	EDD (Employment Dev. Dep.) Evaluación del Desempeño
	TEM (Training & Event Management) Gestión de capacitación y eventos
	E-R (E-Recruiting) Reclutamiento
	ESS (Employee Self-Service) Autoservicio, información a empleados
	MSS (Manager Self-Service) Autoservicio, información a gerencia
	TRV (Travel management) Gastos de viaje
	OM (Organizational Management) Gestión de la organización
	BN (Benefits) Beneficios
	EHS (Env. health and safety) Higiene y seguridad ambiental)
TIM (Time Management) Gestión de tiempos	
IS (Information System) Sistema de información	

La constante demanda de nuevas soluciones ha hecho que SAP ajuste sus productos a las solicitudes que la industria (clientes) genere, esto ha generado una serie de modificaciones en su arquitectura, estas modificaciones se pueden ver plasmadas en la siguiente figura donde últimamente se ha venido trabajando en la

integración de servicios en sistemas “cloud platform” o en español: plataforma en la nube.

**Figura 7. Evolución arquitectura SAP**



Fuente: Sistema SAP. [Fecha de consulta: Mayo 10 de 2016. Hora: 5:11] Disponible en: [http://cvosoft.com/sistemas\\_sap\\_abap/](http://cvosoft.com/sistemas_sap_abap/)

Dentro de los módulos ofrecidos se hará énfasis en el módulo PM (Plant Maintenance) el cual está relacionado con la investigación propuesta.

SAP propone este módulo mediante el concepto de gestión de activos ocupándose por el ciclo de vida de los activos empresariales haciendo visible en tiempo real el rendimiento de los activos, facilitando la optimización del uso de los activos, disminuyendo costos, mejorando los gastos de capital y maximizando la rentabilidad económica de los activos (inmobiliario, planta, equipos, etc.)

En el siguiente esquema se puede observar como SAP propone en su página de internet la gestión de los activos usando las herramientas que han desarrollado:

**Figura 8. Gestión de activos en SAP**



USUARIOS: PROALMEX Productora de Alimentos Mexicanos SA de CV, NOVA Chemicals, Departamento de conservación de Nueva Zelanda, Kaeser Kompressoren, Varun Beverages, McLaren Group, Great Panther Silver Limited, Petrojam Limited, Trigon LLC, Umasons, TWVW Tussengemeentelijke Maatschappij der Vlaanderen voor Watervoorziening, Sphaera Corporate Group, Cerro Punta de Panamá, NAMU Travel Group, Audax Transformadores, Club Deportivo Universidad Católica, Grupo Dapsa, Laboratorios Garden House, Cavas de Don Max, Cueros Vélez, Grupo ODS, Fogo de Chão, Triple H, Asociados Don Mario, Toshiba, Sony, TESCO, Deutsche Bank, Bank of Ireland, ThyssenKrupp, Bayer, Vodafone, Deutsche Telekom, New Balance, Diageo, Mercedes Benz, Porsche, Oxford University, TNT, Lufthansa, MMG Limited, Dow Chemical,

#### **4.3 IBM MAXIMO ASSET MANAGEMENT**

A pesar de que IBM fue fundada en 1911 la aplicación Maximo Asset Management se gestó en 1968 cuando IBM también presentaba su sistema (CICS) Customer Information Control System, hacia el 2006 fue adquirida por IBM, después de muchos desarrollos por parte de IBM en la actualidad se agrupan varios productos que se presentan como una “solución de gestión de activos empresariales”.

Estas soluciones de gestión de activos empresariales hacen ganar visibilidad del uso de los activos casi en tiempo real, incrementa la vida útil de los bienes de capital, maximiza el rendimiento de los activos y pospone la adquisición de nuevos bienes, como principales características se tiene:

- ✓ Soportar la gestión de activos empresariales en múltiples industrias; fabricación, asistencia sanitaria, ciencias de la vida, energía nuclear, petróleo y gas, transporte, proveedores de servicio y servicios de suministro.

- ✓ Dar visibilidad y proporcionar control sobre los activos que afectan la conformidad, los riesgos y el rendimiento empresarial.
- ✓ Aumentar la vida útil de los activos físicos que mejoran el rendimiento y maximizan la eficiencia operativa.

Maximo Asset Management unifica integralmente la administración del ciclo de vida de los recursos y del mantenimiento de los activos en un única plataforma, permitiendo tener una clara percepción de los recursos con los que cuenta la empresa, condiciones y procesos de trabajo para planificar y controlar mejor, sus principales beneficios son:

- ✓ Administra la asignación de los recursos, especificaciones, monitoreo, calibración, costos y seguimiento, todo en un único sistema.
- ✓ Asignaciones de recursos de la empresa para planificaciones a largo y corto plazo, mantenimiento preventivo, reactivo y basado en condiciones (CBM), administración de la programación, optimización de los recursos e indicadores para gestionar el proceso.
- ✓ Gestionar el inventario para asegurar que las partes correctas estén disponibles en el momento requerido, en el sitio requerido cuando se vayan a utilizar, asegurando la demanda requerida para satisfacer programa de recambio.
- ✓ Administración de contratos con “terceros” con amplio soporte en tipos de contrato como; ventas, arrendamiento, alquiler, garantía, tarifas, maestros, contratos globales (blanket) y los definidos particularmente por el usuario.
- ✓ Su arquitectura escalable ofrece una plataforma flexible para la configuración de procesos empresariales adaptados a los requisitos cambiantes de la empresa y conectados con los sistemas de otras empresas.

