

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN EMPRESARIAL UTILIZANDO  
HERRAMIENTAS FOSS PARA LA CATEGORÍA ADMINISTRACIÓN  
DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO DEL ESTÁNDAR ISA  
S95 APLICADO A UN CASO DE ESTUDIO**

**ANEXOS**



**Sandra Ximena Rengifo Arenas**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA, INSTRUMENTACION Y CONTROL  
POPAYÁN  
Septiembre de 2011**

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN EMPRESARIAL UTILIZANDO  
HERRAMIENTAS FOSS PARA LA CATEGORÍA ADMINISTRACIÓN  
DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO DEL ESTÁNDAR ISA  
S95 APLICADO A UN CASO DE ESTUDIO**

**ANEXOS**

**Sandra Ximena Rengifo Arenas**

**Documento Final de Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero en Automática Industrial**

**Director  
Ing. OSCAR JAIME DIAZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA, INSTRUMENTACION Y CONTROL  
POPAYÁN  
Septiembre de 2011**

## CONTENIDO

<b>1 ANEXO A. APLICACIÓN DE LA FASE 1: DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO</b> .....	<b>1</b>
ETAPA 1. DESCRIBIR LA PLANTA FÍSICA.....	1
ETAPA 2. DESCRIBIR EL PROCESO. ....	4
Paso 1. Definir los ingredientes para la preparación de bebidas carbonatadas. ....	4
Paso 2. Definir las etapas del proceso.....	5
Paso 3. Modelar el Proceso.....	6
ETAPA 3. ESTRUCTURAR LAS ÁREAS FUNCIONALES DE LA EMPRESA. ....	6
ETAPA 4. DEFINIR LOS PROCEDIMIENTOS DEL PROCESO. ....	8
ETAPA 5. MODELAR LOS EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO A LOS QUE SE REALIZA MANTENIMIENTO. ....	10
Paso 1. Especificación de los equipos.....	10
Paso 2. Definición de las clases de equipos.....	10
Paso 3. Definir los equipos. ....	13
Paso 4. Definir Modulo de Control .....	17
Paso 5. Información de Mantenimiento.....	26
ETAPA 6. MODELAR RECURSOS DE MANTENIMIENTO. ....	27
Paso 1. Modelar los materiales de mantenimiento .....	27
Paso 2. Modelar los equipos de mantenimiento. ....	32
Paso 3. Modelar el personal de mantenimiento.....	38
ETAPA 7. DEFINIR PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO .....	40
<b>2. ANEXO B. APLICACIÓN DE LA FASE 2: EVALUACIÓN, SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE FOSS ERP, CMMS Y SCADA</b> .....	<b>57</b>
ETAPA 1. REQUERIMIENTOS DEL CASO DE ESTUDIO.....	57
Paso 1. Requerimientos de herramienta ERP .....	57
Paso 2. Requerimientos de herramienta CMMS.....	57
Paso 3. Requerimientos de herramienta SCADA. ....	58
ETAPA 2. BÚSQUEDA DE LAS HERRAMIENTAS .....	58
Paso 1. Búsqueda de las herramientas ERP .....	59

Paso 3. Búsqueda de herramientas SCADA. ....	67
<b>ETAPA 3. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS ERP, CMMS Y SCADA.</b>	<b>73</b>
Evaluación de los sistemas ERP por medio de la norma ISO/IEC 9126 .....	73
Evaluación de los sistemas CMMS por medio de la norma ISO/IEC 9126 .....	94
Evaluación de los sistemas SCADA por medio de la norma ISO/IEC 9126.....	102
<b>3. GUIA ADMINISTRACION DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO..</b>	<b>¡Error!</b>
Marcador no definido.	

## TABLAS

Tabla 1.1. Operaciones Identificadas: Modelo de proceso .....	6
Tabla 1.2. Unidades Identificadas. Modelo físico.....	7
Tabla 1.3. Identificación Modulo de Equipo y Modulo de Control: Caso de estudio	8
Tabla 1.4. Procedimientos de Unidad Identificados.....	9
Tabla 1.5. Modelo de control de procedimientos .....	9
Tabla 1.6. Especificación de los equipos .....	10
Tabla 1.7. Atributos clase unidad de sedimentación y floculación .....	11
Tabla 1.8. Atributos clase unidad de preparación de concentrado .....	11
Tabla 1.9. Atributos clase unidad de preparación de bebida .....	11
Tabla 1.10. Atributos clase unidad de preparación de jarabe simple.....	12
Tabla 1.11. Atributos clase unidad de preparación de aditivos.....	12
Tabla 1.12. Atributos clase tanque de almacenamiento .....	12
Tabla 1.13. Atributos clase tanque de mezclado .....	13
Tabla 1.14. Atributos clase bomba .....	13
Tabla 1.15. Atributos unidad de preparación de concentrado.....	14
Tabla 1.16. Atributos tanque de almacenamiento 2.....	14
Tabla 1.17. Atributos bomba 1 .....	15
Tabla 1.18. Atributos unidad de preparación endulzante.....	15
Tabla 1.19. Atributos tanque de almacenamiento 3.....	16
Tabla 1.20. Atributos unidad de preparación de jarabe simple .....	16
Tabla 1.21. Atributos tanque de mezclado 1.....	16
Tabla 1.22. Atributos unidad de preparación de aditivos .....	17
Tabla 1.23. Atributos tanque de mezclado 2.....	17
Tabla 1.24. Clases de Modulo de control.....	18
Tabla 1.25. Atributos clase mezcladores .....	19
Tabla 1.26. Atributos mezclador 1 .....	19
Tabla 1.27. Atributos mezclador 2 .....	19
Tabla 1.28. Atributos clase sensores .....	20
Tabla 1.29. Atributos de sensor TK1_LS1 .....	20
Tabla 1.30. Atributos de sensor TK1_LS2 .....	20
Tabla 1.31. Atributos de sensor TK2_LS1 .....	20
Tabla 1.32. Atributos de sensor TK2_LS1 .....	21
Tabla 1.33. Atributos de sensor TK3_LS1 .....	21
Tabla 1.34. Atributos de sensor TK3_LS2 .....	21
Tabla 1.35. Atributos de sensor TK4_LS1 .....	21
Tabla 1.36. Atributos de sensor TK4_LS2 .....	22
Tabla 1.37. Atributos de sensor TK5_LS1 .....	22
Tabla 1.38. Atributos de sensor TK5_LS2 .....	22

Tabla 1.39.Atributos clase motobomba.....	22
Tabla 1.40.Atributos motobomba.....	23
Tabla 1.41.Tributos clase válvulas de control.....	23
Tabla 1.42.Atributos válvula de control VV8.....	24
Tabla 1.43.Atributos válvula de control VV7.....	24
Tabla 1.44.Atributos válvula de control VV6.....	24
Tabla 1.45.Atributos válvula de control VV5.....	25
Tabla 1.46.Atributos válvula de control VV4.....	25
Tabla 1.47.Atributos válvula de control VV3.....	25
Tabla 1.48.Atributos válvula de control VV3.....	25
Tabla 1.49.Solicitud de Mantenimiento.....	26
Tabla 1.50.Orden de trabajo de mantenimiento.....	26
Tabla 1.51.Respuesta de mantenimiento.....	26
Tabla 1.52.Atributos clase lubricante.....	27
Tabla 1.53.Atributos del material grasa.....	27
Tabla 1.54.Atributos clase soldadura.....	28
Tabla 1.55.Atributos del material Estaño.....	29
Tabla 1.56.Atributos clase pegantes.....	29
Tabla 1.57.Atributos del material Silicona en barra.....	30
Tabla 1.58.Atributos del material Pegante PVC.....	30
Tabla 1.59.Atributos clase aislantes.....	31
Tabla 1.60.Atributos del material Cinta teflón.....	31
Tabla 1.61.Atributos del material Cinta aislante.....	32
Tabla 1.62.Atributos de clase herramientas eléctricas.....	32
Tabla 1.63.Atributos soldador.....	33
Tabla 1.64.Atributos equipo soplador.....	33
Tabla 1.65.Atributos Multímetro.....	34
Tabla 1.66.Atributos Pistola de silicona.....	34
Tabla 1.67.Atributos de clase herramientas manuales.....	34
Tabla 1.68.Atributos destornillador plano.....	35
Tabla 1.69.Atributos destornillador de estrella.....	35
Tabla 1.70.Atributos Llave Boca Fija.....	36
Tabla 1.71.Atributos Alicata.....	36
Tabla 1.72.Atributos Llave de boca ajustable.....	36
Tabla 1.73.Atributos Llave de tubo.....	37
Tabla 1.74.Atributos Pinza pelacables.....	37
Tabla 1.75.Atributos Pistola engrasadora.....	37
Tabla 1.76.Atributos clase jefe.....	38
Tabla 1.77.Atributos jefe de mantenimiento.....	38
Tabla 1.78.Atributos clase operario.....	39
Tabla 1.79.Atributos operario de mantenimiento.....	39
Tabla 1.80.Lista de personal de mantenimiento.....	40
Tabla 1.81.Lista de materiales de mantenimiento.....	40
Tabla 1.82.Lista de equipos de mantenimiento.....	41
Tabla 1.83.Especificación de segmento de proceso: Limpieza electroválvulas.....	42

Tabla 1.84.Especificación definición de segmento de proceso de mantenimiento: Limpieza electroválvulas.....	42
Tabla 1.85.Especificación de segmento de proceso: Limpieza motobomba.....	43
Tabla 1.86.Especificación definición de segmento de proceso de mantenimiento	43
Tabla 1.87.Especificación de segmento de proceso: Revisión de agitadores .....	44
Tabla 1.88 Especificación definición de segmento de proceso de mantenimiento: Chequeo funcionamiento del sensor .....	45
Tabla 1.89.Flujo de Información desde Despacho de Mantenimiento. ....	53
Tabla 1.90.Flujo de Información desde y hacia Administración de Ejecución de Mantenimiento. ....	54
Tabla 1.91.Flujo de Información desde y hacia Recolección de Datos de Mantenimiento. ....	55
Tabla 1.92. Flujo de Información desde y hacia Seguimiento de Mantenimiento.	56
Tabla 1.93.Flujo de Información desde y hacia Análisis de Mantenimiento.....	56
Tabla 2.1.PLC's soportados por VISUAL.....	70
Tabla 2.2.Métrica de funcionalidad – Disponibilidad funcional.....	75
Tabla 2.3.Métrica de funcionalidad – Interoperabilidad.....	75
Tabla 2.4.Métrica de funcionalidad – Seguridad.....	76
Tabla 2.5 .Métrica de Eficiencia – Utilización de recursos.....	76
Tabla 2.6.Métrica de Conformidad de uso – Entendimiento.....	77
Tabla 2.7.Métrica de Conformidad de uso – Aprendizaje .....	77
Tabla 2.8.Métrica de Conformidad de uso – Atracción.....	78
Tabla 2.9.Métrica de Portabilidad – Adaptabilidad.....	79
Tabla 2.10.Métrica de Portabilidad – Facilidad de instalación.....	79
Tabla 2.11.Métrica de Portabilidad – Coexistencia.....	80
Tabla 2.12.Métrica de Portabilidad – Capacidad de migración.....	80
Tabla 2.13.Métrica de Capacidad de mantenimiento – Capacidad de ser analizado.....	81
Tabla 2.14. Métrica de Capacidad de mantenimiento – Capacidad de realizar cambios.....	82
Tabla 2.15 .Métrica de Accesibilidad económica – Costos de licencias.....	82
Tabla 2.16. Métrica de Accesibilidad económica – Costos de escalabilidad.....	83
Tabla 2.17. Métrica de Accesibilidad técnica – Facilidad de implementación.....	84
Tabla 2.18. Métrica de Accesibilidad técnica – Soporte técnico del proveedor.....	84
Tabla 2.19. Métrica de Estado del software – Estado de desarrollo del software.....	85
Tabla 2.20. Ponderación de las características de evaluación - caso de estudio ..	85
Tabla 2.21. Herramienta de evaluación - Métricas de funcionalidad .....	88
Tabla 2.22. Herramienta de evaluación - Métricas de Eficiencia .....	88
Tabla 2.23. Herramienta de evaluación - Métricas de Conformidad de uso .....	89
Tabla 2.24 .Herramienta de evaluación - Métricas de Portabilidad.....	89
Tabla 2.25. Herramienta de evaluación - Métricas de Capacidad de mantenimiento .....	90
Tabla 2.26 . Herramienta de evaluación - Métricas de Accesibilidad económica ..	91
Tabla 2.27. Herramienta de evaluación - Métricas de Accesibilidad técnica .....	92
Tabla 2.28. Herramienta de evaluación - Métricas Estado de desarrollo.....	93

Tabla 2.29. Herramienta de evaluación - Resultados .....	93
Tabla 2.30. Herramienta de evaluación - Métricas de funcionalidad .....	96
Tabla 2.31. Herramienta de evaluación - Métricas de Eficiencia .....	96
Tabla 2.32. Herramienta de evaluación - Métricas de conformidad en uso .....	97
Tabla 2.33. Herramienta de evaluación - Métricas de Portabilidad.....	98
Tabla 2.34. Herramienta de evaluación - Métricas de Capacidad de mantenimiento .....	99
Tabla 2.35. Herramienta de evaluación - Métricas de Accesibilidad económica ...	99
Tabla 2.36. Herramienta de evaluación - Métricas de Accesibilidad técnica .....	100
Tabla 2.37. Herramienta de evaluación - Métricas Estado de desarrollo.....	101
Tabla 2.38. Herramienta de evaluación - Resultados .....	101

## **1 ANEXO A. APLICACIÓN DE LA FASE 1: DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO**

Con el fin de asegurar el cumplimiento de los objetivos propuestos, se dispone esta primera fase siendo tal vez la fase principal del proyecto de integración; en ésta se definen: el proceso sobre el cual se trabajará, los correspondientes modelos definidos según los estándares S88 y S95. Al final de esta se obtendrán los requerimientos para el caso de estudio, la información organizada sobre proceso, equipos del proceso productivo, recursos mantenimiento, procedimientos de mantenimiento y la forma en la que se administran las operaciones de mantenimiento para el caso de estudio.

Siguiendo la Recomendación se siguen etapas para obtener los requerimientos del caso de estudio.

### **ETAPA 1. DESCRIBIR LA PLANTA FÍSICA**

La planta cuenta con 5 tanques de acrílico con su respectiva instrumentación (sensores de efecto hall y electroválvulas), llaves manuales, una motobomba y un circuito de tuberías para transportar agua hacia los diferentes tanques del sistema, lo que permite simular el proceso de fabricación de bebidas carbonatadas para realizar la implementación de la Categoría Administración de Operaciones de Mantenimiento del estándar ISA S95 aplicada al caso de estudio. En la figura 1.1 se muestra un diagrama esquemático de la distribución de los instrumentos y elementos.

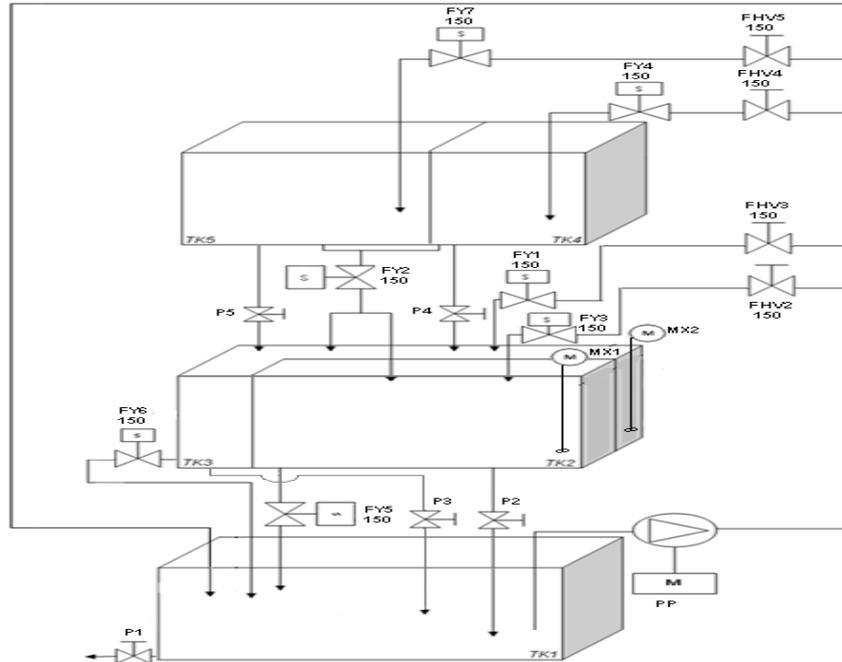
Descripción de la instrumentación y elementos de la planta.

- La Planta de Sistemas a Eventos Discretos (SED) cuenta con 5 tanques de acrílico identificados como tanque 1, tanque 2, tanque 3, tanque 4 y tanque 5.
- 4 llaves manuales de hierro colado tipo DN15 ½" PN40, con acople tipo rosca, dos de palanca amarilla y dos de palanca roja. Estas llaves manuales ubicadas en la tubería son las que determinan el flujo de agua que llegará a cada tanque, dependiendo de su apertura.
- Una motobomba QB-128 de 110v, 60Hz y 0.5 HP, capaz de alcanzar una altura máxima (H.max) de 30 metros, y un caudal máximo (Q.max) de 38 l/min. A través de la tubería, la motobomba succiona el líquido depositado

en el tanque 1 (tanque de suministros) y lo distribuye a los diferentes tanques del sistema.

- Tuberías de PVC 12454 blanco de ½" para presión de agua. Esta tubería compone el circuito hidráulico mediante el cual llevamos el líquido del tanque 1 (tanque de suministros) a los demás tanques.
- Acoples de PVC blanco para presión de agua:
  - 26 Tipo Codo de ½" interna.
  - 5 Tipo T de ½" interna.
  - 36 Rectos de ½" interna.
- 5 Tapones de PVC blanco.
- 5 llaves de purga hechas en plástico, de color gris. Estas purgas ubicadas en los tanques 1, 2, 3, 4 Y 5, permitiendo descargar manualmente el líquido que estos contienen.
- 4 Mangueras transparentes. Estas mangueras hacen parte de la purga ubicada en cada uno de los tanques.
- 2 Agitadores compuestos por una vara de aluminio de 48,5 cm de largo y 7 mm de diámetro y sus respectivas aspas de plástico tipo ventilador. Los agitadores empotrados al eje de unos motores, son los encargados de agitar la mezcla que se encuentra depositada en el tanque 2 y el tanque 3.
- 2 motores de 120v, 60 Hz, 40 mA, 3,7 W y 5/4 RPM.
- 7 electroválvulas que dependiendo de su ubicación y uso, son las encargadas de cargar o descargar un tanque.
- 10 sensores que detectan los límites superior e inferior de cada uno de los tanques por medio de los flotadores. Los flotadores son imanes forrados en icopor que se encuentran ubicados en un riel al interior de cada tanque. Mientras el tanque se llena, los flotadores suben (por el icopor y la silicona que los recubre) activando el sensor cada vez que el agua llegue a su límite.
- 1 estructura metálica de color azul. Esta estructura es la base que soporta todos los equipos e instrumentos ubicados en Campo.