En la siguiente figura se resume como cada una de las soluciones de gestión brindadas (Activos, Trabajos, Inventario, Aprovisionamiento, Contratos y Servicios), están soportados en la base de una arquitectura orientada a servicios.

**Figura 9. Arquitectura IBM MAXIMO**

Gestión de activos	Gestión de trabajos	Gestión del inventario	Gestión de aprovisionamiento	Gestión de contratos	Gestión de servicios
Instalaciones Activos Códigos de error Contadores Contadores de grupos	Seguimiento de pedidos de trabajo Informes rápidos Informes laborales Administración de asignaciones Actividades y tareas Solicitudes de servicios Planificaciones de trabajos Mantenimiento preventivo Master PM	Almacenes Inventario Incidencias y transferencias Códigos de condición Herramientas en stock Herramientas Elementos de servicio	Solicitud de presupuesto Recepción Petición de compra Facturas Empresas Pedidos de compra Términos y Condiciones	Contratos de compra Contratos maestros Contratos de garantía Contratos de arrendamiento y alquiler Contratos de tasas de actividad Términos y Condiciones	Solicitud de servicio Autoservicio • Creación de solicitudes • Visualización de solicitudes Plantillas de incidencias Actividades y tareas
<b>KPI / Informes / Análisis</b>					
<b>Seguridad y Administración</b>					
<b>Plataforma de Arquitectura Orientada a Servicios</b>					

Fuente: IBM Maximo Asset Management Essentials. [Fecha de consulta: Mayo 11 de 2016. Hora: 3:15] Disponible en: <ftp://public.dhe.ibm.com/software/es/tivoli/TID14025-USEN-00.pdf>

Particularmente la gestión de activos como parte de esta arquitectura ofrece la posibilidad de controlar y hacer seguimiento a los activos, brindando la información del activo a lo largo de su ciclo de vida, esto permite desarrollar un mantenimiento proactivo (más que reactivo) que maximiza la productividad de los procesos asociados a estos activos: disminuye los tiempos perdidos por paros no planeados, alarga la vida útil de los activos, reduce los costos de mantenimiento y mejora la calidad del servicio.

A pesar de ofrecer un paquete completo para la gestión de activos, el software está diseñado para ampliar su campo de acción en función de las necesidades de la empresa, haciendo que la escalabilidad sea una ventaja de su plataforma flexible para configurar procesos, basada en su arquitectura orientada a servicios y fundamentada en la seguridad y la administración, adicionalmente la opción de medir esta gestión por medio de KPI<sup>13</sup>, informes e indicadores para evaluar y analizar posibles mejoras asociadas a las tendencias de esta información.

El costo de la licencia para usuario autorizado limitado es de aproximadamente U\$D 4.013 y el costo para usuario autorizado es de aproximadamente U\$D 8.012, ambas opciones con soporte técnico por un año.

Usuarios: Gillete, British Petroleum, Samsung, Volkswagen, ABB, Walt Disney World, General Motors, NASA, Du Pont, Pfizer, Johnson-Johnson, Volvo, Repsol, Chevron, Miller, Intel, Micron, Lilly, Vodafone, Ericsson, China Mobile, Motorola, T Mobile, Eskom, New York Power Authority, Kemira, Bombardier, Cephalon, Lockheed Martin, Hydro Québec, Bristol-Myers Squibb Company, Proximus, Avea, Tele2, Wataniya Telecom,

#### **4.4 SAMM**

SAMM es un software desarrollado por una empresa Colombiana llamada IDEA Soluciones, quienes desarrollan sistemas computarizados para administración de mantenimiento (CMMS), con más de 14 años de experiencia ofrecen soluciones a empresas que requieran aumentar la eficiencia del departamento de mantenimiento y servicio, enfocado a la rentabilidad del negocio. Está enfocado en

---

<sup>13</sup> KPI: Key Performance Indicator = Indicador clave de rendimiento/desempeño

empresa de prestación de servicios y empresa de manufactura ofreciendo soluciones de acuerdo a los siguientes esquemas:

**Figura 10. Esquemas ofrecidos por SAMM**



Fuente: Sistema de Administración de Mantenimiento Moderno – SAMM. [Fecha de consulta: Mayo 20 de 2016. Hora: 10:50] Disponible en: <http://www.idaesoluciones.com/>

Como principales características de este CMMS se pueden listar:

- ✓ Interfase grafica amigable: SAMM está desarrollado en un ambiente grafico sencillo que permite facilidad en el ingreso y consulta de información, asegurando el buen uso a los administradores y usuarios del sistema, la iconografía intuitiva hace que sea cómoda la ejecución del trabajo y cuenta con ayuda online.
- ✓ Control total sobre el flujo de servicio: el proceso inicia con la cotización del servicio, la asignación de recursos (humano y material) y termina con el

proceso de costeo y cierre, así se asegura un detallado seguimiento al servicio y se obtiene al final informes ágiles del desempeño de la operación.