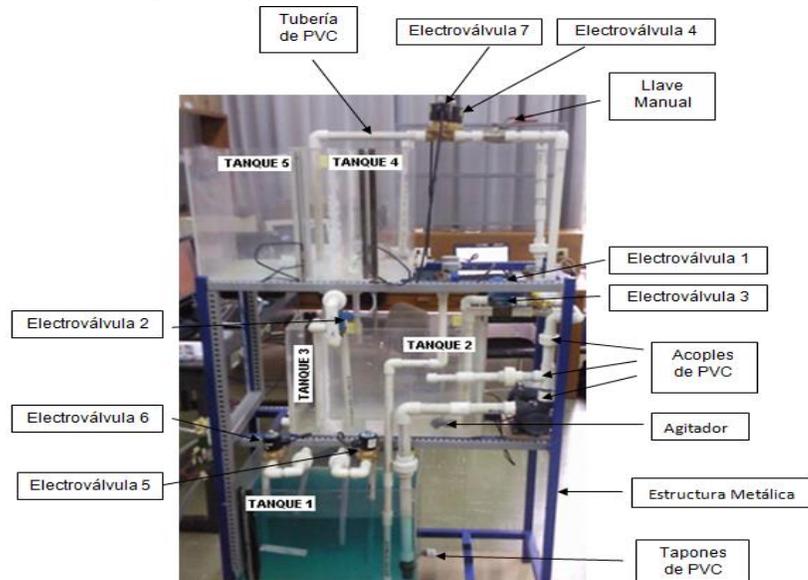
Figura 1.1. Diagrama esquemático de la planta de Sistemas a Eventos Discretos



Fuente: Guía de Laboratorio de Control de Procesos Industriales

En la figura 1.2 se muestra la ubicación y distribución dentro la de planta SED de cada uno de los instrumentos y elementos descritos anteriormente.

Figura 1.2. Planta de Sistemas a Eventos Discretos



Fuente: Guía de Laboratorio de Control de Procesos Industriales

## **ETAPA 2. DESCRIBIR EL PROCESO.**

El proceso a definir para el caso de estudio es el proceso de producción de bebidas carbonatadas que se simula en la planta de sistemas de eventos discretos del laboratorio de control procesos. Los ingredientes utilizados en el proceso y las etapas que describen el proceso se definen a continuación:

**Paso 1. Definir los ingredientes para la preparación de bebidas carbonatadas.** En la planta SED se simula el proceso de bebidas carbonatadas, que son esencialmente agua cargada con dióxido de carbono a la que se ha añadido azúcar y algún ácido, una materia colorante y un agente de sabor. A continuación se hace una breve descripción de los ingredientes.

**Alumbre.** Se conoce como alumbre a un tipo de sulfato doble compuesto por el sulfato de un metal trivalente. Esta sustancia química se utiliza para aglutinar sólidos en suspensión, provocando su precipitación, siendo de gran importancia en sistemas de tratamiento y potabilización de agua.

**Oxido de calcio.** El oxido de calcio o Cal, es una sustancia blanca caustica que se hidrata produciendo calor al contacto con el agua, utilizado para regular la acidez del agua.

**Agua.** El agua para la fabricación de bebidas gaseosas es tratada química y bacteriológicamente, para cumplir con los altos estándares de calidad. En su estado natural, el agua contiene una serie de componentes minerales que varían dependiendo de la región de donde se extrae. Con el objeto de que las bebidas tengan el mismo sabor, sin importar la zona donde se produzcan, el proceso de fabricación de las bebidas comienza con la estandarización de las características y calidad del agua utilizada.

**Dióxido de carbono.** Gas inodoro e incoloro que aporta el burbujeo característico de las bebidas carbonatadas. Está presente en la respiración de todos los seres vivos y las plantas lo utilizan para producir oxígeno. Cuando se abre una lata o se destapa una botella, el sonido burbujeante lo genera el leve escape de este gas, que se produce por el sorpresivo cambio de presión que se genera. El dióxido de carbono se añade al final del proceso de fabricación de las bebidas, previo al sellado de los envases.

**Azúcar.** El rango de azúcar presente en una bebida gaseosa oscila entre 5% y 14%; similar al contenido en un vaso de jugo natural de piña o de naranja. Las bebidas gaseosa normales se endulzan con azúcar, sacarosa (nombre científico del azúcar) ó con Jarabe de Maíz de Alta Fructosa, por separado o combinados.

**Ácido cítrico.** El sabor levemente ácido de las bebidas gaseosas, similar al de los jugos de frutas y otros alimentos, se debe a los acidulantes agregados. Junto con brindar el sabor ligeramente ácido. Las variedades más comunes de este componente son el ácido cítrico y el fosfórico, en el caso de las bebidas cola.

**Saborizante.** Este elemento es clave en las bebidas gaseosas, que da el sabor característico a cada una de las variedades presentes en el mercado.

Los saborizantes pueden ser naturales (especias, extractos naturales, aceites, frutas o yerbas), idénticos a los naturales o artificiales. Estos últimos han sido desarrollados para satisfacer la mayor cantidad de gustos de consumidores, o bien porque la disponibilidad de algunos de los ingredientes naturales está sujeta a la estacionalidad de los cultivos.

**Conservante.** Los conservantes son sustancias utilizadas como aditivo, que añadida al jarabe simple en la preparación de gaseosas, bien sea de origen natural o de origen artificial, detiene o minimiza el deterioro causado por la presencia de diferentes tipos de microorganismos como bacterias, levaduras y mohos.

**Colorante.** El colorante sirve sólo para mejorar la apariencia del líquido. Se debe usar solamente colorantes naturales de origen vegetal inofensivos para la salud. La coloración no tiene influencia en la calidad de la bebida, apenas mejora su apariencia y le da el color correcto al tipo o al nombre.

**Paso 2. Definir las etapas del proceso.** Este proceso de producción está compuesto por cinco etapas con las que se simula el proceso de bebidas carbonatadas: Sedimentación y floculación, preparación del concentrado, preparación del endulzante, preparación del jarabe simple, las cuales se describen a continuación.

**Sedimentación y floculación.** Consiste en realizar un tratamiento previo al agua a utilizar; el objetivo principal de esta etapa es retirar los sólidos suspendidos en el agua con la ayuda del alumbre y el óxido de calcio, de tal manera que se obtenga agua tratada, con un porcentaje de sólidos en suspensión contenidos en el agua máximo del 0.001% esta etapa es llevada a cabo en el tanque TK1.

**Preparación del concentrado.** La preparación del concentrado se lleva a cabo en el tanque TK4, y es el proceso mediante el cual se mezclan las principales materias primas como lo son el saborizante y el ácido cítrico, con el fin de obtener un concentrado con una acidez aproximada de 4.5 pH y sólidos en suspensión entre 0.001 y 0.015%.

**Preparación de endulzante.** En esta etapa se prepara el endulzante de la bebida mezclando agua tratada con azúcar en el tanque TK5.

**Preparación de Jarabe Simple.** Se realiza la mezcla del concentrado y el endulzante, luego se le adiciona agua tratada para obtener el jarabe simple esta etapa se realiza en el tanque TK2.

**Preparación de aditivos.** En esta etapa se preparan los aditivos como el colorante y conservante en el tanque TK3.

**Paso 3. Modelar el Proceso.** Para modelar el proceso se aplica el Modelo de Proceso definido por el estándar ISA S88.01. La tabla 1.1 muestra como se describe el proceso con el modelo definido por la norma. Se observan las etapas del proceso como: sedimentación y floculación, de la que se subdividen las operaciones: carga de TK1 y Adición de floculante. A las vez estas operaciones se subdividen en acciones de proceso como: adición de agua a TK1, adición de oxido de calcio, etc.

Tabla 1.1. Operaciones Identificadas: Modelo de proceso

ETAPA	OPERACIÓN	ACCIONES
Sedimentación y floculación	Carga de TK1	Adición de agua a TK1
	Adición de floculante	Adición de oxido de calcio Adición Alumbre
Preparación del concentrado	Carga de TK4	Adición de agua a TK4
	Adición de Saborizante	Adición de Saborizante
	Adición de acidulante	Adición de acidulante
Preparación de endulzante	Carga de TK5	Adición de agua tratada a TK5
	Adición de endulzante	Adición de azúcar
Preparación de jarabe simple	Carga de TK2	Adición de agua tratada Adición concentrado y endulzante
	Homogenización	Mezclado
	Carga de TK3	Adición de agua tratada Adición concentrado y endulzante
Preparación de aditivos	Adición de conservante hidrosoluble	Adición de acido sórbico
	Adición de Colorante	Adición de colorante
	Homogenización	Mezclado

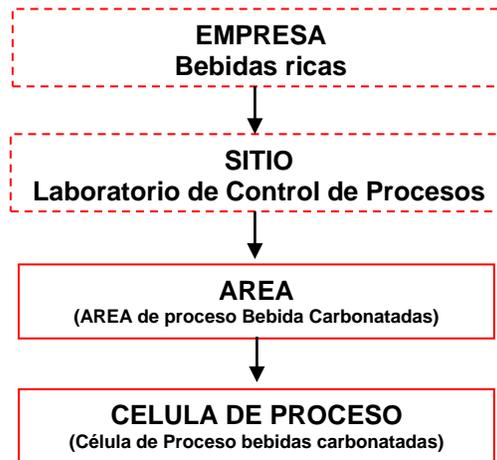
Fuente: elaboración propia

### ETAPA 3. ESTRUCTURAR LAS ÁREAS FUNCIONALES DE LA EMPRESA.

Para estructurar las áreas funcionales del caso de estudio se sigue el modelo físico del estándar ISA 88.01. Primero se define la empresa para el caso de estudio cuyo nombre comercial se asume ser *Ricas Bebidas*, el sitio identificado es *Laboratorio de Control de Procesos*, el área identificada es *Área de proceso de Bebidas Carbonatadas*, la célula de proceso es una sola identificada como *Célula*

de *Proceso bebidas carbonatadas*. La jerarquización hasta la célula de proceso se muestra en la figura 1.3.

Figura 1.3. Modelo Físico para el caso de estudio.



Fuente: elaboración propia

En el modelo físico para el caso de estudio, también se identifican las unidades derivadas de la célula de proceso (ver tabla 1.2). Además del Modulo de Equipo y Modulo de Control derivado de las unidades (ver tabla 1.3) como se describe a continuación.

**Identificación de Unidades.** La identificación de unidades dentro de la célula de proceso se basa en el criterio de los materiales intermedios. En el Proceso de producción de bebidas carbonatadas se identificaron cinco unidades como se muestra en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Unidades Identificadas. Modelo físico

NOMBRE DE UNIDAD	ID UNIDAD	MATERIAL INTERMEDIO
Unidad de Sedimentación y Flocculación	UNID_SEFL	Agua tratada
Unidad de Preparación de Concentrado	UNID_PRCO	Concentrado
Unidad de Preparación de Aditivos	UNID_PRAD	Aditivos
Unidad de Preparación de Jarabe Simple	UNID_PRJS	Jarabe Simple
Unidad de Preparación endulzante	UNID_PREN	Endulzante

Fuente: Elaboración propia

De cada unidad identificada del proceso de bebidas carbonatas, se identifican los equipos derivados. (Ver tabla 1.3). Del Modulo de Equipo se deriva el Módulo Control que se describe en la tabla 1.3. El Modulo de Control son típicamente una

colección de sensores, de actuadores y elementos que ejercen una acción de control.

Tabla 1.3. Identificación Modulo de Equipo y Modulo de Control: Caso de estudio

UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	MÓDULO DE CONTROL
UNID_SEFL	Tanque de almacenamiento 1	Válvula de Control VV8
		Sensor Alto Nivel TK1-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK1-LS2
UNID_PRCO	bomba	Bomba PP1
	Tanque de almacenamiento 2	Válvula de Control VV7
		Sensor Alto Nivel TK4-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK4-LS2
UNID_PREN	Tanque de almacenamiento 2	Válvula de Control VV6
		Sensor Alto Nivel TK5-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK5-LS2
UNID_PRJS	Equipo tanque de mezclado 1	Válvula de Control VV3
		Válvula de Control VV5
		Sensor Alto Nivel TK5-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK5-LS2
		Sensor Alto Nivel TK4-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK4-LS2
		Sensor Alto Nivel TK2-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK2-LS2
Mezclador MX1		
UNID_PRAD	Equipo tanque de mezclado 2	Válvula de Control VV4
		Válvula de Control VV5
		Sensor Alto Nivel TK5-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK5-LS2
		Sensor Alto Nivel TK4-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK4-LS2
		Sensor Alto Nivel TK3-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK3-LS2
Mezclador MX2		

Fuente: elaboración propia.

#### ETAPA 4. DEFINIR LOS PROCEDIMIENTOS DEL PROCESO.

Para definir los procedimientos del proceso se utiliza el Modelo de Control Procedimental del estándar ISA S88.01. Primero se identifican los procedimientos de unidad para el proceso de bebidas carbonatas (ver tabla 1.4). Luego de acuerdo a los procedimientos de unidad se identifican sus operaciones y fases (ver tabla 1.5).

A continuación se describe el Modelo de control Procedimental para el proceso de bebidas carbonatadas.

**Identificación de procedimientos de unidad.** Los procedimientos de unidad identificados para el caso de estudio son cinco y se muestran en la tabla 1.4.

Tabla 1.4. Procedimientos de Unidad Identificados

NOMBRE PROCEDIMIENTO DE UNIDAD	ID PROCEDIMIENTO DE UNIDAD	UNIDAD
Procedimiento de Unidad de Sedimentación y Floculación	PU_SEFL	UNID_SEFL
Procedimiento de Unidad de Preparación de Concentrado	PU_PRCO	UNID_PRCO
Procedimiento de Unidad de Preparación de Endulzante	PU_PREN	UNID_PREN
Procedimiento de Unidad de Preparación de Jarabe Simple	PU_PRJS	UNID_PRJS
Procedimiento de Unidad de Preparación de Aditivos	PU_PRAD	UNID_PRAD

Fuente: elaboración propia

Para los procedimientos de unidad del proceso de bebidas carbonatadas se identifican las operaciones y las fases descritas en la siguiente tabla.

Tabla 1.5. Modelo de control de procedimientos

PROCEDIMIENTO DE UNIDAD	OPERACIONES	FASES
PU_SEFL	Cargar TK1	Añadir agua a TK1
	Adicionar floculante	Agregar oxido de calico Agregar Alumbre
PU_PRCO	Cargar TK4	Añadir agua tratada a TK4
	Adicionar Saborizante	Agregar Saborizante
	Adicionar acidulante	Agregar acidulante
PU_PREN	Cargar TK3	Añadir agua tratada TK3
	Adicionar endulzante	Agregar azúcar
PU_PRJS	Cargar TK2	Añadir agua a tratada aTK2
	Homogenizar	Añadir concentrado y aditivos Mezclar
PU_PRAD	Cargar TK3	Añadir agua a tratada aTK3
	Adicionar conservante hidrosoluble	Añadir acido sórbico
	Adicionar Colorante	Añadir colorante
	Homogenizar	Mezclar

Fuente elaboración propia

## ETAPA 5. MODELAR LOS EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO A LOS QUE SE REALIZA MANTENIMIENTO.

Con el fin de modelar los equipos del proceso productivo, se usa el Modelo de Equipo descrito en el estándar ISA S95.02. Para aplicar el Modelo de Equipo al proceso de bebidas carbonatadas, se describen los equipos identificados en el Modelo Físico Etapa 3. Primero se procede a identificar las clases de equipo, y luego se describen los equipos con sus propiedades. Para el caso de estudio no se abarca las pruebas de capacidad para los equipos, debido a que no se cuenta con la especificación de tales pruebas para cada equipo.

Para el caso de estudio también se requiere describir un nivel mas bajo que el descrito en el Modelo de Equipo, debido a que los elementos del Modulo de Control identificados en el Modelo Físico de la fase 3, requieren de la realización de mantenimientos. La definición de los elementos del Modulo de Control se describe en el paso 3.

Además en el Modelo de Equipo se maneja la información de mantenimiento a utilizar en el proceso de bebidas carbonatadas y la estructuración de su información que se describe en la sección paso 4.

**Paso 1. Especificación de los equipos.** De cada una unidad del proceso de bebidas carbonatas descrito, se han identificado los equipos derivados de cada unidad en la fase 3, ahora se procede a describir las unidades y equipos. Los equipos y unidades a definir se muestran en la tabla 1.6.

Tabla 1.6. Especificación de los equipos

UNIDAD	EQUIPOS
unidad de sedimentación y floculación	Equipo tanque de almacenamiento 1
unidad de preparación de concentrado	Equipo bomba
	Equipo tanque de almacenamiento 2
unidad de preparación de endulzante	Equipo tanque de almacenamiento 3
unidad de preparación de jarabe simple	Equipo tanque de mezclado 1
unidad de preparación de aditivos	Equipo tanque de mezclado 2

Fuente: elaboración propia

**Paso 2. Definición de las clases de equipos.** Se identifican las clases de equipo para el caso de estudio y se agrupan los equipos con características similares en una clase. Para cada clase de equipo se define la descripción de la clase, propiedades e identificadores.

Una clase identificada para el caso de estudio es la Clase unidad de sedimentación y floculación donde se agrupan elementos que sirvan para realizar la sedimentación y floculación del agua. Además se le coloca un identificador y se describen sus propiedades, como se muestra en la tabla 1.7. Las demás clases se definen de la misma forma.

### Clase unidad de sedimentación y floculación

Tabla 1.7. Atributos clase unidad de sedimentación y floculación

ID		UNID_SEFL	
<b>Descripción</b>		Clase unidad de sedimentación y floculación: Agrupa a los elementos con características similares a las unidades de sedimentación y floculación	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
CAP_UNID_SEFL	Capacidad de la unidad de sedimentación y floculación	-	Litros/Hora

Fuente: elaboración propia

### Clase unidad de preparación de concentrado

Tabla 1.8. Atributos clase unidad de preparación de concentrado

ID		UNID_PRCO	
<b>Descripción</b>		Clase unidad de preparación de concentrado: Agrupa a los elementos con características similares a las unidades de preparación de concentrado	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
CAP_UNID_PRCO	Capacidad de la unidad de preparación de concentrado	-	Litros/Hora

Fuente: elaboración propia

### Clase unidad de preparación de endulzante

Tabla 1.9. Atributos clase unidad de preparación de bebida

ID		UNID_PREN	
<b>Descripción</b>		Clase unidad de preparación de endulzante: Agrupa a los elementos con características similares a las unidades de preparación de endulzante	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
CAP_UNID_PREN	Capacidad de la unidad de preparación de endulzante	-	Litros/Hora

Fuente: elaboración propia

## Clase unidad de preparación de jarabe simple

Tabla 1.10. Atributos clase unidad de preparación de jarabe simple

ID		UNID_PRJS	
Descripción		Clase unidad de preparación de jarabe Simple: Agrupa a los elementos con características similares a las unidades de preparación de jarabe	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_UNID_PRJS	Capacidad de la unidad de preparación de jarabe	-	Litros/Hora

Fuente: elaboración propia

## Clase unidad de preparación de aditivos

Tabla 1.11. Atributos clase unidad de preparación de aditivos

ID		UNID_PRAD	
Descripción		Clase unidad de preparación de aditivos: Agrupa a los elementos con características similares a las unidades de preparación de aditivos	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_UNID_PRAD	Capacidad de la unidad de preparación de aditivos	-	Litros/Hora

Fuente: elaboración propia

## Clase unidad tanque de almacenamiento

Tabla 1.12. Atributos clase tanque de almacenamiento

ID		TAAL	
Descripción		Clase tanque de almacenamiento: Agrupa a los elementos con características similares a los tanques de almacenamiento	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_TAAL	Capacidad del tanque de almacenamiento	-	Litros/Hora

Fuente: elaboración propia

## Clase unidad tanque de mezclado

Tabla 1.13. Atributos clase tanque de mezclado

ID		TAME	
<b>Descripción</b>		Clase tanque de mezclado: Agrupa a los elementos con características similares a los tanques de mezclado	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_TAME	Capacidad del tanque de mezclado	-	Litros/Hora
POT_TAME	Potencia del Mezclador: Es la potencia consumida por el Mezclador	-	Kw

Fuente: elaboración propia

### Clase unidad bomba

Tabla 1.14. Atributos clase bomba

ID		BO	
<b>Descripción</b>		Clase bomba: Agrupa a los elementos con características similares de bombas	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
POT_BO	Potencia de la Bomba: Potencia consumida por la bomba durante el proceso	-	hp
SUC_BO	Succión de la Bomba: Diámetro de la tubería de entrada a la bomba	-	Pulgadas
DES_BO	Descarga de la Bomba: Diámetro de la tubería de salida de la bomba	-	Pulgadas

Fuente: elaboración propia

**Paso 3. Definir los equipos.** En la fase 3 se identificaron las unidades y cada uno de los equipos para el caso de estudio. En este paso se describen las unidades y los equipos con su respectivo identificador, características y propiedades.