- ✓ Fácil integración con los sistemas de información internos: puede enlazar con el sistema de información que maneje la empresa por medio de interfaces que se desarrollan despendiendo del sistema que use la empresa, esto reduce tiempo invertido en procesos de duplicación de información y permite consulta de información en tiempo real.
- ✓ Ciclo evolutivo constante: esta aplicación se alimenta diariamente con los modelos de servicio implementados en cada empresa, acomodándose a el dinamismo del mercado y haciendo más integral la aplicación día a día para suplir las necesidades que van naciendo.
- ✓ Escalable de acuerdo a la empresa: tiene diferentes versiones de acuerdo a infraestructura, tamaño, nivel de técnicos, etc. Puede irse ajustando de acuerdo al crecimiento que la empresa tenga permitiendo accesos personalizables para sucursales o agencia de servicio, centralizando la operación.
- ✓ Interacción con dispositivos móviles: acceso 100% móvil por medio de SAMM WEB facilitando al personal de servicio tener la información requerida como hojas de vida de equipos, programaciones realizadas, catálogos de equipos, etc. Usando esta tecnología el beneficio se traduce en el cliente, dando opciones como la impresión del reporte de servicio en campo.
- ✓ Flujo de documentos: generación de documentos y relación entre los mismos para facilitar el seguimiento correcto a la operación (solicitud de servicio, orden de trabajo, cotización, requisición de repuestos, remisiones de entrada y salida, relación de gastos, órdenes de compra, etc.) asegurando la trazabilidad en todo el proceso.
- ✓ Análisis de información: reportes, indicadores gráficos y de texto consolidan fácilmente la información para gestionar el mantenimiento.

El costo de este software varía entre 8`000.000 COP y 18`000.000 COP dependiendo de la complejidad de la parametrización, módulos requeridos y usuarios que requiera la empresa. Adicional cuenta con consultoría que tiene un costo de 120.000 COP para una hora de consultor senior y 60.000 COP por una hora de consultor junior.

Usuarios: Hidrocom Ingeniería LTDA, Soldaduras West Arco SAS, EMCO SA, Service Stelle, Helados Gourmet Popsy, Montacargas Fernández y Lozano LTDA, AQSERV SAS, Laboratorios Retina SAS, Imcolmedica SA, IEE Ingeniería comercial Eléctrica y Electrónica SA, Rodríguez y Londoño SA, GESSA Grupo Empresarial Satélite SA, entre otros.

En resumen en la siguiente tabla se realiza una comparación de los aspectos más relevantes y sobresalientes de cada uno de los sistemas de información anteriormente descritos en cuanto a sus características, beneficios, costo y usuarios:

**Tabla 3. Resumen de software**

	CARACTERISTICAS	BENEFICIOS	COSTO	USUARIOS
<b>MP</b>	Es una herramienta básica pero muy útil, enfocada al mercado de la industria latina y aplicable con buenos resultados principalmente en industrias pequeñas y medianas.	Permite llevar un control de la información de mantenimiento, tiene la posibilidad de mostrar indicadores (aunque estos aplican a cada máquina independiente, así pertenezca a una línea productiva)	El costo varía de U\$D 3.807 para un usuario hasta U\$D 15.180 para 50 estaciones de trabajo	Los usuarios de esta herramienta son básicamente industrias mexicanas (por su origen) y latinas, ejemplo: 3M, ABB, Avon, Gates, Clorox, BigCola, Bimbo, etc.
<b>SAP</b>	De las herramientas más completas que existen en el	Interrelación de información entre módulos	El costo varía de U\$D 10.000 para	Los usuarios de esta herramienta

	CARACTERISTICAS	BENEFICIOS	COSTO	USUARIOS
	mercado pudiendo integrar diferentes departamentos por medio de módulos, por su entorno multilinguaje puede implementarse en múltiples países e incluso en multinacionales con sedes en países que hablen diferentes idiomas	implementados, el modulo PM se enfoca a la gestión integral de activos y ya han realizado desarrollos en HSE adicional a la administración de información de mantenimiento (programación, ejecución, predictivo, compras planificadas, etc.)	un usuario y U\$D 50.000 para 10 usuarios.	están a nivel mundial pero también presentes en la industria Colombiana, ejemplo: Argos, Grupo Nutresa, Grupo Familia, Mansarovar, O-I Peldar, Isagen, etc.
<b>MAXIMO</b>	Herramienta muy completa, enfocada a gestión de activos integrando la posibilidad de servicios, contratos inventario y aprovisionamiento. Diseñada para gestión de activos centralizando sus posibles interacciones con otras áreas por medio de 6 módulos.	Plataforma flexible para configurar diferentes procesos empresariales, muy buen manejo de administración de contratos (de varios tipos) y acceso móvil integrado.	El costo varía de U\$D 6.000 para un usuario y U\$D 57.000 para 10 usuarios	Los usuarios de esta herramienta están a nivel mundial y la participación latina es poca, ejemplo: PetroEcuador, Grupo Fate-Aluar,
<b>SAMM</b>	Buena herramienta enfocada a pymes, resulta muy viable su implementación en pequeñas empresas y empresas dedicadas a la prestación de servicios.	Desarrollada por una empresa nacional que permite realizar una parametrización ajustada a las necesidades, funciona via web lo que permite consulta de información donde se tenga red de datos y posee un ambiente grafico amigable e intuitivo.	El costo varía entre 8'000.000 COP y 18'000.000 COP de acuerdo a la complejidad.	Sus usuarios son en su mayoría empresa Colombianas, ejemplo: Hidrocom, Helados Popsy, Imcolmedica, West Arco SAS, etc.

## 5. MODELO DE MÉTODO PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Como se explica en la introducción existe la necesidad de tener criterios suficientes para la selección del sistema de información de mantenimiento, los criterios funcionales deben prevalecer para que al final el software responda adecuadamente y de la solución a los requerimientos y problemas propios de cada empresa. Cada software que sea presentado como solución tendrá sus ventajas y desventajas, cuando se crean estas dudas la única solución es tomarse el tiempo suficiente para comparar y seleccionar la mejor opción.

### 5.1 CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE SISTEMA DE INFORMACIÓN

Los criterios para la selección del sistema de información pueden ser demasiados pero para el caso de esta investigación se resumirá en los más relevantes y comunes:

**5.1.1 Factor económico.** Sin lugar a dudas este es uno de los factores en los que las empresas se basan para la selección, cuando se desconocen los alcances y soluciones que puede aportar un buen sistema de información, este factor resulta ser prácticamente el único criterio tenido en cuenta.

Lamentablemente bajo esta concepción suelen cometerse errores que se traducen en que el sistema de información seleccionado no se ajuste ni solucione los problemas de mantenimiento en la empresa, y por el contrario genere una carga más por tratar de forzar el sistema para que se adapte a la empresa, en este caso

la inversión es aún mayor, pues se requiere asignar recursos adicionales (personas, tiempo, etc.) para ajustar un sistema de información mal seleccionado.

El costo de los sistemas de información de mantenimiento varían dependiendo del alcance, módulos, usuarios, etc. y obtener un precio exacto para realizar una comparación resulta complejo debido a que hay poca información disponible, para este caso se trabajara con precios aproximados encontrados en línea.

Sin lugar a dudas el software más económico será el desarrollo nacional, en este caso corresponde a el software SAMM el cual tiene costo de entre 8´000.000 – 18´000.000 COP (U\$D 3.000 – 7.000 dependiendo de la TRM), inversión que para una pyme resulta viable y que puede llegar a ser una solución óptima para la gestión de mantenimiento, debido a su característica de adaptabilidad y que sus desarrolladores pueden implementar un sistema a medida. En este orden continua el software MP el cual tiene un costo aproximado de U\$D 4.000 para 1 usuario y varía dependiendo de los usuarios, hasta llegar a U\$D 15.000 para 50 usuarios, costo que se ajusta y está más enfocado en la mediana y gran empresa.

Dirigidos para la mediana y gran empresa pero principalmente implementados y conocidos en grandes empresas debido a su costo y a sus módulos pensados en integrar todo el proceso productivo, se encuentran SAP y MAXIMO, los cuales ofrecen una muy buena solución a procesos productivos con grandes volúmenes de información y la posibilidad de crecimiento interno, el costo de SAP para 1 usuario es de aproximadamente U\$D 10.000 mientras que para MAXIMO es de aproximadamente U\$D 6.000, el costo varía de acuerdo a los usuarios pero para comparar si fuesen 10 usuarios el costo de SAP es de aproximadamente U\$D 50.000 mientras que el de MAXIMO es de U\$D 57.000 aproximadamente, como se puede observar el costo de estos software en bastante elevado, pero se debe tener en cuenta que este costo corresponde a la implementación desde cero, es decir que en este costo se incluye las capacitaciones, acompañamiento, migración

de datos, consultoría, etc., este costo puede ser menor cuando ya esté implementado el software y solo se requiera la renovación de la licencia o la implementación de un nuevo usuario, siempre será una buena opción el acompañamiento por parte del desarrollador en la implementación del software.