En la tabla 1.15 se muestra la unidad de preparación de concentrado donde se hace una descripción de la unidad y de sus propiedades. En la unidad de

preparación de concentrado se identificaron dos equipos: tanque de almacenamiento 2 y bomba 1. Los equipos que componen la unidad se describen en la tabla 1.16 y tabla 1.17, para cada uno de ellos se le asigna un identificador, se describe el equipo y sus propiedades. De la misma manera se describen todas las unidades y equipos.

**Unidad de preparación de concentrado.** La unidad de preparación de concentrado se ha identificado dentro del documento como 'UNID\_PRCO1'. Las características y propiedades se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1.15. Atributos unidad de preparación de concentrado

<b>ID</b>		UNID_PRCO1	
<b>Descripción</b>		Unidad de preparación de concentrado 1: Unidad que contiene los equipos que realizan el proceso de preparación de concentrado	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_UNID_PRCO	Capacidad de la unidad de preparación de concentrado	22	<i>Litros</i>

Fuente: elaboración propia

Esta unidad está compuesta por: tanque de almacenamiento 2 y bomba 1. En la tabla 1.16 se describe el tanque de almacenamiento 2 y en la tabla 1.17 se describe la bomba 1.

### Tanque de almacenamiento 2:

Tabla 1.16. Atributos tanque de almacenamiento 2

<b>ID</b>		TAAL2	
<b>Descripción</b>		Tanque de almacenamiento 2: Tanque utilizado para almacenar compuestos	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_TAAL	Capacidad del tanque de almacenamiento 2	22	<i>Litros</i>

Fuente: elaboración propia

## Bomba 1:

Tabla 1.17. Atributos bomba 1

<b>ID</b>		BO1	
<b>Descripción</b>		Bomba 1: suministra agua tratada al tanque de almacenamiento 2, tanque de almacenamiento 3, tanque homogeneizador y tanque de mezclado.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
POT_BO	Potencia Bomba 1: Potencia consumida por la bomba durante el proceso	0.5	hp
SUC_BO	Succión de la Bomba 1: Diámetro de la tubería de entrada a la bomba	1.5	Pulgadas
DES_BO	Descarga de la Bomba 1: Diámetro de la tubería de salida de la bomba	1.5	Pulgadas
CAU_BO	Caudal máximo 1: caudal máximo de salida.	38	Litros / minuto

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe la unidad de endulzante con sus respectivos atributos

**Unidad de preparación de endulzante** La unidad de preparación de endulzante se ha identificado dentro del documento como UNID\_PREN1. Las características y propiedades se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1.18. Atributos unidad de preparación endulzante

<b>ID</b>		UNID_PREN1	
<b>Descripción</b>		Clase unidad de preparación de endulzante: Agrupa a los elementos con características similares a las unidades de preparación de endulzante	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_UNID_PREN	Capacidad de la unidad de preparación de endulzante	20,61	<i>Litros</i>

Fuente: elaboración propia

Esta unidad está compuesta por los siguientes equipos:

### Tanque de almacenamiento 3.

Tabla 1.19. Atributos tanque de almacenamiento 3

<b>ID</b>		TAAL3	
<b>Descripción</b>		Tanque de almacenamiento 3: Tanque utilizado para almacenar compuestos	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_TAAL	Capacidad del tanque de almacenamiento 3	20,61	<i>Litros</i>

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe la unidad de jarabe simple con sus respectivos atributos

**Unidad de preparación de jarabe simple.** La unidad de jarabe simple se ha identificado dentro del documento como UNID\_PRJS1. Las características y propiedades se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1.20. Atributos unidad de preparación de jarabe simple

<b>ID</b>		UNID_PRJS1	
<b>Descripción</b>		Unidad de preparación de jarabe Simple: Agrupa a los elementos con características similares a las unidades de preparación de jarabe	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_UNID_PRJS	Capacidad de la unidad de preparación de jarabe	6,58	<i>Litros</i>

Fuente: elaboración propia

Esta unidad está compuesta por los siguientes equipos:

### Tanque de mezclado 1

Tabla 1.21. Atributos tanque de mezclado 1

<b>ID</b>		TAME1	
<b>Descripción</b>		Clase tanque de mezclado 1: Agrupa a los elementos con características similares a los tanques de mezclado	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_TAME	Capacidad del tanque de mezclado	6,58	<i>Litros</i>
POT_TAME	Potencia del Mezclador: Es la potencia consumida por el Mezclador	10	Kw

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe la unidad de aditivos con sus respectivos atributos

**Unidad de preparación de aditivos** La unidad de jarabe simple se ha identificado dentro del documento como UNID\_PRAD1. Las características y propiedades se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1.22. Atributos unidad de preparación de aditivos

ID		UNID_PRAD1	
<b>Descripción</b>		Unidad de preparación de aditivos: Agrupa a los elementos con características similares a las unidades de preparación de aditivos	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
CAP_UNID_PRAD	Capacidad de la unidad de preparación de aditivos	29,58	Litros
POT_TAME	Potencia del Mezclador: Es la potencia consumida por el Mezclador	10	Kw

Fuente: elaboración propia

Esta unidad está compuesta por los siguientes equipos:

### Tanque de mezclado 2

Tabla 1.23. Atributos tanque de mezclado 2

ID		TAME2	
<b>Descripción</b>		Tanque Mezclador 2: Agrupa a los elementos con características similares a los tanques de mezclado	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
CAP_TAME	Capacidad del tanque de mezclado	29,58	Litros
POT_TAME	Potencia del Mezclador: Es la potencia consumida por el Mezclador	10	Kw

Fuente: elaboración propia

**Paso 4. Definir Modulo de Control** Se hace necesario para el caso de estudio describir un nivel mas bajo que el de equipo, debido a que también los elementos del Modulo de Control requieren de mantenimiento. En el Modelo Físico descrito en la etapa 3, se identifica el Modulo de Control para el caso de estudio

encontrando sensores, mezcladores, válvulas de control y motobomba. Estos elementos requieren de mantenimiento ya que pueden presentar fallas para el equipo y ocasionar paradas en el proceso. Por esta razón, se hace necesario modelar y organizar la información del Modulo de Control y se hace siguiendo el Modelo de Equipo del estándar ISA S95.02.

Los elementos identificados del Módulo de Control para el caso de estudio y su relación con cada equipo se definió en la fase 3. Cada uno de los elementos identificados para el caso de estudio del Modulo de Control se agrupan en una clases de Modulo de Control, como se muestra en la tabla 1.24.

Tabla 1.24. Clases de Modulo de control

Clases	ID Clase	Definiciones de Modulo de Control asociadas a la clase	ID de definición de Modulo de Control
Clase sensores	SN	Sensor Alto Nivel TK1-LS1	TK1-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK1-LS2	TK1-LS2
		Sensor Alto Nivel TK2-LS1	TK2-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK2-LS2	TK2-LS2
		Sensor Alto Nivel TK3-LS1	TK3-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK3-LS2	TK3-LS2
		Sensor Alto Nivel TK4-LS1	TK4-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK4-LS2	TK4-LS2
		Sensor Alto Nivel TK5-LS1	TK5-LS1
		Sensor Bajo Nivel TK5-LS2	TK5-LS2
Clase Mezcladores	MC	Mezclador 1	MX1
		Mezclador 2	MX2
Clase motobomba	MB	Motobomba	PP1
		Válvula de control VV3	VV3
		Válvula de control VV4	VV4
		Válvula de control VV5	VV5
		Válvula de control VV6	VV6
		Válvula de control VV7	VV7
		Válvula de control VV8	VV8

Fuente: elaboración propia

Para las clase del Modulo de Control identificada en el caso de estudio, se define un identificador, la descripción de la clase y sus propiedades. Una de las clases identificadas, es clase mezcladores y se describe en la tabla 1.26.

Tabla 1.25. Atributos clase mezcladores

ID		MC	
<b>Descripción</b>		Clase mezcladores: Agrupa a los elementos con características similares, elementos encargados de agitar la mezcla.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
POT_TAME	Potencia del Mezclador: Es la potencia consumida.	10	Kw

Fuente: elaboración propia

La clase mezclador esta compuesta por los elementos: mezclador 1 y mezclador 2. A cada uno de estos elementos se le asigna un identificador, se describen el elemento y sus propiedades como se muestra en la tabla 1.26 y tabla 1.27.

### Mezclador 1

Tabla 1.26. Atributos mezclador 1

ID		MX1	
<b>Descripción</b>		Mezclador 1: elementos encargados de agitar la mezcla en el tanque TK2.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
POT_TAME	Potencia del Mezclador: Es la potencia consumida.	10	Kw

Fuente: elaboración propia

### Mezclador 2.

Tabla 1.27. Atributos mezclador 2

ID		MX2	
<b>Descripción</b>		Mezclador 1: elementos encargados de agitar la mezcla en el tanque TK3.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
POT_TAME	Potencia del Mezclador: Es la potencia consumida.	10	Kw

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe los atributos de la clase sensores.

## Clase sensores

Tabla 1.28. Atributos clase sensores

<b>ID</b>		<b>SE</b>	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: Agrupa a los elementos con características similares, detectan los límites superior e inferior de cada uno de los tanques por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

En las siguientes tablas se describe los elementos con los que esta compuesta la clase sensores:

Tabla 1.29. Atributos de sensor TK1\_LS1

<b>ID</b>		<b>TK1_LS1</b>	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: detecta los límites superior e inferior del tanque TK1 por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.30. Atributos de sensor TK1\_LS2

<b>ID</b>		<b>TK1_LS2</b>	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: detecta los límites superior e inferior del tanque TK1 por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.31. Atributos de sensor TK2\_LS1

<b>ID</b>		<b>TK2_LS1</b>	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: detecta los límites superior e inferior del tanque TK2 por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.32. Atributos de sensor TK2\_LS1

<b>ID</b>		<b>TK2_LS2</b>	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: detecta los límites superior e inferior del tanque TK2 por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.33. Atributos de sensor TK3\_LS1

<b>ID</b>		<b>TK3_LS1</b>	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: detecta los límites superior e inferior del tanque TK3 por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.34. Atributos de sensor TK3\_LS2

<b>ID</b>		<b>TK3_LS2</b>	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: detecta los límites superior e inferior del tanque TK3 por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.35. Atributos de sensor TK4\_LS1

<b>ID</b>		<b>TK4_LS1</b>	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: detecta los límites superior e inferior del tanque TK4 por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.36. Atributos de sensor TK4\_LS2

<b>ID</b>		TK4_LS2	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: detecta los límites superior e inferior del tanque TK4 por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.37. Atributos de sensor TK5\_LS1

<b>ID</b>		TK5_LS1	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: detecta los límites superior e inferior del tanque TK5 por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.38. Atributos de sensor TK5\_LS2

<b>ID</b>		TK5_LS2	
<b>Descripción</b>		Clase sensores: detecta los límites superior e inferior del tanque TK5 por medio de los flotadores.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_CAEL	Campo eléctrico: intensidad del campo eléctrico.	5	V/m

Fuente: elaboración propia

### Clase motobomba

A continuación se describe los atributos de la clase motobomba.

Tabla 1.39. Atributos clase motobomba

<b>ID</b>		MB	
<b>Descripción</b>		Clase motobomba: Agrupa a los elementos con características similares, alimentación de los tanques con agua tratada.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
POT_BO	Potencia Bomba 1: Potencia consumida por la bomba durante el proceso		hp
SUC_BO	Succión de la Bomba 1: Diámetro de la tubería de entrada a la bomba		Pulgadas
DES_BO	Descarga de la Bomba 1: Diámetro de la tubería de salida de la bomba		Pulgadas

CAU_BO	Caudal máximo 1: caudal máximo de salida.		Litros / minuto
--------	--	--	-----------------

Fuente: elaboración propia

En la siguiente tabla se describe los elementos con los que esta compuesta la clase motobomba:

Tabla 1.40. Atributos motobomba

ID		PP1	
<b>Descripción</b>		Motobomba: succiona agua del tanque de suministros (tanque 1), y permite que llegue a los diferentes tanques del sistema.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
POT_BO	Potencia Bomba 1: Potencia consumida por la bomba durante el proceso	0.5	hp
SUC_BO	Succión de la Bomba 1: Diámetro de la tubería de entrada a la bomba	1.5	Pulgadas
DES_BO	Descarga de la Bomba 1: Diámetro de la tubería de salida de la bomba	1.5	Pulgadas
CAU_BO	Caudal máximo 1: caudal máximo de salida.	38	Litros / minuto

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe los atributos de la clase válvulas de control.

### Clase válvulas de control

Tabla 1.41. Tributos clase válvulas de control

ID		VC	
<b>Descripción</b>		Clase válvulas de control: Agrupa a los elementos con características similares, encargados de cargar o descargar un tanque.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de voltaje: voltaje máximo que soporta la electroválvula	-	Kw
CAP_CAU	Capacidad de caudal: caudal máximo que soporta la electroválvula.		Lts/min

Fuente: elaboración propia

En las siguientes tablas se describe los elementos con los que esta compuesta la clase válvulas de control:

Tabla 1.42. Atributos válvula de control VV8

ID		VV8	
Descripción		Válvula de control VV8: encargada de cargar tanque TK1.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de voltaje: voltaje máximo que soporta la electroválvula	10	Kw
CAP_CAU	Capacidad de caudal: caudal máximo que soporta la electroválvula.	10	Lts/min

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.43. Atributos válvula de control VV7

ID		VV7	
Descripción		Válvula de control VV7: encargada de cargar tanque TK4.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de voltaje: voltaje máximo que soporta la electroválvula	10	Kw
CAP_CAU	Capacidad de caudal: caudal máximo que soporta la electroválvula.	10	Lts/min

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.44. Atributos válvula de control VV6

ID		VV6	
Descripción		Válvula de control VV6: encargada de cargar tanque TK5.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de voltaje: voltaje máximo que soporta la electroválvula	10	Kw
CAP_CAU	Capacidad de caudal: caudal máximo que soporta la electroválvula.	10	Lts/min

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.45. Atributos válvula de control VV5

ID		VV5	
<b>Descripción</b>		Válvula de control VV5: encargada de descargar tanque TK4 y de cargar TK2.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de voltaje: voltaje máximo que soporta la electroválvula	10	Kw
CAP_CAU	Capacidad de caudal: caudal máximo que soporta la electroválvula.	10	Lts/min

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.46. Atributos válvula de control VV4

ID		VV4	
<b>Descripción</b>		Válvula de control VV4: encargada de descargar tanque TK5 y de cargar TK3.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de voltaje: voltaje máximo que soporta la electroválvula	10	Kw
CAP_CAU	Capacidad de caudal: caudal máximo que soporta la electroválvula.	10	Lts/min

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.47. Atributos válvula de control VV3

ID		VV3	
<b>Descripción</b>		Válvula de control VV3: encargada de descargar tanque TK2 y de cargar TK3.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de voltaje: voltaje máximo que soporta la electroválvula	10	Kw
CAP_CAU	Capacidad de caudal: caudal máximo que soporta la electroválvula.	10	Lts/min

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.48. Atributos válvula de control VV3

ID		VV3	
<b>Descripción</b>		Válvula de control VV3: encargada de descargar tanque TK5 y de cargar TK3.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de voltaje: voltaje máximo que soporta la electroválvula	10	Kw

CAP_ CAU	Capacidad de caudal: caudal máximo que soporta la electroválvula.	10	Lts/min
----------	---	----	---------

Fuente: elaboración propia

**Paso 5. Información de Mantenimiento.** La información de mantenimiento para el caso de estudio se maneja según el Modelo de Equipo del estándar ISA S95.02. La información de mantenimiento que se maneja es: solicitudes de mantenimiento, órdenes de trabajo de mantenimiento y respuestas de mantenimiento.

Los atributos que contiene para el caso de estudio la solicitud de mantenimiento se muestran con un ejemplo en la tabla 1.49, los atributos que con tienen las órdenes de trabajo de mantenimiento para el caso de estudio se muestran con un ejemplo en la tabla 1.50 y los atributos que contiene la respuesta de mantenimiento para el caso de estudio se muestran con un ejemplo en la tabla 1.51.

Tabla 1.49. Solicitud de Mantenimiento

ID solicitud de mantenimiento	SM_01
ID equipo	TAAL1
Fecha solicitud	01-08-2011
Descripción	Falla equipo sensor
ID operario solicitud	CL_JB02
Prioridad	B

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.50. Orden de trabajo de mantenimiento

ID orden mantenimiento	OTM_01
ID operario encargado	CL_JB01
Prioridad	B
ID Procedimiento	CFS
Estado	abierto

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.51. Respuesta de mantenimiento

ID respuesta de mantenimiento	RM_01
ID orden mantenimiento	OTM_01
ID procedimiento	CFS
Descripción solución	Limpieza sensor
Tiempo duración	30 minutos
Tiempo finalización	1
ID operario respuesta	CL_JB02
Resultado orden de trabajo	Corrección de la falla

Fuente: elaboración propia

## ETAPA 6. MODELAR RECURSOS DE MANTENIMIENTO.

**Paso 1. Modelar los materiales de mantenimiento.** Una de las clases identificadas para el caso de estudio es clase lubricante y sus propiedades se describen en la tabla 1.52. La clase lubricante está compuesta por el material grasa y sus propiedades se describen en la tabla 1.53.