Se puede observar que en la mayoría de software el costo depende del número de usuarios, por lo que se recomienda de ser posible implementar el uso de usuarios genéricos que abarquen la mayor cantidad de personas posibles, por ejemplo: en caso de mantenimiento se podría dejar un usuario para todos los técnicos mecánicos con el nombre de “técnicos mantenimiento mecánico” y así no tener que asumir costos de licencias por cada técnico que haga parte del proceso y luego por cada uno de los que ingrese, esto optimiza el costo y con buena disciplina y control funcionara correctamente.

**5.1.2 Adaptable/Personalizable.** En muchas ocasiones se adapta la empresa al sistema de información y no el sistema de información a la empresa, comúnmente esto obedece al punto anterior (seleccionar en base al factor económico).

El sistema de información debe ser parametrizable al punto que aporte solución a los problemas identificados, ayude en la gestión integral de mantenimiento y genere la información respectiva para la toma de decisiones. Si al sistema de información ofrecido por el proveedor hay que hacerle demasiados desarrollos específicos para adaptarse a la empresa se debe evaluar, debido a que es muy mal comienzo este proceso de adaptabilidad tan complicado, entre menos de esto se tenga, se asume un software mejor diseñado desde el comienzo para el tipo de empresa que esté evaluando el sistema de información.

En este sentido algunos proveedores locales como el investigado en este documento (SAMM) resultan ser soluciones muy útiles en cuanto a adaptabilidad y personalización, debido a que por ser tan básicos en su programación pueden

integrar cambios o parametrizaciones de acuerdo al requerimiento del cliente, se puede decir que el proveedor genera un “software a medida” de la empresa. Generalmente aplica muy bien para pequeñas y medianas empresas en donde se integren pocos módulos adicionales (almacén, comercial, recursos humanos, etc.) además del módulo de mantenimiento (gestión de activos).

Para el caso de grandes empresas, SAP y MAXIMO se convierten en la mejor opción ya que generan soluciones integrales con sus diferentes módulos, esto hace que se pueda adaptar a los requerimientos de las empresas en cuanto a manejar toda la información en un solo sistema, en las grandes empresas se genera gran cantidad de información de compras, inventarios, gestión humana, planeación de la demanda, gestión de activos, etc. y poder integrar toda esta información se convierte en un difícil reto para un proveedor de software local.

**5.1.3 Tipo de empresa.** Este criterio es de lo más importante y práctico para la selección de un sistema de información, haciendo un benchmark con el software que otras empresas usan para su gestión de mantenimiento, se puede evaluar con mayor facilidad las similitudes que pueden existir entre el manejo de información de una empresa y otra de características equivalentes, en ocasiones este proceso no es tan fácil debido a que las empresas con características similares usualmente son competencia entre ellas, esto hace que no se comparta la información de una empresa a otra debido a que esta valiosa información puede hacer parte de su valor agregado y que está haciendo la empresa más competitiva. En este caso el proveedor del software es quien puede suministrar parte de esta información para poder construir o seleccionar el sistema de información que se requiere para la empresa.

En caso que la empresa sea muy especializada, se debe buscar un sistema de información que administre una empresa de similares características, en las páginas de internet donde se promocionan los sistemas de información de

mantenimiento usualmente se pueden encontrar “casos de éxito” de empresas que han adquirido el software ofrecido en esa página y han obtenido muy buenos resultados con su buen uso, esta puede ser una ayuda importante para seleccionar un software que sea aplicable al tipo de empresa que está requiriendo o seleccionando un sistema de información para la administración del mantenimiento.

Para el caso del software MP por su estructura de indicadores, localizaciones y catálogo de equipos presenta una gran ventaja para el manejo de activos independientes, como por ejemplo vehículos terrestres, flota marina, aviones, etc. ya que los indicadores que el software entrega son asociados a cada máquina, esto lo hace débil en procesos que en una localización tenga varios equipos que dependan uno del otro, ya que el indicador que se genera solo afecta el comportamiento del equipo y no la línea de producción, en este caso si el equipo para todo la línea quedará parada y esto no se verá reflejado en el indicador.

Si se analiza el software SAMM este es muy fuerte en cuanto a prestación de servicios externos, soporte post-venta, servicios de ingeniería, etc. Al ser un software adaptable puede gestionar indicadores de acuerdo a la necesidad del cliente, pero la parametrización para una gran empresa de manufactura sería un tema bastante complicado y en el caso de SAMM podría quedar corto, adicionalmente las bases de datos e información están en línea vía web y el proceso de tratamiento de información puede tomar tiempo.

En cuanto a SAP y Maximo, estos son muy fuertes en manufactura, generan indicadores de gestión para procesos productivos donde las maquinas son dependientes unas de otras, pueden soportar grandes industrias y manejo de información bastante amplia, por el contrario en empresas pequeñas o medianas a veces se desaprovecha demasiado y no es tan apropiado su uso ya que al tener tantas transacciones y posibilidades de manejo de información resulta

sobredimensionado y en ocasiones de difícil manejo. En grandes empresas SAP y Maximo pueden interconectar departamentos realizando un flujo de información único para todos los procesos, se pueden encadenar los procesos de mantenimiento, almacén, gestión humana, financiero, etc. lo que lo hace mucho más versátil y genera una solución integral para estos casos.