### Clase Lubricante

Tabla 1.52. Atributos clase lubricante

<b>Id</b>		LB	
<b>Nombre</b>		Lubricante	
<b>Descripción</b>		Grupo de materiales empleados en la lubricación de instrumentos con piezas móviles.	
<b>PROPIEDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Viscosidad</b>	La viscosidad se define como la resistencia de un líquido a fluir.	-	Pa · s
<b>Densidad</b>	Es la razón entre el peso de un volumen de lubricante y el peso de un volumen igual de agua	-	<i>kilogramo/metro<sup>3</sup></i>
<b>Consistencia</b>	Se llama así a la resistencia a la deformación que presenta una sustancia semisólida, como por ejemplo una grasa.	-	milímetros
<b>Punto de gota</b>	Se llama punto de gota a la temperatura a la cual una grasa pasa de estado semisólido a estado líquido.	-	°C
<b>Punto de inflamación</b>	El punto de inflamación o flashpoint es la temperatura a la cual el aceite despiden suficientes vapores que se inflaman cuando una llama abierta es aplicable.	-	°C

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.53. Atributos del material grasa

<b>Id</b>		GR	
<b>Nombre</b>		Grasa	
<b>Descripción</b>		La grasa es un elemento se utiliza en la lubricación de instrumentos con partes móviles tales como motores, o bombas.	
<b>CLASE MATERIAL ASOCIADA</b>	<b>DE</b>	Lubricante	<b>ID</b>
			LB

Tipo de Grasa	De Aluminio	De Calcio	De Calcio Anhidro	De Litio	De Sodio
Punto de gota (°C)	110	96-104	135-143	180	163-177
Temperatura máxima de uso (°C)	85	90	123-130	160	93-136
Punto de Inflamación (°C)	175	160	175	195	180-190
Resistencia al agua	Buena	Excelente	Excelente	Moderada	Mala
Protección corrosión		Excelente		Excelente	Excelente
Otras Propiedades		Extraordinaria adherencia		Resistente a volverse blando y a fugas. Excelentes propiedades selladoras.	Adhesivas Resistentes a fuerzas centrifugas y altas velocidades.
Aplicaciones	Cojinetes de baja velocidad. Aplicaciones húmedas.	Cojinetes en aplicaciones húmedas. Lubrica los rieles de trenes.		Lubricación de rodamientos y multitud de mecanismos (fresadoras, chasis, taladros, etc.)	En equipos que necesitan relubricar con frecuencia.

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe la clase soldadura y sus atributos y cada uno de los materiales pertenecientes a la clase.

## Clase Soldadura

Tabla 1.54. Atributos clase soldadura

<b>Id</b>	SL		
<b>Nombre</b>	Soldadura		
<b>Descripción</b>	Materiales usados en tareas de soldadura de circuitos electrónicos.		
<b>PROPIEDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Aleación</b>	Indica qué metales son mezclados para lograr la soldadura.	2	-
<b>Composición</b>	Es el porcentaje de uno y otro componente de la aleación.	3	<i>Porcentaje</i>
<b>Intervalo de Fusión</b>	Es el margen de temperaturas entre el estado sólido y líquido de la aleación de soldadura.	60	°C
<b>Densidad</b>	Es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en	6	<i>gramo/centimetro<sup>3</sup></i>

	un determinado volumen.		
<b>Conductividad eléctrica</b>	Es la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica	8	$S * m/mm^2$

Fuente: elaboración propia

La clase Soldadura esta compuesta por los siguientes materiales de mantenimiento:

Tabla 1.55. Atributos del material Estaño

<b>Id</b>				ES		
<b>Nombre</b>				Estaño		
<b>Descripción</b>				Consiste en un alambre hecho de una aleación de estaño con otro metal utilizado para soldar.		
<b>ALEACIÓN</b>	<b>COMPOSICIÓN</b>			<b>INTERVALO DE FUSIÓN</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>CONDUCTIVIDAD ELECTRICA</b>
	<b>Sn</b>	<b>Ag</b>	<b>Cu</b>		-	-
Estaño-Plata 3,5%	96,5	3,5	-	221	7,3	7,5
Estaño-Plata 6%	94	6	-	221-240	7,3	8,1
Estaño-Plata 8%	92	8	-	-	-	-
Estaño-Cobre 3%	97	-	3	-	-	-

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe la clase pegantes con sus correspondientes atributos.

### Clase Pegantes

Tabla 1.56. Atributos clase pegantes

<b>Id</b>		PG	
<b>Nombre</b>		Pegantes	
<b>Descripción</b>		Materiales usados para la unión definitiva de partes.	
<b>PROPIEDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Densidad</b>	Es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen		$gramo/centimetro^3$
<b>Temperaturas de servicio</b>	Rango de temperaturas en las que el material opera de manera óptima.		Milímetros
<b>Diámetro</b>	Se refiere al diámetro del material pegante.		Milímetros
<b>Punto de Inflamación</b>	El punto de inflamación o flashpoint es la temperatura a la cual el aceite despiden suficientes vapores que se		°C

	inflaman cuando una llama abierta es aplicable.		
<b>Presentación</b>	Presentación en que se obtiene el pegante.		-

Fuente: elaboración propia

La clase pegantes está compuesta por los siguientes materiales de mantenimiento:

Tabla 1.57. Atributos del material Silicona en barra

<b>Id</b>	SB		
<b>Nombre</b>	Silicona en barra		
<b>Descripción</b>	La silicona es un polímero inodoro e incoloro hecho principalmente de silicio con gran variedad de aplicaciones.		
<b>PROPIEDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Densidad</b>	Es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen	1,4	<i>kilogramo/litro</i>
<b>Temperaturas de servicio</b>	Rango de temperaturas en las que el material opera de manera óptima.	-5 a 150	°C
<b>Punto de inflamación</b>	El punto de inflamación o flashpoint es la temperatura a la cual el aceite despidе suficientes vapores que se inflaman cuando una llama abierta es aplicable.	150	°C
<b>Diámetro</b>	Se refiere al diámetro del material pegante.	11	Milímetros
<b>Presentación</b>	Presentación en que se obtiene el pegante.	Barra	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.58. Atributos del material Pegante PVC

<b>Id</b>	PE		
<b>Nombre</b>	Pegante PVC		
<b>Descripción</b>	Pegante en estado líquido utilizado para la unión de accesorios de PVC		
<b>PROPIEDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Densidad Relativa</b>	Es la relación entre la densidad de una sustancia y la del agua.	0.98	-
<b>Temperaturas de servicio</b>	Rango de temperaturas en las que el material opera de manera óptima.	-10 a 140	°C
<b>Punto de inflamación</b>	El punto de inflamación o flashpoint es la temperatura a la cual el aceite despidе suficientes vapores que se	150	°C

	inflaman cuando una llama abierta es aplicable.		
<b>Presentación</b>	Presentación en que se obtiene el pegante.	Líquido, en balde plástico o lata de metal.	-

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe la clase aislantes con sus correspondientes atributos.

### Clase Aislantes

Tabla 1.59. Atributos clase aislantes

<b>Id</b>		AI	
<b>Nombre</b>		Aislantes	
<b>Descripción</b>		Materiales usados para evitar filtraciones de fluidos.	
<b>PROPIEDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Elongación</b>	Es la capacidad que tiene el material de deformarse sin perder sus propiedades.	-	<i>Porcentaje</i>
<b>Temperatura máxima de uso</b>	Temperatura máxima en la que el material opera de manera óptima.	-	Milímetros
<b>Anchura</b>	Es la medida de la anchura de la película	-	Milímetros
<b>Espesor</b>	Es la medida del espesor de la película.	-	Milímetros
<b>Resistencia a la tracción</b>	Es una magnitud que describe la carga máxima resistida por el material.	-	<i>Newton/milimetro<sup>2</sup></i>

Fuente: elaboración propia

La clase Aislantes esta compuesta por los siguientes materiales de mantenimiento:

Tabla 1.60. Atributos del material Cinta teflón

<b>Id</b>		CT	
<b>Nombre</b>		Cinta teflón	
<b>Descripción</b>		Película flexible, elaborada a base de Politetrafluoroetileno, utilizada generalmente para el sellado de juntas mecánicas de tubería	
<b>PROPIEDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Elongación</b>	Es la capacidad que tiene el material de deformarse sin perder sus propiedades.	280	<i>Porcentaje</i>
<b>Temperatura máxima de uso</b>	Temperatura máxima en la que el material opera de manera óptima.	100	°C

<b>Anchura</b>	Es la medida de la anchura de la película	12	Milímetros
<b>Espesor</b>	Es la medida del espesor de la película.	0.1	Milímetros
<b>Resistencia a la tracción</b>	Es una magnitud que describe la carga máxima resistida por el material.	20	<i>Newton/milimetro<sup>2</sup></i>

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.61. Atributos del material Cinta aislante

<b>Id</b>	CA		
<b>Nombre</b>	Cinta aislante		
<b>Descripción</b>	Película utilizada para aislar cables conductores de electricidad.		
<b>PROPIEDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Elongación</b>	Es la capacidad que tiene el material de deformarse sin perder sus propiedades.	220	<i>Porcentaje</i>
<b>Temperatura máxima de uso</b>	Temperatura máxima en la que el material opera de manera óptima.	90	°C
<b>Anchura</b>	Es la medida de la anchura de la película	12	Milímetros
<b>Espesor</b>	Es la medida del espesor de la película.	0.2	Milímetros
<b>Resistencia a la tracción</b>	Es una magnitud que describe la carga máxima resistida por el material.	25	<i>Newton/milimetro<sup>2</sup></i>

Fuente: elaboración propia

**Paso 2. Modelar los equipos de mantenimiento.** En la etapa 3, se han identificado los elementos de control que hacen parte de cada equipo. En monografía del presente trabajo se identifican los equipos de mantenimiento para cumplir con los mantenimientos de los elementos del Modulo de Control y los equipos.

Entre las clases de equipo de mantenimiento identificadas se describen a continuación.

### Clase herramientas eléctricas

Tabla 1.62. Atributos de clase herramientas eléctricas

<b>ID</b>	<b>HE</b>		
<b>Descripción</b>	Clase Herramientas Eléctricas: Agrupa los elementos similares que operan por medio de electricidad necesarios para realizar los mantenimientos de los equipos.		
<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>		<b>Unidad De medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_VOL	Capacidad de Voltaje: es el voltaje máximo que soporta la herramienta.	-	Voltios

CAP_AMP	Capacidad de Amperaje: es el amperaje máximo que soporta la herramienta.	-	Amperios
---------	--	---	----------

Fuente: elaboración propia

La clase herramientas eléctricas está compuesta por los equipos de mantenimiento: soldador, multímetro y pistola de silicona. A continuación se describe cada uno de los equipos de mantenimiento pertenecientes a la clase herramientas eléctricas con sus respectivas propiedades.

La descripción del equipo de mantenimiento soldador se muestra en la tabla 63.

Tabla 1.63. Atributos soldador

ID		SL	
Descripción		Soldador: herramientas que son utilizadas para unir componentes electrónicos de un modo estable.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de Voltaje: es el voltaje máximo que soporta la herramienta.	230	Voltios
CAP_AMP	Capacidad de Amperaje: es el amperaje máximo que soporta la herramienta.	3.8	Amperios

Fuente: elaboración propia

La descripción del equipo de mantenimiento soplador se define en la siguiente tabla

Tabla 1.64. Atributos equipo soplador

ID		SP	
Descripción		Soplador herramienta utilizada para inyectar aire.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de Voltaje: es el voltaje máximo que soporta la herramienta.	230	Voltios
CAP_AMP	Capacidad de Amperaje: es el amperaje máximo que soporta la herramienta.	3.8	Amperios

Fuente: elaboración propia

La descripción del equipo de mantenimiento multímetro se muestra en la tabla 65.

Tabla 1.65. Atributos Multímetro

ID		ML	
<b>Descripción</b>		Multímetro: herramienta utilizada para la medición de distintos parámetros eléctricos y magnitudes.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de Voltaje: es el voltaje máximo que soporta la herramienta.	230-	Voltios
CAP_AMP	Capacidad de Amperaje: es el amperaje máximo que soporta la herramienta.	3.8	Amperios

Fuente: elaboración propia

La descripción del equipo de mantenimiento pistola de silicona se muestra en la tabla 1.66.

Tabla 1.66. Atributos Pistola de silicona

ID		PS	
<b>Descripción</b>		Pistola de silicona: herramienta utilizada para pegar materiales sintéticos aplicando calor a una barra de silicona.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_VOL	Capacidad de Voltaje: es el voltaje máximo que soporta la herramienta.	230	Voltios
CAP_AMP	Capacidad de Amperaje: es el amperaje máximo que soporta la herramienta.	3,8	Amperios

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe la clase herramientas manuales.

### Clase herramientas manuales

Tabla 1.67. Atributos de clase herramientas manuales

ID		HM	
<b>Descripción</b>		Clase Herramientas Manuales: agrupa los elementos similares que se utilizan para ejecutar de manera más apropiada, sencilla y con el uso de menor energía, tareas constructivas o de reparación.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia que tiene la Herramienta.	-	Kilogramos

CAP_TEMP	Capacidad temperatura: capacidad de temperatura máxima a soportar.	-	°C
----------	--	---	----

Fuente: elaboración propia

En las siguientes tablas se definen los de equipos pertenecientes a la clase herramientas manuales

Tabla 1.68. Atributos destornillador plano

ID		DS	
<b>Descripción</b>		<b>Destornillador plano:</b> herramienta que se utiliza para apretar y aflojar tornillos con ranura recta, que requieren poca fuerza de apriete y que generalmente son de diámetro pequeño.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia que tiene la herramienta.	10	Kilogramos
CAP_TEMP	Capacidad de Temperatura: Es el máximo valor de temperatura que soporta la herramienta.	200	Grados Centígrados (°C)

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.69. Atributos destornillador de estrella

ID		DE	
<b>Descripción</b>		<b>Destornillador de estrella:</b> herramienta que se utiliza para apretar y aflojar tornillos con ranura en forma de cruz, que requieren poca fuerza de apriete y que generalmente son de diámetro pequeño.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia que tiene la herramienta.	10	Kilogramos
CAP_TEMP	Capacidad de Temperatura: Es el máximo valor de temperatura que soporta la herramienta.	200	Grados Centígrados (°C)

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.70. Atributos Llave Boca Fija

ID		LL_B	
<b>Descripción</b>		<b>Llave Boca Fija:</b> se utilizan para apretar elementos atornillados, mediante tornillos o tuercas con cabezas hexagonales.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia que tiene la herramienta.	10	Kilogramos
CAP_TEMP	Capacidad de Temperatura: Es el máximo valor de temperatura que soporta.	200	Grados Centígrados (°C)

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.71. Atributos Alicate

ID		AL	
<b>Descripción</b>		<b>Alicate:</b> Especie de tenaza metálica provista de dos brazos utilizada para múltiples funciones como sujetar elementos pequeños o cortar y modelar conductores.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia que tiene la herramienta.	10	Kilogramos
CAP_TEMP	Capacidad de Temperatura: Es el máximo valor de temperatura que soporta la herramienta.	200	Grados Centígrados (°C)

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.72. Atributos Llave de boca ajustable

ID		LL_A	
<b>Descripción</b>		<b>Llave de boca ajustable:</b> Herramienta manual diseñada para apretar y aflojar tornillos, con la particularidad de que pueden variar la apertura de sus quijadas en función del tamaño de la tuerca.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia que tiene la herramienta.	10	Kilogramos
CAP_TEMP	Capacidad de Temperatura: Es el máximo valor de temperatura que soporta la herramienta.	200	Grados Centígrados (°C)

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.73. Atributos Llave de tubo

ID		LL_T	
<b>Descripción</b>		<b>Llave de tubo:</b> Se utiliza para el atornillado de tubos. Las mordazas son dentadas y ajustables y se agarran a los tubos redondos u otras piezas que también tengan forma cilíndrica.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia	20	Kilogramos
CAP_TEMP	Capacidad de Temperatura: Es el máximo valor de temperatura que soporta la herramienta.	100	Grados Centígrados (°C)

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.74. Atributos Pinza pelacables

ID		PP	
<b>Descripción</b>		<b>Pinza pelacables:</b> Herramienta utilizada para cortar y pelar cables de diferentes dimensiones.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia que tiene la herramienta.	20	Kilogramos
CAP_TEMP	Capacidad de Temperatura: Es el máximo valor de temperatura que soporta la herramienta.	200	Grados Centígrados (°C)

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.75. Atributos Pistola engrasadora

ID		PE	
<b>Descripción</b>		<b>Pistola engrasadora:</b> Herramienta utilizada para Brindar lubricación a instrumentos con piezas móviles.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia que tiene la herramienta.	20	Kilogramos
CAP_VOM	Capacidad de Volumen: Es el máximo volumen capaz de almacenar la herramienta.	200	Centímetros cúbicos

Fuente: elaboración propia

**Paso 3. Modelar el personal de mantenimiento.** El personal encargado de las actividades de mantenimiento se identifica y describe según el Modelo de Personal definido en el estándar ISA S95.01, en el caso de estudio se identifica el jefe de mantenimiento y el operario de mantenimiento encargados del área de mantenimiento

La clase jefe se describe en la tabla 1.76, con sus propiedades e indicadores). Esta clase contiene a personal jefe de mantenimiento y se describe en la tabla 1.77.

### Clase jefe

Tabla 1.76. Atributos clase jefe.

ID		CL_JB1	
Descripción		Clase a la que pertenece el personal que planifica y programa el mantenimiento.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_EPM	Capacidad de establecer los procedimientos de mantenimiento.	SI, NO	-
CAP_MPM	Capacidad de planificar y priorizar los mantenimientos	SI, NO	-
CER	Certificación en mantenimiento de equipos de control	SI, NO	-

Fuente: elaboración propia

### Personal jefe de mantenimiento

Tabla 1.77. Atributos jefe de mantenimiento

ID		JB1	
Descripción		Personal que planifica y programa el mantenimiento.	
Nombre		Laboratorista	
Cargo		Jefe de Mantenimiento	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_EPM	Capacidad de establecer los procedimientos de mantenimiento.	SI,	-
CAP_MPM	Capacidad de planificar y priorizar los	SI	-

	mantenimientos		
CER	Certificación en mantenimiento de equipos de control	SI	-

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe la clase operario.

### Clase operario

Tabla 1.78. Atributos clase operario

ID		CI_JB2	
<b>Descripción</b>		Clase a la que pertenece el personal que está en capacidad de realizar mantenimiento a todas las unidades de la planta .	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_HE	Capacidad de manejar herramientas utilizadas en mantenimiento.	SI, NO	-
CAP_MIE	Capacidad de manejar instrumentación eléctrica	SI, NO	-

Fuente: elaboración propia

La descripción de personal perteneciente a la clase operario se hace en la siguiente tabla:

### Personal operario mantenimiento

Tabla 1.79. Atributos operario de mantenimiento

ID		JB2	
<b>Descripción</b>		Operario encargado de realizar mantenimiento a las diferentes unidades de la planta.	
<b>Nombre</b>		Ximena Rengifo	
<b>Cargo</b>		Operario de mantenimiento	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_HE	Capacidad de manejar herramientas utilizadas en mantenimiento.	SI	-
CAP_MIE	Capacidad de manejar instrumentación eléctrica	SI	-

Fuente: elaboración propia

## ETAPA 7. DEFINIR PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

Para realizar adecuadamente los mantenimientos, siguiendo los procedimientos adecuados y utilizando los recursos apropiados, se definen los procedimientos de mantenimiento para el proceso de bebidas carbonatadas, en el Segmento de Proceso de Mantenimiento se establecen los recursos que se utilizan en cada procedimiento de mantenimiento y la en la Definición de Segmento de Proceso de Mantenimiento se asignan los recursos en específico a cada uno de los procedimientos.

Para identificar los procedimientos de mantenimiento se saca una la lista de los recursos, estos recursos han sido identificados y descritos en el paso 6, de la fase 1, la lista de los recursos para el caso de estudio es la siguiente.

### Lista de los recursos.

En la tabla se enlista el personal mantenimiento con el que se cuenta, en el caso de estudio.