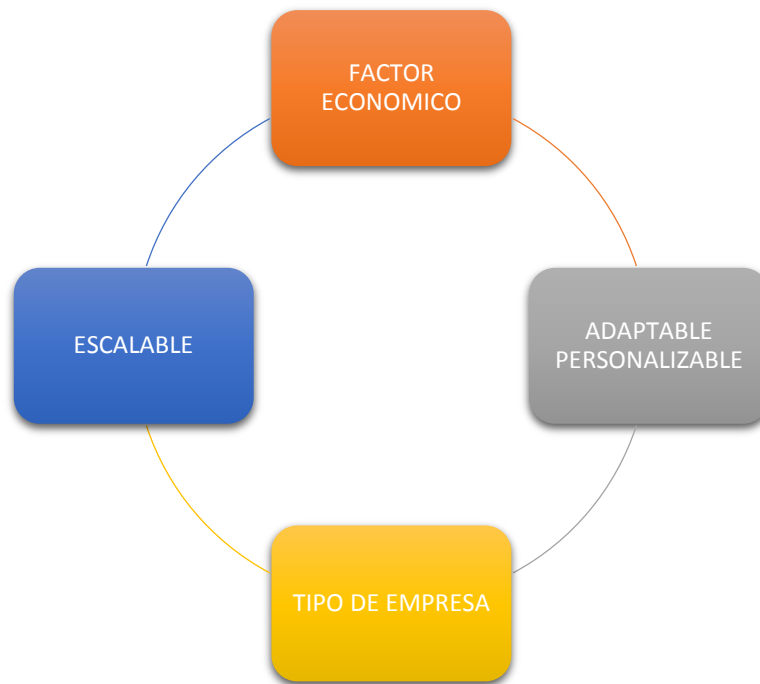
**5.1.4 Escalable.** Las necesidades de cada empresa no son las mismas y varían con el tiempo debido a los retos que día a día la competitividad impone, esto hace que los sistema de información de mantenimiento deban poderse escalar a medida que la necesidad de la empresa lo requiera. Esto garantiza una buena inversión en el software que la empresa compre garantizando que en el futuro podrán implementar más módulos de acuerdo a la necesidad del momento. Lo que se quiere garantizar también es la implementación de nuevos módulos o sistematización de procesos de la manera menos abrupta posible e interfiriendo la información y módulos ya montados lo mínimo posible. En conclusión el sistema de información de mantenimiento debe permitir ampliarse en su volumen de información y módulos, en lo posible sin interferir con la información y módulos ya montados.

En este sentido SAMM, SAP y Maximo tienen muy clara esta necesidad y presentan una parametrización completamente escalable, principalmente SAP y Maximo proveen la posibilidad de ir creciendo en módulos bajo la misma base de datos e integrando todos los departamentos de la empresa a medida que esta crezca o simplemente que la empresa quiera manejar toda su información bajo un mismo sistema.

En el caso de MP este es mucho menos escalable ya que la versión que suministra no posee muchas opción, tiene la posibilidad de integrar repuestos y costos pero no se puede integrar por ejemplo con recursos humanos o el área

financiera, y el tema de repuestos y costos, lo cual termina siendo un poco básico para lo que en algunas ocasiones las empresa requieren.

**Figura 11. Criterios de selección del sistema de información**



## **5.2 ETAPAS PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.**

A continuación se sugieren las posibles etapas para que la selección del sistema de información sea exitosa, es un paso a paso muy sencillo pero que cumpliéndolos y asignando los recursos necesarios pueden llevar a que la empresa adopte una solución óptima para el manejo de la información, tanto de mantenimiento como de otros procesos.

**5.2.1 Definir necesidades y requerimientos.** Cuando se decide evaluar la posibilidad de implementar un software para el manejo de la información de mantenimiento, se estima que este contribuya a solucionar problemas de gestión que se estén presentando por la ausencia del software, por lo cual en esta etapa se deben definir estas necesidades y requerimientos que el software deberá gestionar. Esta etapa es básica debido a que conociendo las necesidades y requerimientos se puede tener una visión más clara que hace que no se dependa solo de lo que los proveedores en su momento quieran ofrecer sino focalizarse en lo que la empresa requiere.

Estas necesidades nacen de lo que el sistema de información que se tenga no esté cumpliendo, se deben listar los posibles aspectos en los cuales el nuevo sistema de información a seleccionar podría presentar una ventaja y aportar a la gestión del mantenimiento, las limitaciones del software que se tenga serán las posibles ventajas que el nuevo software aporte, en caso que no se tenga un sistema de información o que se esté llevando la información de manera manual se deben listar cuáles son esas posibles soluciones que el software debe aportar para la gestión de mantenimiento que en este caso será muy enfocado a la organización de la información y el análisis de la misma.