Tabla 1.80. Lista de personal de mantenimiento

Recursos	Funciones	Cantidad
Jefe de mantenimiento	Programa, planifica y hace seguimiento a las operaciones de mantenimiento.	1
Operario de mantenimiento	Operario encargado de realizar mantenimiento a las diferentes unidades de la planta	1

Fuente: elaboración propia

En la tabla 1.81 se enlistan los materiales de mantenimiento con los que se dispone para el caso de estudio.

Tabla 1.81. Lista de materiales de mantenimiento.

Recurso	ID
Grasa	GR
Agua	AG
Solución de hipoclorito	SH
Estaño	ES
Cable conductor	CC
Codo de 90°	CO
Unión universal	UN
Segmento de tubo	ST
Tee de PVC	TT

Adaptador macho	AM
Adaptador hembra	AH
Silicona en barra	SB
Pegante PVC	PE
Cinta teflón	CT
Cinta aislante	CA

Fuente: elaboración propia

En la tabla 1.82 se enlistan los equipos de mantenimiento con los que se dispone, en el caso de estudio.

Tabla 1.82. Lista de equipos de mantenimiento

Recursos	ID	cantidad
Soldador	SL	1
Multímetro	ML	1
Pistola de silicona	PS	1
Soplador	SP	1
Destornillador plano	DS	1
Destornillador de estrella	DE	1
Llave de boca fija	LL_B	1
Alicate	AL	1
Llave de boca ajustable	LL_A	1
Llave de tubo	LL_T	1
Pinza pelacables	PP	1
Pistola engrasadora	PE	1
Cortador de PVC	CP	1

Fuente: elaboración propia

A continuación se describe de para cada modulo de control de manera similar un procedimiento.

**Limpieza de electroválvulas:** es el procedimiento que se realiza para limpiar la membrana de las electroválvulas y evitar fallos en su apertura y cierre.

Tareas:

1. Apagar planta
2. Aflojar tonillos superiores de la carcasa del electroválvula
3. Quitar tapa sensor
4. Retirar muelle
5. Revisar membrana
6. Limpiar membrana
7. Aplicar aire con el soplador a la membrana

8. Colocar tapa
9. Ajustar tornillos

Tiempo estimado: 30 minutos

Tabla 1.83. Especificación de segmento de proceso: Limpieza electroválvulas

ESPECIFICACION DE SEGMENTO DE PROCESO DE MANTENIMIENTO			
ID	Limpieza electroválvulas	ID	PLE
LOCALIZACION	DESCRIPCION	DURACION	:30 minutos
CP Bebidas carbonatadas	Es el mantenimiento que se realiza para mantener la electroválvula en buen estado	RECURSOS	
Especificacion de segmento de Equipo	Equipo que sirve para desatornillar y poder quitar las tapas de la electroválvula	Destornillador plano	
	Equipo que sirve para limpiar las membranas de la electroválvula	Soplador	
Especificación de Segmento de Personal	Operario que tiene la capacidad de utilizar el soplador.	Operario de Mantenimiento	

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.84. Especificación definición de segmento de proceso de mantenimiento: Limpieza electroválvulas

ESPECIFICACION DEFINICION SEGMENTO DE PROCESO DE MANTENIMIENTO			
ID	Limpieza electroválvulas	ID	PLE
LOCALIZACION	DESCRIPCION	Es el mantenimiento que se realiza para cerciorarse esta calibrado correctamente.	
CP Bebidas carbonatadas	Duración	30 min	
Equipo de mantenimiento	DS_1		
	SP_1		
Operario de mantenimiento	JB2		

Fuente: elaboración propia

- **Limpieza de la motobomba:** es el procedimiento en que se para limpia la parte interior de la motobomba realizando el desmonte de algunas de sus piezas para poder aplicar aire desde un soplador.

Tareas:

1. Apagar la planta
2. Cierra válvulas de paso
3. Aflojar tornillos de carcasa
4. Retirar carcasa
5. Retirar tapa de pre filtro
6. Retirar canastillo
7. Limpiar canastillo
8. Aplicar aire con el soplador
9. Colocar canastillo
10. Colocar tapa de pre filtro
11. Colocar carcasa
12. Atornillar carcasa
13. Abrir válvulas de paso
14. Resumen mantenimiento

Tiempo estimado: 30 min

Tabla 1.85. Especificación de segmento de proceso: Limpieza motobomba

ESPECIFICACION DE SEGMENTO DE PROCESO DE MANTENIMIENTO			
ID	Limpieza motobomba	ID	PLM
LOCALIZACION	DESCRIPCION	DURACION	30 min
CP Bebidas carbonatadas	Es el mantenimiento que se realiza para mantener la motobomba en un buen estado	RECURSOS	
Especificación de Segmento de Equipo	Equipo que sirve para realizar la limpieza interna de la motobomba	Soplador	
	Equipo que sirve para desatornillar y poder quitar las tapas de la motobomba	Destornillador plano	
	Equipo que sirve para quitar tapas de la motobomba	Llave de boca ajustable	
Especificación de Segmento de Personal	Operario que tiene la capacidad de utilizar el soplador y realizar la limpieza de la bomba	Operario de Mantenimiento	

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.86. Especificación definición de segmento de proceso de mantenimiento:

ESPECIFICACION DEFINICION SEGMENTO DE PROCESO DE MANTENIMIENTO			
ID	Limpieza motobomba	ID	PLM
LOCALIZACION	DESCRIPCION	Se revisa el estado de los agitadores	

CP Bebidas carbonatadas	Duración	30 min
Equipo de mantenimiento	ML_1	
	PP_1	
	SL_1	
Personal de mantenimiento	JB2	
Materiales de mantenimiento	CA_1	
	ES_1	
	CC_1	

Fuente: elaboración propia

- **Revisión de agitadores:** es el procedimiento que se realiza para revisar que los motores y las aspas de los agitadores se encuentren en buen estado y sin ningún tipo de obstrucciones.
2. Verificar que los cables de alimentación se encuentran correctamente conectados y sin daños
  3. Medir continuidad de los cables
  4. Verificar que no produzca sonidos fuera de lo normal
  5. Verificar el estado de las aspas
  6. Limpiar las aspas de ser necesario
  7. Cambiar o arreglar cables de ser necesario.
  8. Resumen de mantenimiento

Tiempo estimado: 5 min

Tabla 1.87. Especificación de segmento de proceso: Revisión de agitadores

ESPECIFICACION DE SEGMENTO DE PROCESO DE MANTENIMIENTO			
ID	Revision de agitador		
LOCALIZACION	DESCRIPCION	DURACION	5 min
CP Bebidas carbonatadas	Es el mantenimiento que se realiza para revisar el estado de los agitadores	RECURSOS	
Especificación de Segmento de Equipo	Equipo que sirve para medir el voltaje del sensor y saber si se encuentra bien calibrado	Multimetro	
	Equipo que sirve para quitar la parte plantica del cable.	Pinza pelacables	
	Equipo utilizado para realizar soldadura	Soldador	

Especificación de segmento de Materiales	Material que sirve para realizar soldadura.	Estaño
	Material que sirve para cambiar cable conductor de los sensores	Cable conductor
	Material que sirve para aislar cables del sensor.	Cinta aislante
Especificación de Segmento de Personal	Operario que tiene la capacidad de medir voltaje y revisar los rieles del sensor	Operario de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.88 Especificación definición de segmento de proceso de mantenimiento: Chequeo funcionamiento del sensor

ESPECIFICACION DEFINICION SEGMENTO DE PROCESO DE MANTENIMIENTO			
ID	Revisión de Agitator	ID	PRA
LOCALIZACION	DESCRIPCION	Se revisa el estado de los agitadores	
CP Bebidas carbonatadas	Duración	10 min	
Equipo de mantenimiento	ML_1		
	PP_1		
	SL_1		
Personal de mantenimiento	JB2		
Materiales de mantenimiento	CA_1		
	ES_1		
	CC_1		

Fuente: elaboración propia

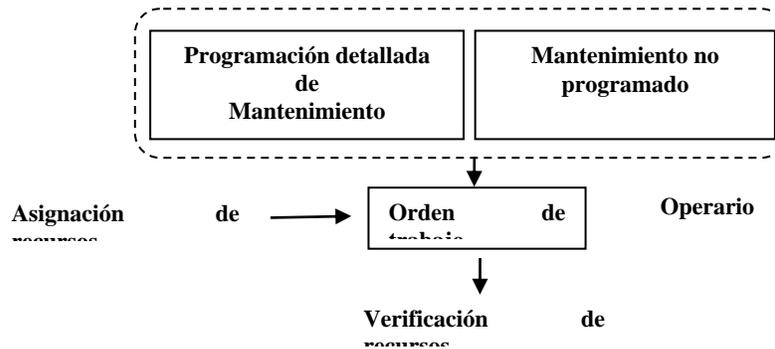
## ETAPA 8. ESTABLECER LAS FUNCIONES ADMINISTRATIVAS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO

A continuación se describen las actividades restantes para administrar las operaciones de mantenimiento.

**Despacho de Mantenimiento.** De acuerdo al plan de mantenimiento detallado o al mantenimiento no programado, se generan una o varias órdenes de trabajo de mantenimiento, con su respectivo id, fecha, tiempo estimado en la realización del mantenimiento, prioridad, procedimientos de mantenimiento. Estas órdenes de trabajo son enviadas a su responsable (operario), el cual se debe encargar de verificar que los recursos asignados en la orden de trabajo, estén disponibles y ejecutar la orden de trabajo en la fecha establecida o indicar si se presenta alguna

irregularidad que impida la realizar el mantenimiento. En la figura 1.4 se puede observar la actividad de despacho.

Figura 1.4. Despacho de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se realizan listas de despacho donde se encuentran las órdenes de trabajo que deben ser ejecutadas para que se realice su seguimiento.

Para explicar mejor se sigue con el ejemplo del equipo motobomba, generada la programación detallada de mantenimiento, el jefe de mantenimiento crea la orden de trabajo de mantenimiento utilizando la información de la programación detallada de mantenimiento, definición de mantenimiento y lista de recursos, con el fin de asignar específicamente los recursos a utilizar y describir tarea a tarea el procedimiento de mantenimiento que se debe seguir. Cuando se le asigna a un operario la orden de trabajo se le notifica, para que verifique la disponibilidad de los recursos para la fecha en la que se ha programado el mantenimiento.

**Administración de Ejecución de Mantenimiento.** Las órdenes de trabajo de mantenimiento durante su ejecución son supervisadas, enviando información desde el nivel 2 hacia el nivel 3 mediante los resultados de mantenimiento, la información enviada puede ser la siguiente:

- Confirmación del cumplimiento de cada una de las tareas que se van realizando, garantizando que los procedimientos de mantenimiento son aplicados correctamente. Cuando el operario de mantenimiento está ejecutando un procedimiento de mantenimiento, va subrayando cada tarea que va realizando.
- Una descripción rápida de la solución de mantenimiento cuando este es finalizado. El operario de mantenimiento cuando termina de ejecutar una orden de trabajo realiza una respuesta de mantenimiento definida en fase

1, indicando los pormenores entrados en: equipo, recursos o los procedimientos.

- Información sobre algún evento inesperado que impide la realización o finalización del mantenimiento. Si el operario no puede ejecutar la orden de mantenimiento debe informar la causa para que el jefe de mantenimiento tome una decisión con respecto al mantenimiento.

Supervisando la ejecución de las órdenes de trabajo se realiza un control para garantizar que el mantenimiento fue realizado según especificaciones de la orden de trabajo y si ocurrió algún imprevisto que requiera de una reprogramación de la orden de trabajo.

**Recolección de Datos de Mantenimiento.** Es la actividad encargada de resumir y reportar la información de los datos de las órdenes de trabajo de mantenimiento, respuestas de mantenimiento y resultados de mantenimiento. El jefe de mantenimiento luego del cierre de una orden de trabajo y la respuesta de mantenimiento obtenida de la orden de trabajo, hace un resumen de la orden de trabajo de mantenimiento, este resumen es llamado resultados de mantenimiento. Esta información es almacenada en un histórico.

La información de resultados de mantenimiento, sobre cambios en el estado de los recursos es organizada y almacenada en un histórico llamado cambios en los recursos, esta información permite identificar el estado real de los mismos.

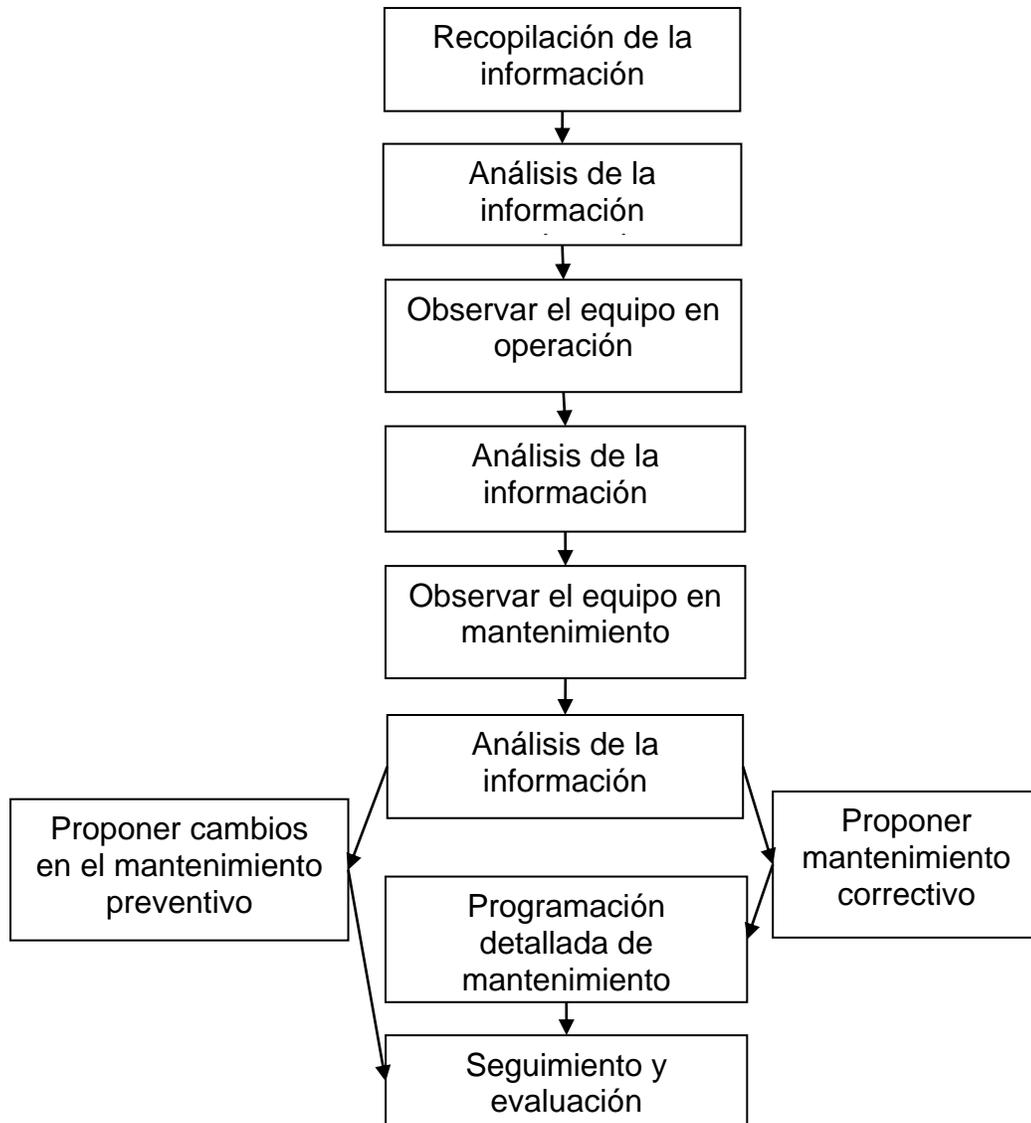
Los resultados de mantenimiento luego son requeridos para su análisis en la actividad Análisis de Mantenimiento definida mas adelante.

**Seguimiento de Mantenimiento.** Se hace un seguimiento de los recursos de mantenimiento, se verifica su estado luego de su utilización en las actividades de mantenimiento. El seguimiento se hace revisando la información de obtenida del histórico cambio en los recursos, con esta información se detectan problemas en los recursos de mantenimiento o en procedimientos de mantenimiento. Cuando se encuentran irregularidades que deben ser analizadas se envía la información Análisis de Mantenimiento para ser evaluado ya sea el equipo o el procedimiento.

En esta actividad también se envía una confirmación luego de revisar la orden de trabajo de mantenimiento y respuesta de mantenimiento, indicando que el mantenimiento fue realizado y que los procedimientos se ejecutaron con los recursos adecuados.

**Análisis de mantenimiento.** En análisis de mantenimiento se revisan las estrategias que se tienen implementadas y se verifica si se garantiza la confiabilidad y disponibilidad del equipo para la producción. Se Monitorea y se hace seguimiento al comportamiento y tendencias del equipo detectado problemas y se evalúa la periodicidad de los mantenimientos preventivos.

Figura 1.5. Análisis y seguimiento de mantenimientos.



Fuente: Elaboración propia

Para garantizar el buen funcionamiento de los equipos del proceso productivo se pueden generar solicitudes de mantenimiento desde el nivel 3 o realizar cambios en las periodicidades de los mantenimientos preventivos, esto se hace por medio

análisis de fallas que se presentan frecuentemente en un equipo o por información de las observaciones que el operario ha realizado al cierre de la orden de trabajo.

En la figura 1.5 se muestra el análisis y seguimiento para realizar una solicitud de mantenimiento del nivel 3.

**Recopilar información:** para determinar cuáles son los equipos que necesitan un análisis de mantenimiento y una revisión de su comportamiento, se recopila la información de:

- Programación detallada de mantenimiento
- Resumen ordenes de trabajo realizado

**Análisis de la información:** luego de recopilar la información se debe realizar un análisis y seleccionar los equipos a los que se les debe evaluar ciertas características de su funcionamiento o la programación de mantenimiento preventivo teniendo en cuenta ciertas condiciones:

- Equipos críticos para la operación de la planta.
- Equipos con mayor frecuencia de falla y demora acumulada.
- Equipos con intervalos cortos de Mantenimiento (paros programados mas frecuentes)

Cuando se han seleccionados los equipos, se recolecta información del equipo como: especificaciones técnicas, segmento de definición de mantenimiento y modelo de equipo.

Cuando se tiene la información del equipo se procede a determinar cuáles son las fallas y sus causas o si se deben realizar cambios en el mantenimiento preventivo, esto se realiza analizando la información y respondiendo las siguientes preguntas.

- ¿Cuáles son las causas raíz por las cuales se han estado presentando las fallas en los equipos?
- ¿De qué forma podría volver a fallar el equipo?
- ¿Qué se debe hacer para que la causa de falla no se presente?
- ¿Se pueden reducir los mantenimientos preventivos?
- ¿Es necesario cambiar procedimientos de mantenimiento?

**Observar el equipo en operación:** se revisan los puntos potenciales de fallas, se toman muestras de las lecturas de los equipos y se observa el funcionamiento del equipo.

**Análisis de la información recolectada:** se analiza la información recopilada, se determinan las causas de las irregularidades presentadas en los equipos, además de su estado y se elabora un reporte.

**Observar el equipo en mantenimiento:** observar la forma como se aplican los procedimientos de mantenimiento y observar si existen desgastes en piezas.

**Análisis de la información:** determinar si los procedimientos de mantenimiento se aplican correctamente, observar calidad de las piezas, analizar posibles cambios en la realización de mantenimientos para mejorar procedimientos.

Luego del análisis de la información se puede llegar a la conclusión de que es necesario realizar cambios en la periodicidad de mantenimiento o si debe ser necesario programar un mantenimiento correctivo.

**Proponer cambios en el mantenimiento preventivo:** se pueden presentar cambios de periodicidad por realización de mantenimientos preventivos innecesarios o aumento del mantenimiento preventivo por fallas frecuentes por falta de mantenimiento.

**Proponer mantenimiento correctivo:** programación de un mantenimiento correctivo para solucionar los problemas encontrados en el equipo y solucionar las fallas del equipo. Además se deben especificar los procedimientos de mantenimientos que se deben realizar al equipo.

**Programación detallada de mantenimiento:** enviar la solicitud de mantenimiento basado en historial para que sea programado.

**Seguimiento y evaluación:** hacer un seguimiento al mantenimiento y sus procedimientos, para verificar que se obtuvieron los resultados esperados y el equipo quedo en óptimas condiciones de funcionamiento.

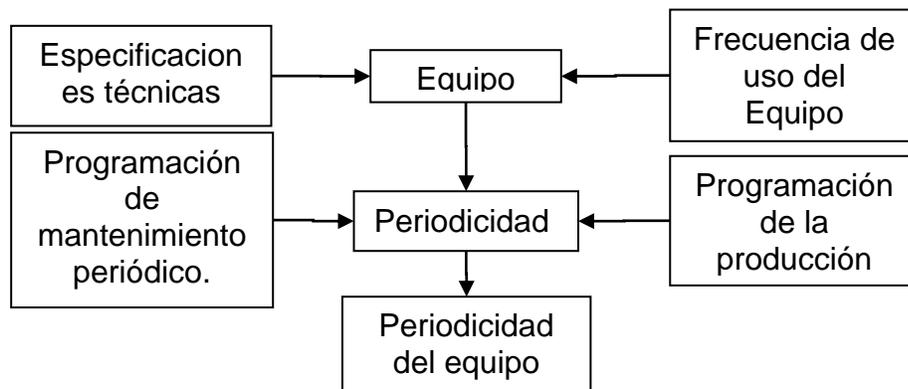
Dentro de las actividades realizadas en el análisis de mantenimiento también se examinan los recursos utilizados para la realización de mantenimiento para esto se revisa y analiza: procedimientos de mantenimiento, respuestas de mantenimiento e histórico cambios en los recursos. Luego de analizar el estado del recurso, se procede a analizar posibles causas de su estado. Se analiza si es necesario cambiar los recursos o si los procedimientos no están siendo ejecutados de la manera adecuada.

**Funciones del nivel 4.** Por fuera de las actividades para administrar las operaciones de mantenimiento descritas anteriormente encontramos las funciones

del nivel 4. En el nivel 4 para el caso de estudio se realiza el análisis para generar la planificación de mantenimiento.

La planificación de mantenimientos son solicitudes de mantenimiento generadas desde el nivel 4. Para realizar la planificación de mantenimientos, primero se define la periodicidad del equipo, para esto se procede a revisar las especificaciones técnicas del equipo, la frecuencia de uso del equipo y procedimientos de mantenimiento que requiere el equipo del proceso productivo. En la figura 1.6, se muestra como se define la periodicidad del un equipo.

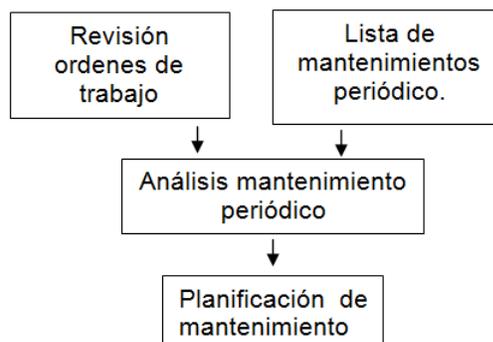
Figura 1.6. Generación programación de mantenimiento periódico.



Fuente: Elaboración propia

Establecida la periodicidad se genera una lista de programación de mantenimiento periódico para un determinado rango de tiempo. Luego se procede a revisar las ordenes de trabajo de treinta días antes por equipo para analizar si el mantenimiento periódico debe ser modificado debido a mantenimientos programados. En la figura 1.7 se muestra como se obtiene la planificación de mantenimientos del nivel 4.

Figura 1.7. Planificación de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Ahora se mencionaran los flujos de información que comparten cada unas de las actividades descritas anteriormente. Con el fin de no repetir flujos de información estos flujos solo se especifican una ves. Algunos flujos de información no aplican porque quedan por fuera del alcance del proyecto.

**Flujos de Información de Despacho de Mantenimiento.** A continuación se describe los flujos de información para Administración de Despacho de Mantenimiento:

Flujos de Información desde Administración de Despacho de Mantenimiento y Administración de Ejecución de Mantenimiento.

- Se envía la lista de despacho de órdenes de trabajo que deben ser ejecutadas y de esta forma se hace un seguimiento de la orden de trabajo durante su ejecución.
- Información de eventos no anticipados.

Flujo de Información desde Administración de Despacho de Mantenimiento hacia Recolección de Datos

- Se envía información sobre la lista de despacho de órdenes de trabajo con los recursos que se utilizaran, almacenar esta información para su posterior verificación.
- Se solicita información sobre el estado de los equipos

Flujo de Información desde Administración de Despacho de Mantenimiento hacia Seguimiento de Mantenimiento.

- Se envía información sobre la lista de despacho de órdenes de trabajo con los recursos que se utilizaran y así luego poder realizar los seguimientos de los recursos utilizados de mantenimiento.

En la tabla 1.89 se muestran los flujos de información de entrada y salida para Despacho de Mantenimiento.

Tabla 1.89. Flujo de Información desde Despacho de Mantenimiento.

Interfaz		Contenido de datos	
Administración de Despacho de Mantenimiento	→	Programación Detallada de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información Mantenimiento no programado.</li> <li>- Información de eventos no anticipados.</li> </ul>
	←		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa detallado de mantenimiento</li> </ul>
	←	Administración de Definición de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelos de definición de mantenimiento</li> <li>- Procedimientos de mantenimiento</li> </ul>
	→	Administración de Recurso de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad del personal, equipo y herramientas de mantenimiento.</li> <li>- Reprogramación mantenimiento.</li> </ul>
	→	Administración de Ejecución de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lista de despacho de órdenes de trabajo.</li> </ul>
	←		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información de eventos no anticipados.</li> </ul>
	→	Recolección de Datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lista de despacho de ordenes de trabajo relacionado a recursos</li> <li>- Información real de los equipos</li> </ul>
	→	Seguimiento de Mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lista de despacho de ordenes de trabajo relacionado trabajo a recursos</li> </ul>
	←	Administración de Operaciones de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información de eventos no anticipados</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

**Flujos de Información de la Ejecución de Mantenimiento.** A continuación se describen los flujos de información de Administración de Ejecución de Mantenimiento

Intercambio de Información entre Administración de Ejecución de Mantenimiento y Recolección de Datos de Mantenimiento.

- Información de eventos inesperados durante la ejecución de una orden de trabajo.
- Información de resultados de mantenimiento luego del cierre de la orden de trabajo.

Intercambio de Información entre Administración de Ejecución de Mantenimiento y Niveles 1 y 2.

- Procedimientos de mantenimiento para la ejecución de órdenes de trabajo
- Respuestas de órdenes de trabajo luego del cierre

En la tabla 1.90, se muestran los flujos de información de entrada y salida de Administración de Ejecución de Mantenimiento.

Tabla 1.90. Flujo de Información desde y hacia Administración de Ejecución de Mantenimiento.

Interfaz		Contenido de datos	
Administración de Ejecución de Mantenimiento	→	Administración de Definición de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelos de definición de mantenimiento</li> <li>- Procedimientos de mantenimiento</li> </ul>
	←	Administración de recursos de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad del personal, equipo y herramientas de mantenimiento</li> </ul>
	←	Despacho de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lista de despacho de ordenes de trabajo</li> </ul>
	→		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información de eventos no anticipados</li> </ul>
	→	Niveles 1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procedimientos de Mantenimiento.</li> </ul>
	←		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resultados de Mantenimiento</li> </ul>
	→	Recolección de Datos de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información de Mantenimiento y Eventos de Mantenimiento.</li> </ul>
	←	Administración de Operaciones de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información de que el trabajo esta siendo realizado bajo los índices de calidad.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

**Flujos de Información Recolección de Datos de Mantenimiento.** A continuación se describen los flujos de información de Recolección de Datos de Mantenimiento.

Flujos de información entre Recolección de Datos de Mantenimiento y Seguimiento de Mantenimiento

- Se envía la información de los estados de los recursos sobre como se encuentran los recursos durante y después de la realización de un mantenimiento, para llevar un historial del estado real de los recursos.

### Flujos de información entre Recolección de Datos de Mantenimiento y Análisis de Mantenimiento

- La información recolectada en los historiales de los recursos, es utilizada por la actividad Análisis de Mantenimiento para corroborar que los recursos utilizados están desempeñando su labor de manera adecuada y de no ser así tomar las correcciones correspondientes.

### Flujos de información entre Recolección de Datos de Mantenimiento y niveles 1 y 2

- Desde el nivel 1 y 2 se recolectan datos de los equipos del proceso productivo y de los recursos de mantenimiento durante la ejecución del mantenimiento, para que luego el jefe de mantenimiento revise esta información.

En la tabla 1.91, se muestran los flujos de información de entrada y salida de Recolección de Datos de Mantenimiento.

Tabla 1.91. Flujo de Información desde y hacia Recolección de Datos de Mantenimiento.

Interfaz		Contenido de datos	
Recolección de Datos de Mantenimiento	➔	Despacho de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lista de despacho de ordenes de trabajo relacionado a recursos</li> <li>- Información real de los equipos</li> </ul>
	➜	Administración de Ejecución de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información de Mantenimiento y eventos de Mantenimiento</li> </ul>
	➜	Niveles 1 y 2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Datos de estado de salud de equipo.</li> </ul>
	➔	Seguimiento de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información del estado de los recursos</li> </ul>
	➔	Análisis de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Datos históricos de recurso</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

**Flujos de Información de Seguimiento de Mantenimiento.** La descripción de los flujos de información de Seguimiento de Mantenimiento ya han sido descritos en los flujos de información de las actividades anteriores, por lo tanto en la tabla 1.92 se muestran los flujos de entrada y salida.

Tabla 1.92. Flujo de Información desde y hacia Seguimiento de Mantenimiento.

Interfaz		Contenido de datos	
Seguimiento de Mantenimiento	➔	Nivel 4	- Lista de repuestos y materiales utilizados en labores de mantenimiento.
	➔	Nivel 3 y 2	- Respuesta de Mantenimiento
	➔	Programación Detallada Mantenimiento	- Confirmación de trabajo completado
	←	Despacho de Mantenimiento	- Lista de despacho de ordenes de trabajo relacionado trabajo a recursos
	←	Recolección de Datos de Mantenimiento	- Información del estado de los recursos
	➔	Análisis de Mantenimiento	- NO APLICA
	←		- NO APLICA

Fuente: Elaboración Propia

**Flujos de Información de Análisis de mantenimiento.** La descripción de los flujos de información de Análisis de Mantenimiento ya han sido descritos en los flujos de información de las actividades anteriores, por lo tanto en la tabla 1.93 se muestran los flujos de entrada y salida.

Tabla 1.93. Flujo de Información desde y hacia Análisis de Mantenimiento.

Interfaz		Contenido de datos	
Análisis de Mantenimiento	➔	Nivel 4	- Información derivada del análisis de Mantenimiento.
	➔	Administración de Definición de Mantenimiento	- Información derivada del Análisis de Mantenimiento.
	←		- Definiciones de mantenimiento
	←	Recolección de datos de Mantenimiento	- Datos históricos de recurso.
	➔	Seguimiento de Mantenimiento	- NO APLICA
	←		- NO APLICA

Fuente: Elaboración Propia.

## **2 ANEXO B. APLICACIÓN DE LA FASE 2: EVALUACIÓN, SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE FOSS ERP, CMMS Y SCADA**

### **ETAPA 1. REQUERIMIENTOS DEL CASO DE ESTUDIO**

Partiendo de la necesidad de realizar un proyecto de integración empresarial haciendo uso de herramientas Software Libre y de Código Abierto para la categoría Administración de Operaciones de Mantenimiento del Estándar S95 aplicado a un caso de estudio, se definen los requerimientos propios del proceso de acuerdo con lo que se espera de cada herramienta por separado.

Para definir los requerimientos que deben cumplir las herramientas a evaluar, se adquieren de la estructuración de la información de la empresa y la definición de las actividades de administración de operaciones de mantenimiento obtenidas en la fase 1.

**Paso 1. Requerimientos de herramienta ERP.** Para realizar la búsqueda y selección de la herramienta ERP, es necesario que se cumpla con las siguientes características:

- Manejo de jerárquico de Equipos
- Procedimientos de mantenimiento
- Programación y generación de mantenimientos periódicos
- Manejo de órdenes de trabajo
- Arquitectura cliente servidor
- Arquitectura Web
- Compatibilidad con Windows
- Bajo o ningún costo de licencia

La herramienta debe estar en capacidad de manejar aproximadamente una cantidad de 100 equipos, 100 procedimientos de mantenimiento.

**Paso 2. Requerimientos de herramienta CMMS** Las características requeridas por el proceso en lo referente al Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento son:

- Administración de órdenes de trabajo
- Seguimiento del estado de las solicitudes
- Manejo y control de inventario
- Historial de mantenimiento por equipos
- Manejo jerárquico de los equipos

- Programación de mantenimientos
- Gestión de procedimientos y tareas de mantenimiento
- Manejo de distintos tipos de mantenimiento
- Manejo de solicitudes de mantenimiento
- Manejo de respuestas de mantenimiento
- Administración de materiales y equipos de mantenimiento
- Administración del personal de mantenimiento
- Arquitectura Web
- Arquitectura Cliente/Servidor
- Sistema operativo Windows
- Bajo o ningún costo de licencia

La herramienta debe estar en capacidad de manejar aproximadamente una cantidad de 100 equipos, 100 procedimientos de mantenimiento, 100 recursos de mantenimiento.

**Paso 3. Requerimientos de herramienta SCADA.** De manera similar, para la búsqueda y selección de la herramienta SCADA, se tienen en cuenta los siguientes requerimientos:

- Debe permitir leer y escribir datos en el PLC.
- Debe contar con comunicación OPC (Cliente OPC) para acceder a los datos del PLC desde la interfaz de usuario.
- Se requieren funciones de interfaz como:
  - Visualización animada en tiempo real del proceso.
  - Interfaz amigable para el usuario final.
  - Gráficos de tendencias de las variables.
  - Visualización de distintas ventanas.
- Consumo mínimo de recursos hardware debido a que el software SCADA se podría instalar en un computador con prestaciones limitadas
- Sistema Operativo Windows
- Bajo o ningún costo de licencias

## **ETAPA 2. BÚSQUEDA DE LAS HERRAMIENTAS**

La búsqueda de las diferentes herramientas se realizó en su mayoría por internet de acuerdo con los requerimientos y criterios de selección, consultando diferentes páginas de empresas donde ofrecen servicios software para la gestión o ejecución del mantenimiento y que ofrecieran alguna de las herramientas ERP, CMMS o SCADA. En algunos casos se logró descargar las aplicaciones software y en otros casos se enviaron correos para ponerse en contacto con la empresa y así obtener información de las herramientas.

**Paso 1. Búsqueda de las herramientas ERP.** En el campo de las herramientas de software libre y de código abierto encargadas de la planificación de los recursos de la empresa se encuentra una amplia variedad de opciones que pueden ser implementadas por las pequeñas y medianas empresas, a continuación se describe algunos de los ERP Open Source más posicionados en la actualidad:

- Openbravo ERP
- Compiere ERP
- Apache OfBiz

**Openbravo ERP [1].** Esta herramienta ERP de código abierto está diseñada para satisfacer las necesidades, y mejorar el rendimiento de las pequeñas y medianas empresas. Openbravo ERP posee gran variedad de características que lo convierten en software de negocios perfecto. Maneja toda la información de la empresa que referente a producción, inventario, información de clientes, seguimiento de pedidos entre otros. Maneja una amplia gama de funciones y características que lo hacen una herramienta fácil de manejar para el usuario final.

Openbravo ERP es una aplicación con arquitectura cliente/servidor web, utiliza tecnologías modernas, sólidas y suficientemente probadas, para cumplir los requerimientos estrictos de rendimiento y escalabilidad de cualquier entorno empresarial como lo son: Java y Javascript, SQL y PL/SQL, XML y HTML. Se compone de algunas aplicaciones de terceros bien conocidas como Apache http Server y Tomcat, y con soporte para bases de datos PostgreSQL u Oracle, que pueden ser instalados en multitud de sistemas operativos, incluyendo GNU/Linux o Windows. Actualmente se encuentra disponible en español, inglés, italiano, portugués, ruso, ucraniano y francés.

Figura 2.1. Funcionalidad de Openbravo ERP



Fuente: Sitio Web de Openbravo ERP

Como se puede observar en la figura 1, Openbravo ERP es una opción favorable para el desarrollo de proyectos de integración con herramientas software libre orientado a actividades de mantenimiento, ya que su módulo de Gestión de la Producción entre otras actividades se ocupa de la planificación del mantenimiento, cumpliendo con el criterio de funcionalidad previamente definido

**Compiere ERP [2].** Compiere ERP es una solución de negocios Open Source que se ha posicionado como una fuerte alternativa a las herramientas software propietarias, es decir a aquellas aplicaciones que son desarrolladas y comercializadas por una organización comercial. La aplicación y el código fuente se provee sobre la base de distribución libre bajo una licencia basada en la licencia pública Mozilla. Puede ser configurada y extendida dentro de la aplicación y por medio de la adición de componentes modulares. La documentación y algunos módulos como el de manufactura, requerido para el desarrollo de proyectos enfocados a las actividades de mantenimiento solo están disponibles mediante pago.

Compiere puede correr sobre un amplio rango de sistemas operativos, tales como Unix, Windows, Linux y Mac OS X, permitiendo al usuario elegir desde una amplia gama de sistemas operativos abiertos, hasta los sistemas propietarios ofrecidos por los proveedores tradicionales [9].

Compiere exporta todos los datos de reportes a formatos conocidos como: Excel, HTML, XML, Archivos planos de texto, PDF, PS y Word e importa datos desde XML, formatos de registros fijos, etc. Compiere trae incorporados formatos predefinidos, pero el usuario puede definir sus propios formatos, proporcionando las interfases de acuerdo al OAGIS (Open Applications Group Integration Specification).

La conectividad a bases de datos tales como PostgreSQL, MySQL y Sybase puede estar disponible o en proceso de completarse pero no es soportada oficialmente por Compiere, que continúa soportando únicamente Oracle como gestor de bases de datos, lo que prácticamente anula los beneficios que proporciona el hecho de ser software libre y de código abierto.

**Open ERP [3].** OpenERP es un sistema ERP y CRM (Customer Relationship Management), utilizado para la gestión integrada de los recursos de la empresa. Se integra con distintas herramientas ofimáticas. Dispone de funcionalidad para la generación de impresos vía PDF, HTML, y permite exportar datos a otros programas como OpenOffice o MS Office (Excel, Word).

La arquitectura del sistema es cliente – servidor, sin embargo cuenta con dos tipos de interfaces de usuario, una interfaz web y otra interfaz de escritorio, lo que permite que todos los usuarios trabajen sobre el mismo repositorio de datos.