Dependiendo de cada caso estos requerimientos podrían ser pocos o podrían ser bastantes, en caso que sean bastantes probablemente las opciones de software no puedan cubrir estrictamente todo lo que se quisiera abarcar, en este caso priorizar estas necesidades es una muy buena práctica, estableciendo lo que es indispensable, necesario y deseable, para con esto definir la solución que más tenga alcance a los requerimientos y necesidades indispensables.

El software debe trabajar para ayudar a la gestión y no al revés, el modo de trabajo no debe estar orientado a lo que un software ofrece (y sus limitaciones), en cambio se debe buscar una solución que integre los requerimientos asociados a la

gestión y así facilitar las actividades de mantenimiento, cuando hay una clara evidencia que se “*está trabajando para el software*” definitivamente hay algo que no está bien y se debe evaluar su mejora o reemplazo.

**5.2.2 Opciones de software.** Esta monografía es de gran ayuda para este paso, que consiste en recopilar los posibles software que aplicarían, para implementar como sistema de información de mantenimiento y hacer un breve análisis en cuanto a beneficios, costo, indicadores, etc., para con esto hacer un filtro inicial y empezar a seleccionar el software que más se ajuste con los requerimientos particulares de cada empresa.

Se recomienda hacer comparativos con software que se hayan implementado con éxito en empresas del mismo sector a nivel nacional y fuera de Colombia, también por medio de averiguaciones voz a voz con excompañeros de trabajo o de estudio quienes podrían tener experiencias buenas y malas para dar un guía de cuales opciones se ajusta más al proceso productivo.

Se debe establecer un límite de proveedores a evaluar, una gran cantidad de opciones hace que el proceso se desenfoque, se sugiere evaluar a profundidad entre 4 y 6 posibles proveedores, hacer este filtro es una tarea crítica, necesaria y que puede tomar un tiempo considerable del proceso de selección, los criterios de selección anteriormente expuestos en esta monografía son de gran ayuda ya que con ellos se pueden realizar filtros para establecer y definir cuáles son las 4 o 6 soluciones a evaluar, en muchas ocasiones criterios como el económico harán que muy buenos sistemas de información queden fuera de la lista, pero es una realidad que debemos enfrentar, el presupuesto es limitado y factor determinante para la selección por lo que se debe solicitar un presupuesto acorde, muy seguramente entre más desarrollado el software mucho más costoso será.

**5.2.3 Presentación de soluciones.** Se debe hacer el acercamiento con las empresas que ofrecen el software que en el paso anterior se han seleccionado y agendar citas para su estudio. Inicialmente se debe realizar una reunión con cada empresa que ofrece el software y los involucrados en la selección por parte de la empresa interesada en el software, se le debe brindar a la empresa que ofrece el software herramientas e información suficiente para que se contextualicen sobre aspectos generales, como el tipo de industria o servicio al que se orienta, así mismo, cómo funciona el área de mantenimiento de la empresa donde se implementaría el software, que problema se quiere solucionar, que indicadores la empresa necesita para su gestión y cuál es el objetivo que se quiere lograr con la implementación del software. Los profesionales en ventas de software desconocen las particularidades de cada empresa y para focalizarlos en la solución se le debe brindar los recursos para que realicen bien su trabajo, cuanto más conozcan los proveedores las necesidades de la empresa mayor será la retroalimentación de como el software ofrecido ayudará.

Posterior a esta reunión se debe realizar otra donde las empresas ofertantes del software con la información suministrada, desarrolle un demo y muestre que efectivamente el software cumple con la expectativa y puede brindar la solución esperada y deseada por la empresa. En este momento se puede observar el software en funcionamiento y de esta manera validar que los requerimientos vayan a ser cubiertos, de igual manera se debe preparar (listar de ser posible) los requerimientos para poder evaluar bajo los mismos criterios a cada empresa ofertante. En estas demostraciones de cada sistema de información se podría invitar a usuarios claves de la empresa que puedan dar una opinión acerca del sistema y sus características.

En estas reuniones que se recomienda realizar, ambas partes, empresa ofertante del software y empresa donde se aplicará el software, deben realizar el mayor número de preguntas posibles (en ambas vías) para establecer tanto necesidades

como soluciones exactas, pudiendo así posteriormente tomar una decisión acertada.

**5.2.4 Evaluación de soluciones.** En este paso se debe definir por parte de la empresa donde se implementara el software la (o las) soluciones que sean viables de implementación, de acuerdo con el cumplimiento de las características y funciones mínimas requeridas, así como también se ajusten al presupuesto asignado, de ser necesario, se recomienda realizar una evaluación costo-beneficio, porque se podría descartar una muy buena solución que sobrepasa el presupuesto por muy poco, pero que al ser implementado genere un mayor aporte y valor agregado.