OpenERP dispone de interfaces XML-RPC (Extensible Markup Language-Remote Procedure Call) y SOAP. El primero es un protocolo de llamada remota a procedimientos que usa XML para codificar los datos y HTTP como protocolo de transmisión de mensajes. El Segundo es un protocolo para el intercambio de mensajes sobre redes de computadoras, generalmente usando HTTP, basado en XML. Dentro de la construcción misma del software se hace un uso intensivo de flujos de trabajo (modelo workflow) que se pueden integrar con sus distintos módulos.

Es un software multiplataforma: funciona sobre Linux y Windows, Adicionalmente, este software permite trabajar vía remota desde una computadora conectada a Internet gracias a un cliente Web. Emplea a PostgreSQL como sistema gestor de bases de datos y ha sido programado con Python.

A pesar de las múltiples ventajas ofrecidas por OpenERP hablando específicamente de los criterios técnico y económico, esta herramienta se encuentra limitada para proyectos enfocados a la administración de las actividades de mantenimiento de la empresa al no disponer de un modulo de mantenimiento ni desarrollar este tipo de actividades dentro del modulo de producción como ocurre en el software Openbravo ERP.

**Apache OfBiz [4].** Apache OfBiz es una de las herramientas de software libre más utilizadas por las pequeñas y medianas empresas de todo el mundo, ya que no sólo se distribuye de manera gratuita bajo los términos de la licencia Apache License Version 2.0, sino que además se trata de una completa solución empresarial, que brinda soluciones CRM y ERP.

Apache Open For Business, más conocido como Apache OfBiz, consiste en una herramienta de software libre que permite la automatización de las aplicaciones empresariales, integrando las herramientas para ofrecer una solución eficaz en los procesos comerciales.

La aplicación, desarrollada por la fundación Apache como un Apache Top Level Project, permite la administración de todos los procesos, desde órdenes de pedido, control de almacenes y stock, gestión contable y control de la relación con los clientes.

En cuanto al comercio electrónico, la herramienta brinda soluciones en cuanto a la administración de catálogos, gestión de promociones y precios, gestión de

contenidos, control de los puntos de venta, y una gran cantidad de prestaciones extras.

Para su funcionamiento, Apache OFBiz ha sido construida en base a tres capas perfectamente diferenciadas entre sí, las cuales se describen a continuación:

- **Capa de presentación:** Se refiere puntualmente a las páginas webs que se muestran en pantalla ante el cliente. Para esto permite utilizar Java Server Pages, páginas FTL construidas a partir del motor de plantillas de FreeMaker, Widgets para formularios y menús, entre otras.
- **Capa de aplicación:** En este segmento se encuentran los servicios que se le brindan al usuario, donde se manejan las transacciones, la seguridad y demás componentes del e-Commerce.
- **Capa de datos:** Este es el sector destinado al acceso de la información a la base de datos, donde se realiza el almacenamiento de la información, y adonde puede accederse para las consultas pertinentes sobre diferentes datos relacionados a las ventas de la empresa.

Al igual que las otras herramientas Openbravo ERP y OpenERP, Apache OfBiz trabaja con el sistema gestor de bases de datos PostgreSQL. Solo que esta herramienta está especializada en el comercio electrónico más que en las funcionalidades de una ERP.

**Paso 2. Búsqueda de herramientas CMMS.** En el campo de las herramientas de software libre y de código abierto son muy pocas las aplicaciones que tienen desarrolladas de forma completa las actividades de mantenimiento, por esta razón para la exploración se han incluido herramientas que no son catalogadas como FOSS, pero comprenden la mayoría de las tareas de mantenimiento, además de que poseen una licencia gratuita con ciertas limitaciones, a continuación se describen las herramientas encontradas CMMS asequibles:

- MIEMaintenance
- CWork
- CMMS Advantage
- Free CMMS
- Maintenance Assistant
- CalenEAM
- MicroMain

**MIE Maintenance [5].** MIE Maintenance es un sistema CMMS completo, que sirve para realizar programación de mantenimiento preventivo, gestión de activos y control de inventario que son aspectos comunes de las empresas industriales. El software realiza un seguimiento de mantenimiento preventivo, inspecciones, instrucciones paso a paso, listas de verificación, lista de los requeridos de materiales y otros detalles que son importantes para mantenimiento preventivo. MIE Mantenimiento está diseñado para ayudar a los trabajadores con el mantenimiento de los equipos llevando registros de seguimientos, detalles de los equipos, procedimientos a seguir, información sobre reparaciones, propiedades, contratos de servicios, piezas de repuesto, fechas de compra y vida útil prevista.

MIE Mantenimiento tiene una versión gratuita que puede ser utilizada como punto de partida para la implementación. Donde se pueden probar todas las funcionalidades y el software tiene una capacidad para 25 bienes.

Entre sus funcionalidades incluye:

- Mantenimiento Preventivo
- Ordenes de Trabajo
- Centros de Trabajo: equipos, lugares
- Multiusuario
- Datos de SQL Server
- Informes históricos y presentación de informes de activos fijos.
- MIE mantenimiento se ejecuta en el estándar del servidor SQL
- Seguimientos de equipos.

**CWorks[6].** CWorks, una empresa especializada en sistemas CMMS, es manejada en Malasia, Estados Unidos y Australia por un grupo de profesionales de mantenimiento y tecnología de la información, tiene más de 60 años de experiencia en mantenimiento y TI. Es una solución completa para la Gestión del Mantenimiento de Sistemas Computarizado (CMMS). Los usuarios pueden gestionar órdenes de trabajo, bienes, localizaciones y mantenimiento preventivo con facilidad y seguridad.

La gama de CWorks CMMS satisface las necesidades de eficacia y rentabilidad para ayudarle con el fácil manejo de quién, qué, donde, por qué, durante la grabación de cada tarea, activo y eficaz de los recursos de tiempo y presupuesto gestión.

Encontramos cuatro opciones de CWorks que van desde un amplio SQL CWorks con la jerarquía de activos diseñados para las operaciones de mantenimiento de varios sitios o Careworks que está completamente basado en web. Se describen a continuación:

- **CWorksSQL.** fue desarrollado para proporcionar un sistema más robusto y seguro con la capacidad para manejar grandes cantidades de datos. CWorks SQL utiliza una base de datos de Microsoft SQL Server. Ideal para su uso en múltiples sitios, CWorksSQL puede ser centralmente instalado y operado sobre Citrix o servidor de servicios de Terminal Server de Windows Server. CWorksSQL incluye la jerarquía de activos de los niveles 3. CWorksSQL es ahora totalmente desarrollado en Australia por CWorks Systems Pty Ltd.
- **CWorks Plus.** Diseñado para equipos pequeños de mantenimiento, se presenta muy bien pero extremadamente económico con una sola vez, usuario ilimitado sitio precios por. Capacidad para atender hasta a 2-5 usuarios en una red de área local. Utiliza la base de datos de Microsoft Access 200X.
- **CareWorks.** Basada en la web, servicio ASP para cualquier sitio. Sin costos iniciales de la red y el servidor. Utiliza las bases de datos MySQL y está disponible a través de la suscripción mensual económica.
- **CWorks Free.** Fáciles de usar es un software de gestión de mantenimiento, ideal para los sitios que deseen iniciar el seguimiento y registro de sus actividades de mantenimiento. Basado en Access, con pleno acceso a la base de datos.  
En nuestro caso solo será evaluada la versión CWorks Free por permitir su descarga gratuita.

Entre sus funcionalidades las cuatro versiones incluyen:

- Activos / Equipo Registro: realiza un seguimiento preciso de los activos y equipos de ciclo de vida, valor en libros, registros de la propiedad y el ciclo de mantenimiento.
- Orden de Trabajo: organiza un nuevo nivel de eficiencia y optimizar el uso de los escasos recursos que se consume en los activos y equipos de tareas de mantenimiento.
- Plan de Mantenimiento: aumenta el control mediante la automatización de la programación de mantenimiento para ayudar a la preservación de capital y reducir al mínimo el deterioro de activos.
- Materiales: gestión eficiente del inventario y distribución de herramientas y material fungible utilizado en tareas de mantenimiento.

**Maintenance Assistant [7].** El equipo de Maintenance Assistant tiene años de experiencia en ingeniería, manufactura industrial, administración de mantenimiento y programación. A diferencia de muchas compañías de software el

equipo de desarrollo Norteamericano tiene experiencia práctica en este campo. También trabajan con sistemas de administración de calidad incluyendo la norma ISO 9001:2000 que asegura que está diseñado para satisfacer las necesidades exigidas por sistemas QMS.

Maintenance Assistant es un sistema de gestión de mantenimiento computarizado, fácil de usar e intuitivo que hace uso de las tecnologías actuales de la web para ofrecer a los usuarios una solución de mantenimiento poderoso para impulsar su negocio. Puede ser completamente personalizado. Proporciona un control total sobre su inventario y activos de la empresa, a través de mantenimiento preventivo y programado de todos sus activos de negocio. Se puede organizar, mantener y seguir el mantenimiento de sus edificios, instalaciones, máquinas, equipos, herramientas, y controlar el inventario y el uso de piezas y accesorios a través de su ciclo de vida de mantenimiento. Los datos de CMMS se almacenarán de forma centralizada en una potente base de datos SQLite, disponible para el análisis de información completa.

Ha sido diseñado para satisfacer las expectativas generales de las PYME en cualquier industria. El equipo de Maintenance Assistant utiliza un modelo de desarrollo basado en la comunidad, garantizando que los conductores de los programas son en realidad los usuarios finales, este objetivo se logra por medio de un ciclo de vida de desarrollo continuo de mejora, utilizando la fuerza de entrada de todos los usuarios y de esta forma atender las necesidades directas de una amplia gama de las PYME en todo el mundo.

Entre sus funcionalidades incluye:

- Gestión de activos
- Programación y Mantenimiento Preventivo
- Ordenes de trabajo de mantenimiento
- Estándar SQL de base de datos
- Informe de activos
- Multiusuario y el acceso de usuario personalizada
- Puramente desarrollados con J2EE.
- Puede ser completamente personalizado.

**MICROMAIN[8].** Disponible como un sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS) o gestión de activos empresariales (EAM) del sistema, el software tiene las características que se necesitan para órdenes de trabajo, mantenimiento preventivo, gestión de activos, inventario, órdenes de compra e informes. Con MicroMain, puede utilizar los cientos de informes estándar incluidos con el software para rastrear las tendencias y tomar medidas para la mejora. También puede crear informes específicos, según sea necesario, a través de un

sencillo filtrado o personalización. Además también brinda la característica de ser fácil de aprender y fácil de usar.

A diferencia de otros proveedores, MicroMain es un software open source, dándole control de solución completa y flexibilidad. Al tener acceso al código fuente, de realizar las personalizaciones necesarias. Puede personalizar la funcionalidad central para satisfacer sus necesidades, modificar ciertas partes del programa o crear sus propios informes personalizados. MicroMain Gestión de Mantenimiento está diseñado para ayudarle a ahorrar pasos, trabajar inteligentemente y hacer más cosas en menos tiempo.

Entre sus funcionalidades incluye:

- órdenes de trabajo detallado
- manejo de equipo
- control de inventario
- Fácil de configurar las alertas
- Enviar por correo electrónico las órdenes de trabajo, impresoras o computadoras de mano
- El uso inalámbrico o el soporte para dispositivos móviles
- herramientas de seguimiento para que estén disponibles cuando los necesite
- Vinculación de sus datos de activos a los dibujos de instalación
- La evaluación de la condición de sus bienes y edificios
- Seguimiento del personal que se mueve dentro de sus instalaciones
- Catalogación de las necesidades de mantenimiento

**CMMS Advantage[9].** CMMS Advantage es una aplicación web que ayuda a gestionar el mantenimiento preventivo y correctivo de sus instalaciones o equipos. Esta gestión se lleva a cabo mediante:

- MP Mantenimiento programado
- OT Orden de trabajo

Ofrece variados informes de los resultados de la gestión del mantenimiento, apoyados con gráficos e información alfanumérica. Estos informes incluyen los llamados "Índices de clase mundial"

- MTBF, tiempo medio entre fallos
- MTTR, tiempo medio para la reparación
- DISP, índice de disponibilidad
- Gráficos comparativos de horas correctivo, parada, y preventivo
- OTs asignadas por usuario

Entre sus funcionalidades incluye:

- Inventario
- Mantenimiento programado
- Órdenes de trabajo
- Gestión de los pedidos de compra
- Indicadores de mantenimiento
- Gestión Equipos

**Free CMMS[10].** Free CMMS es una red basada Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado publicado bajo la licencia GPL. Es de uso libre y tiene la libertad para ser modificado. Es una aplicación web cuyo objetivo es ayudar en el mantenimiento de la planta, estableciendo las condiciones necesarias para la gestión de órdenes de trabajo, programación de mantenimiento, inventario de partes y el seguimiento de las órdenes trabajo.

Entre sus funcionalidades incluye:

- Gestión ordenes de trabajo
- Mantenimiento preventivo
- Equipos
- Inventario
- MySQL y PHP

**Paso 3. Búsqueda de herramientas SCADA.** Dentro de una amplia gama de herramientas SCADA libres y de código abierto, las más destacadas son:

Herramientas SCADA Open Source Disponibles:

- Lintouch
- FreeScada
- Likindoy
- Process View Browser

**Lintouch [11].** Lintouch es una herramienta SCADA de código abierto que permite diseñar interfaces de usuario para automatización de procesos. Lintouch se está desarrollando como un software de tipo Open Source con todo el código fuente, especificaciones y documentación a disposición del público. Se distribuye bajo la Licencia GNU GPL, que otorga a sus usuarios el derecho a modificar el software para satisfacer sus propias necesidades.

Lintouch se ejecuta en las más populares plataformas de hardware y software incluidos los sistemas integrados, tales como Motorola PowerPC e Intel con Linux o con Microsoft Windows. La portabilidad esta limitada por la disponibilidad de C / C++ y sus dos principales dependencias, la biblioteca Qt de Trolltech, y la biblioteca de Apache Software Foundation APR (Apache Portable Runtime). Qt es el bloque básico de construcción de KDE Desktop Environment y el APR da vida y soporte al servidor web Apache.

LINTOUCH se ha optimizado para dispositivos pequeños y embebidos. Utiliza poco de espacio en disco (Servidor  $\approx$  100Kb, RUNTIME  $\approx$  900Kb) y el consumo de memoria es mínima (32 MB de RAM es suficiente para ambas aplicaciones, el servidor y el RUNTIME).

LINTOUCH RUNTIME proporciona una rica interfaz gráfica de usuario con el proceso de recopilación de datos de más de un servidor LINTOUCH SERVER utilizando la comunicación basada en TCP / IP.

La arquitectura de LINTOUCH basada en plug-in le permite implementar nuevos protocolos de visualización de objetos y de comunicaciones industriales. Estos plugins de conexión y las bibliotecas de plantillas son cargados en LINTOUCH como archivos DLL (Dynamic Loadable Library) ficheros, de la misma manera se han instalado nuevos plugins en LINTOUCH como Adobe Photoshop, por ejemplo.

**FreeScada[11]** . El proyecto FREESCADA ha buscado desde sus inicios la creación de un sistema SCADA con código de fuente abierta (Open Source) con fines públicos y necesidades comerciales. Los criterios principales del proyecto son la sencillez para los usuarios finales, la arquitectura abierta y simple, la disponibilidad y la novedad de las tecnologías utilizadas.

El objetivo principal es la aplicación del sistema SCADA totalmente funcional, que en lo posible debe abarcar tantas etapas de producción y procesos de gestión como sea posible. A partir de la Interfaz Humano-Maquina de un proceso tecnológico, las capacidades de informes flexibles y la integración con otros sistemas CIM (Manufactura Integrada por Computador).

El lenguaje de programación principal de FreeScada es de C # y la plataforma .Net 3.0. Hasta el momento se han utilizado varias herramientas de .Net: WinForms (Controles GUI y gestión de ventanas), WPF y XAML (Gestión de interfaces de usuario y lenguajes de marcado) y OPC (Comunicación con otros dispositivos).

Existen dos módulos principales para interactuar con los usuarios, el DESIGNER y el RUNTIME.

DESIGNER es una herramienta utilizada para la creación de proyectos:

- Definición de los enlaces que poseen las fuentes de datos.
- Definición de alarmas con su respectiva reacción esperada por parte del usuario.
- Creación de esquemas visuales y plantillas de informes.
- Configuración del planificador de generación de informes.

RUNTIME es la herramienta que sirve para regular el trabajo con los proyectos:

- Recopilación y almacenamiento de datos en tiempo real.
- Generación de alarmas.
- Visualización de datos.
- La generación de informes.
- Envío de datos visuales (esquemas) a los clientes remotos a través del protocolo HTTP para acceder a la web.
- Envío de datos a clientes remotos por medio del protocolo OPC XMLDA.
- Existe también un conjunto de plug-ins de comunicación que proporcionan una capa de comunicación con otras aplicaciones (por ejemplo, OPC, MODBUS)

FREESCADA utiliza una "SQL-Database" para casi todas sus operaciones, entre ellas, para almacenar la configuración y para el mantenimiento de datos históricos observados durante el proceso de control. El software FREESCADA utiliza PostgreSQL como gestor de bases de datos.

**Visual [11].** Visual es un conjunto de programas empleados para controlar, operar y monitorear la maquinaria industrial a través la pantalla de un computador, ya sea utilizando un equipo local o en Intra/Internet. Visual provee funciones de comunicación con PLC's, creación y ejecución de pantallas HMI y operaciones de tipo cliente-servidor.

El programa principal de VISUAL escrito en C++ corre sobre un equipo local, por medio del cual adquiere las señales del PLC y / u otros aparatos de medición a través de conexiones serie o Ethernet.

Los dispositivos hardware PLC's que soporta el paquete software son:

Tabla 2.1. PLC's soportados por VISUAL

Manufacturer	Type	Connection	Protocol	Driver Module	State
Allen Bradley	SLC 5/03	RS 232	DF1 full duplex	allen_b.so	Read tested, write implemented
Allen Bradley	Micrologix	RS 232	DF1 full duplex	allen_b.so	Read and write tested.
Alstom/Cegelec	ALSPA 80-35	RS 485	SNPX	alspadrv.so	Not well tested
Beckhoff	BC9000/BK9000	Ethernet	Modbus/TCP	beckhoff.so	Not complete, digital input/outputs only
GE Fanuc	Series 90-30	RS 485	SNPX	alspadrv.so	Not well tested
matPLC An open source soft PLC		Ethernet	Modbus/TCP	modbus_sl.so	Tested
OMRON	CJ1M	RS 232	Host Link	omron.so	Under development
Siemens	S5 family	RS 232/TTY	AS511	s5_drv.so	Tested
Siemens	S7-200	RS 232	PPI	s7200ppi.so	Reads, writes & sometimes times out, but recovers
Siemens	S7-300/400	RS 232	MPI	s7mpi.so	Tested with MPI adapter versions: MPI-adapter 6ES7 972-0CA22-0XAC MPI/TS adapter 6ES7 972-0CA33-0XAC
Siemens	S7-300/400	Ethernet	MPI	s7IBHmpi.so	Tested with IBH-Netlink from: <a href="#">IBH</a>
WAGO	Series 750	Ethernet	Modbus/TCP	modbus_ma.so	Under Development

Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas software de control y/o supervisión de procesos industriales – SCADA.