No se debe dudar en llamar a las empresas ofertantes para afinar algunos conceptos o alinear y esclarecer inquietudes o dudas que emergen, y que son propias del proceso de análisis. En este paso se recomienda solo tener uno o dos opciones posibles de software que faciliten la selección, no se debe tener demasiadas opciones ya que esto distrae mucho la decisión final, para hacer todas las validaciones de selección tenemos los pasos anteriores.

Se recomienda verificar que la empresa oferente del software que se vaya a seleccionar, incluya un acompañamiento y consultoría para evaluar una posible implementación, capacitaciones, transferencia de conocimiento, etc. De ser posible pedir al proveedor del software referencias de otras empresas, en donde el producto se esté usando con éxito y que tenga características similares a la empresa donde se implementará el software (ejemplo: tamaño, industria, metodología de mantenimiento, etc.). Tener contacto con otras empresas similares que implementaron el software ofrecido podría dar claridad a cuestionamientos como: desafíos para implementar el sistema, acompañamiento de la empresa oferente, mejoras en la gestión de mantenimiento después de la implementación y si modificarían algo del software implementado para mejorar sus prestaciones.

**5.2.5 Decisión final e implementación.** En esta última fase la empresa toma la decisión final del software a implementar, se debe hacer un acercamiento con la empresa considerada para avanzar y notificarle de la viabilidad para la compra, conociendo de antemano que el software elegido satisface los requerimientos y está dentro del rango del presupuesto asignado.

En este punto que ya se tiene definido el software a comprar se puede negociar el precio ofertado del software, actualizaciones o capacitaciones, normalmente los vendedores pueden gestionar descuentos de acuerdo a las condiciones que se establezcan.

Después de seleccionado el software se debe iniciar la implementación, bajo el acompañamiento y la consultoría de la empresa que ofrece el software. Se debe tener en cuenta que este proceso puede demorar un tiempo y se debe respetar el valor de la información, de tal forma que si se tiene un software y se va a implementar la nueva solución seleccionada, se debe tomar el tiempo necesario para migrar toda la información que contenga el software antiguo y poder tener toda esta información en el software nuevo, esto para no perder la trazabilidad de los procesos.

**Figura 12. Etapas para la selección del sistema de información**



## 6. CONCLUSIONES

- ✓ Con el desarrollo de esta monografía se contribuye al desarrollo industrial, a través de la investigación sobre las herramientas actuales de los sistemas de información, permitiendo brindar un análisis comparativo, sobre los cuales se establece las pautas para realizar una selección óptima de las mismas.
- ✓ Se logran identificar las herramientas usadas para el análisis de información en mantenimiento en Colombia dando un repaso de sus características, beneficios, costo y usuarios, herramientas que pueden ser diferentes para otros casos de estudio particulares a la empresa que lo requiera.
- ✓ Son establecidos criterios para seleccionar la herramienta más adecuada para el análisis de información de mantenimiento en el sector industrial en Colombia, los cuales pueden ser estudiados y analizados a otras herramientas emergentes o que no fueron desarrolladas en este estudio.
- ✓ Se establecen las etapas que debe tener una adecuada selección del sistema de información de mantenimiento industrial, por medio de las cuales el lector si requiere evaluar otros sistemas de información para su selección podrá realizarlo con las etapas establecidas.
- ✓ El factor económico se convierte en un criterio fundamental para la selección del software, por lo que se debe realizar un buen planteamiento de los beneficios para la gestión de mantenimiento y así lograr que se asigne un recurso económico acorde a lo requerido y necesitado.

## BIBLIOGRAFÍA

COHEN KAREN, Daniel y ASIN LARES, Enrique. Sistemas de información para los negocios. 3ra. Edición. México DF: McGraw-Hill, 2000. 413 p.

FUENTES DIAZ, David. Sistemas de información en mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica. 2013. 119p.

GARCIA PALENCIA, Oliverio. Gestión moderna del mantenimiento industrial. Bogotá: Ediciones de la U. 2012. 170p.

Gestión integral de los activos empresariales para la gestión del ciclo de vida y mantenimiento de los activos. [Fecha de consulta: Mayo 09 de 2016. Hora: 4:20]  
Disponible en: <http://www-03.ibm.com/software/products/es/maximoassetmanagement>

MP SOFTWARE: Software para control y administración de mantenimiento.  
Disponible en: <http://www.mpsoftware.com.mx/>

SAMM, Sistema de administración de mantenimiento moderno. [Fecha de consulta: Mayo 09 de 2016. Hora: 5:15] Disponible en:  
<http://www.idaesoluciones.com/pages/producto.aspx>

SAP, Gestión de activos empresariales. [Fecha de consulta: Mayo 10 de 2016. Hora: 8:50] Disponible en: <http://go.sap.com/latinamerica/solution/lob/asset-management.html>

SENN, James A. Diseño de sistemas de información. 2da Edición. México DF: McGraw-Hill, 1997. 942 p.

Software de mantenimiento CMMS para todo tipo de industrias. [Fecha de consulta: Mayo 11 de 2016. Hora: 10:50] Disponible en: <http://www.easymaint.net/es/>