**Likindoy [12].** Likindoy es un SCADA realizado con tecnologías libres, que acerca la automatización y el control de los sistemas industriales a los expertos en informática. Trabaja sobre el sistema operativo Linux, el lenguaje de programación es Python y su gestor de bases de datos es MySQL.

Likindoy es una iniciativa de la empresa pública Axaragua de Malaga España que lo utiliza como su sistema propio de gestión, está realizado íntegramente con tecnologías Open Source.

Likindoy es un programa diseñado para análisis industrial y sistemas de telecontrol. Su diseño modular para permite a otros programadores ampliar su funcionamiento con facilidad. Likindoy está dividido en varias etapas de funcionamiento aunque internamente se divide en tres módulos básicos:

- El módulo con las librerías que se usan de un modo compartido por el resto de los módulos.
- El módulo para la gestión de históricos (Likindoy-HTR)
- El módulo para la gestión de RTUs (Likindoy-RTU).

#### Likindoy-HTR

El módulo para la gestión de históricos dispone de 4 niveles de procesamiento de los datos.

- **Recolección de los datos:** El programa usa diferentes módulos para conseguir la información de fuentes externas. (FTP, SFTP, SOCKET, PROC, MODBUS, WEB, UDP).
- **Carga de los datos:** Recoge los datos descargados y los transfiere de modo homogéneo a una base de datos SQL (opcionalmente podría ser cualquier otro sistema de salida, incluso un programa que leyera los datos en código morse por el altavoz).
- **Generación de gráficas:** Usa la información almacenada en la base de datos para generar gráficas. El motor para dibujar los datos está bajo la librería RPY (librería Python para comunicación con el lenguaje estadístico R).
- **Envío de los datos:** Envía los gráficos generalmente por email, pero soporta también FTP, SFTP y SOCKET (los usuarios pueden diseñar nuevos módulos para enviar los datos mediante sus propios protocolos).

#### Likindoy-RTU.

Es el módulo de Likindoy que permite la recolección de datos directamente desde el hardware industrial, por ejemplo: PLCs Schneider Momentum o sistemas de adquisición de datos ADAM 5000 TCP, aunque el lenguaje de comunicaciones es MODBUS sobre TCP/IP y esto permite comunicarse casi con cualquier PLC industrial. Este módulo además de la adquisición de los datos actúa como un Telemando (hardware de Telecontrol), por lo que es posible descargarse de él los datos por FTP, SFTP o SOCKET. Likindoy-HTR generalmente solicita al

Telemando (que usa Likindoy-RTU) los datos que necesita, Likindoy-RTU permite entonces a Likindoy-HTR descargar esos datos y los borra cuando ha terminado para liberar memoria en la RTU. Además permite tomar decisiones y actuar sobre el Hardware gestionado.

### Likindoy-HMI

Es el módulo de Likindoy encargado de mostrar la información en tiempo real. Es un conjunto de funciones y comportamientos que habilitan a Likindoy para que pueda mostrar en tiempo real la información que está procesando.

En la práctica: Likindoy es usado 24/7 como sistema SCADA de la planta de Axaragua desde el año 2005, en la actualidad se procesan datos de más de 30 RTU's de distintas clases (incluyendo hardware de telecontrol, sistemas de adquisición de datos y servidores) y genera diariamente gráficas de todos los datos recogidos que son entregadas por emails a los operadores de las distintas estaciones.

**Process View Browser [24]** . Process View Browser es un software SCADA open Source desarrollado por Rainer Lehrig disponible bajo licencia GPL o comercial. Desde el punto de vista del usuario este se puede ver como un navegador Web. Pero en lugar de visualizar páginas HTML estáticas puede manejar contenido dinámico del SCADA. Process View Browser funciona bajo la arquitectura Cliente/Servidor, puede ser codificado en Python, Perl, PHP o Tcl.

Las principales características de PVBROWSER son:

- Arquitectura Cliente/Servidor.
  - Widgets de la librería QT
  - Widgets propios
  - Su funcionamiento es independiente a la plataforma
  - Gráficos SVG, XY y 3D
  - Acceso a la herramienta PVBUILDER.
  - Diseño con el Qt DESIGNER
- Soporte para C/C++, Python, Perl, PHP, Tcl
- Funcionalidad SSH-URLS
  - Conexión a buses de campo.
  - Conexión a PLC's

### **ETAPA 3. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS ERP, CMMS Y SCADA.**

La especificación del procedimiento a seguir para realizar una correcta selección de las herramientas Software Libre y de Código abierto, se encuentran descritos en el capítulo tres, se basa en el modelo de calidad establecido en la primera parte del estándar, ISO 9126-1, el cual clasifica la calidad del software como un conjunto estructurado de características y sub-características que permiten tomar la mejor decisión de acuerdo con las necesidades del proceso y las características de las herramientas FOSS existentes

Para realizar la evaluación de los sistemas ERP, CMMS y SCADA, se sigue la metodología propuesta en la tesis, Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervisión De Procesos Industriales – SCADA, donde se utiliza la norma ISO/IEC 9126 y la norma ISO/IEC 14598 [1]. La norma ISO/IEC permite evaluar la calidad del software desde diferentes criterios asociados con la adquisición, requerimientos, desarrollo, uso, evaluación, soporte, mantenimiento, aseguramiento de la calidad y auditoría de software. La norma ISO/IEC 14598 provee un marco de trabajo para evaluar la calidad de todos los tipos de productos software y establece requisitos para métodos de medición y evaluación de los mismos.

#### **Evaluación de los sistemas ERP por medio de la norma ISO/IEC 9126**

A continuación se sigue cada uno de los pasos establecidos en el capítulo tres siguiendo la metodología propuesta por la tesis mencionada.

##### **Paso 1. Establecer los requerimientos de evaluación.**

**Definir el propósito de la evaluación.** El propósito de realizar la evaluación de distintos paquetes software ERP, es seleccionar el software que mejor se adapte al caso de estudio, para realizar la administración de operaciones de mantenimiento del nivel 4, según el estándar ISA S95.03.

**Clasificar el software según el tipo y su estado de desarrollo.** Los paquetes software a evaluar son sistemas ERP y se clasifican en “a la medida” de acuerdo a la norma. Los sistemas ERP evaluados están en continuo desarrollo, debido a las mejoras continuas de los usuarios o los desarrolladores, perennemente se realizan mejoras en las versiones para cubrir mayor número de actividades de mantenimiento y de mejor manera. Por esta razón se evalúa el estado del desarrollo dentro de las métricas de evaluación que se describen mas adelante.

**Establecer los criterios de calidad.** Para establecer los criterios se utiliza el Modelo de calidad externa e interna y calidad en uso definido en la norma ISO-IEC

9126. Además se adicionan dos características propuestas de la metodología seguida para realizar la selección y evaluación [1].

Las características y sub- características con las que se va realizar la evaluación son:

- Funcionalidad
  - Disponibilidad funcional
  - Interoperabilidad
  - Seguridad
  
- Eficiencia
  - Utilización de recursos
  
- Conformidad de uso
  - Entendimiento
  - Aprendizaje
  - Atracción
  
- Portabilidad
  - Adaptabilidad
  - Facilidad de instalación
  - Coexistencia
  - Capacidad de migración
  
- Capacidad de mantenimiento
  - Capacidad de ser analizado
  - Capacidad de realizar cambios
  
- Accesibilidad económica
  - Costos de licencias.
  - Costos de escalabilidad.
  
- Accesibilidad técnica
  - Facilidad de implementación.
  - Soporte técnico
  
- Estado del software
  - Estado de desarrollo del software.

**Paso 2. Especificar la evaluación y Ponderación de las características de evaluación.** Identificados los criterios de evaluación, se seleccionan las métricas con el objetivo de ponderar las características de calidad del modelo utilizadas

para esta evaluación, en el formato ya establecido en el capítulo tres etapa tres. A continuación se listan las 18 métricas utilizadas para este proceso de evaluación para la selección de herramientas software ERP.

La tabla 2.2 se encarga de evaluar la sub- característica “Disponibilidad funcional” que pertenece o compone a la característica de calidad “Funcionalidad”, su evaluación consiste en determinar si el software posee las funciones definidas en los requerimientos para el caso de estudio etapa 1. Si el resultado se acerca a uno el ajuste es mayor o sea que si cumple con el requerimiento funcional.

Tabla 2.2. Métrica de funcionalidad – Disponibilidad funcional.

<b>CARACTERISTICA</b>	Funcionalidad.
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	Disponibilidad funcional.
<b>NOMBRE</b>	DISPONIBILIDAD DE FUNCIONES.
<b>PROPOSITO</b>	
Conocer si el software ERP posee las funciones requeridas para el caso de estudio.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Contar las funciones requeridas y verificar si el software ERP cuenta con ellas.	
<b>FORMULA</b>	$X_1 = A_1 / B_1$ $A_1$ : Funciones requeridas con las que cuenta el software ERP. $B_1$ : Funciones requeridas para el caso de estudio
<b>INTERPRETACION</b>	
$0 \leq X_1 \leq 1$ , la aplicación se ajusta mejor al requerimiento funcional.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario y características funcionales del software.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.3 se encarga de evaluar la sub-característica correspondiente a “Interoperabilidad” que compone la característica “Funcionalidad”, Su función es determinar si el software cumple con los requerimientos funcionales de comunicación para el caso de estudio.

Tabla 2.3. Métrica de funcionalidad – Interoperabilidad.

<b>CARACTERISTICA</b>	Funcionalidad.
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	Interoperabilidad.
<b>NOMBRE</b>	INTEROPERABILIDAD DEL SOFTWARE ERP
<b>PROPOSITO</b>	
Conocer si el software ERP puede interactuar o integrarse con distintos sistemas.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Verificar que el software ERP maneja el Estándar SQL para tener acceso a las bases de datos por medio de JDBC.	
<b>FORMULA</b>	$X_2 = A_2 * B_2$ $A_2$ : Estándar de acceso a las bases de datos disponible para el software ERP. $B_2$ : Estándar SQL requerido por el usuario.
<b>INTERPRETACION</b>	
$X_2 = 1$ , la aplicación se ajusta mejor al requerimiento.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario y características del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.4 se encarga de evaluar la sub- característica “*SEGURIDAD*”, que compone la característica “*Funcionalidad*” que se encarga de verificar si el software cumple con los requerimientos funcionales de seguridad o dicho de otra forma si posee funciones de protección de los datos al nivel de seguridad requerido por el caso de estudio.

Tabla 2.4. Métrica de funcionalidad – Seguridad.

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Funcionalidad.</i>
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Seguridad.</i>
<b>NOMBRE</b>	SEGURIDAD DEL SOFTWARE ERP.
<b>PROPOSITO</b>	
Conocer los medios de protección de los datos que tiene el software ERP.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar la capacidad de asegurar los datos de acuerdo a la cantidad de medios de protección que soporta el software ERP con respecto a las requeridas por el usuario.	
<b>FORMULA</b>	$X_3 = A_3 / B_3$ $A_3$ : Requerimientos de seguridad por parte del usuario soportadas por el software ERP. $B_3$ : Requerimientos de seguridad por parte del usuario del software ERP
<b>INTERPRETACION</b>	
$0 \leq X_3 \leq 1$ , la aplicación se ajusta mejor al requerimiento del usuario al acercarse a 1.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software ERP y proveedor del software.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.5 se encarga de evaluar la sub- característica “*UTILIZACION DE RECURSOS*”, que compone la característica “*Eficiencia*” describe la métrica que determina el consumo de recursos humanos y hardware por parte del paquete software ERP, ponderando esta utilización con base en una escala preestablecida.

Tabla 2.5 . Métrica de Eficiencia – Utilización de recursos.

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Eficiencia.</i>
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Utilización de recursos.</i>
<b>NOMBRE</b>	CONSUMO DE RECURSOS.
<b>PROPOSITO</b>	
Conocer la cantidad de recursos (humanos o hardware) que consume el software ERP bajo condiciones mínimas de funcionamiento.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar la cantidad de recursos mínimos que consume el paquete software ERP.	
<b>FORMULA</b>	$X_4 = (A_4 + B_4)/2$ $A_4$ : Ponderación de consumo de recursos humanos. $B_4$ : Ponderación de consumo de recursos hardware
<b>INTERPRETACION</b>	
Si $A_4$ o $B_4 = 1$ , el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es alto. Si $A_4$ o $B_4 = 2$ , el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es medio alto. Si $A_4$ o $B_4 = 3$ , el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es medio. Si $A_4$ o $B_4 = 4$ , el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es medio bajo. Si $A_4$ o $B_4 = 5$ , el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es bajo. Para $X_4$ la ponderación es la misma, pero totalizada para este criterio.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.6 se encarga de evaluar la sub- característica “*ENTENDIMIENTO*”, que compone la característica “*Conformidad*”, se encarga de ponderar la capacidad de entendimiento del software, a través de la valoración de la documentación adjunta al producto con base en una escala establecida en el formato.

Tabla 2.6. Métrica de Conformidad de uso – Entendimiento.

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Conformidad de uso.</i>
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Entendimiento.</i>
<b>NOMBRE</b>	Entendimiento.
<b>PROPOSITO</b>	
Medir la capacidad de los medios adjuntos al producto software para ayudar al usuario al entendimiento del mismo.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar las ayudas y la documentación con la que cuenta el software ERP para su entendimiento.	
<b>FORMULA</b>	$X_5 = A_5 / 5$ $A_5$ : Ponderación de los recursos con base en el entendimiento del software.
<b>INTERPRETACION</b>	
Si $A_5 = 1$ , La documentación del software ERP es insuficiente para el entendimiento del mismo por parte del usuario. Si $A_5 = 2$ , La documentación del software ERP es regular para el entendimiento del mismo por parte del usuario. Si $A_5 = 3$ , La documentación del software ERP es aceptable para el entendimiento del mismo por parte del usuario. Si $A_5 = 4$ , La documentación del software ERP es buena para el entendimiento del mismo por parte del usuario. Si $A_5 = 5$ , La documentación del software ERP es excelente para el entendimiento del mismo por parte del usuario. $0 \leq X_5 \leq 1$ , la aplicación ofrece una mejor documentación al usuario para el entendimiento del software ERP cuando $X_5$ se acerca a 1.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.7 se encarga de evaluar la sub- característica “*APRENDIZAJE*”, que compone la característica “*Conformidad de uso*” Por medio de la ponderación de la documentación, basada en una escala establecida, se pretende conocer la funcionalidad de las fuentes de ayuda para facilitar al usuario el aprendizaje de la utilización del paquete software.

Tabla 2.7. Métrica de Conformidad de uso – Aprendizaje

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Conformidad de uso.</i>
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Aprendizaje.</i>
<b>NOMBRE</b>	Capacidad de aprendizaje.
<b>PROPOSITO</b>	
Conocer la funcionalidad de la documentación del software para el aprendizaje del mismo.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar las ayudas y la documentación con la que cuenta el software ERP para su aprendizaje.	
<b>FORMULA</b>	$X_6 = A_6 / 5$ $A_6$ : Ponderación de recursos con base en el aprendizaje

<b>INTERPRETACION</b>	
Si $A_6 = 1$ , La documentación del software ERP es insuficiente para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario.	
Si $A_6 = 2$ , La documentación del software ERP es regular para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario.	
Si $A_6 = 3$ , La documentación del software ERP es aceptable para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario.	
Si $A_6 = 4$ , La documentación del software ERP es buena para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario.	
Si $A_6 = 5$ , La documentación del software ERP es excelente para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario.	
$0 \leq X_6 \leq 1$ , la aplicación ofrece una mejor documentación al usuario para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario cuando $X_6$ se acerca a 1.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.8 se encarga de evaluar la sub- característica “ATRACCION”, que compone la característica “Conformidad de uso”, se evalúa a través de la ponderación del nivel de atracción del diseño de la interfaz y los componentes gráficos del software ERP con base en una escala pre establecida definida en el mismo formato.

Tabla 2.8. Métrica de Conformidad de uso – Atracción.

<b>CARACTERISTICA</b>	Conformidad de uso.
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	Atracción.
<b>NOMBRE</b>	ATRACCIÓN GRÁFICA.
<b>PROPOSITO</b>	
Medir la atracción de la componente gráfica de la aplicación.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar el nivel de atracción hacia el usuario de la aplicación de acuerdo a una escala establecida.	
<b>FORMULA</b>	$X_7 = A_7 / 5$ $A_7$ : Nivel de atracción.
<b>INTERPRETACION</b>	
Si $A_7 = 1$ , El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software ERP es insuficiente para el usuario.	
Si $A_7 = 2$ , El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software ERP es regular para el usuario.	
Si $A_7 = 3$ , El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software ERP es aceptable para el usuario.	
Si $A_7 = 4$ , El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software ERP es bueno para el usuario.	
Si $A_7 = 5$ , El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software ERP es excelente para el usuario.	
$0 \leq X_7 \leq 1$ , la aplicación ERP posee un mayor nivel de atracción gráfica para el usuario cuando $X_7$ se acerca a 1.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.9 se encarga de evaluar la sub- característica “PORTABILIDAD”, que compone la característica “Adaptabilidad”, permite establecer la capacidad de que el software se ejecute en diferentes sistemas operativos, para satisfacer la necesidad del caso de estudio.

Tabla 2.9. Métrica de Portabilidad – Adaptabilidad.

<b>CARACTERISTICA</b>	Portabilidad.
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	Adaptabilidad.
<b>NOMBRE</b>	ADAPTABILIDAD SOFTWARE.
<b>PROPOSITO</b>	
Medir la capacidad de interacción software que tiene la aplicación ERP.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar la capacidad de interacción software de acuerdo a la cantidad de plataformas que soporta el software ERP con respecto a las requeridas por el usuario.	
<b>FORMULA</b>	$X_8 = A_8 / B_8$ $A_8$ : Plataformas requeridas por el usuario soportadas por el software ERP. $B_8$ : Plataformas en las cuales el usuario requiere soportar el software ERP.
<b>INTERPRETACION</b>	
$0 \leq X_8 \leq 1$ , la aplicación ERP se puede soportar sobre las plataformas requeridas por el usuario cuando $X_8$ se acerca a 1.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.10 se encarga de evaluar la sub-característica “FACILIDAD DE INSTALACIÓN”, que compone la característica “Portabilidad”, es una sub-característica que mediante una escala de calificación con sus respectivos significados establece el nivel de complejidad de la instalación del software.

Tabla 2.10. Métrica de Portabilidad – Facilidad de instalación.

<b>CARACTERISTICA</b>	Portabilidad.
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	Facilidad de instalación.
<b>NOMBRE</b>	FACILIDAD DE INSTALACIÓN.
<b>PROPOSITO</b>	
Evaluar la facilidad de instalación del paquete software en la plataforma seleccionada.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar la facilidad de instalación del software de acuerdo a una escala preestablecida.	
<b>FORMULA</b>	$X_9 = A_9 / 4$ $A_9$ : Nivel de facilidad de instalación del software ERP.
<b>INTERPRETACION</b>	
<p>Si <math>A_9 = 1</math>, El nivel de facilidad de instalación del software ERP es bajo (implica compilar cada paquete software para luego instalarlos).</p> <p>Si <math>A_9 = 2</math>, El nivel de facilidad de instalación del software ERP es medio (está compilado pero implica instalar cada paquete software).</p> <p>Si <math>A_9 = 3</math>, El nivel de facilidad de instalación del software ERP es bueno (posee instalador pero implica configuración de cada paquete software).</p> <p>Si <math>A_9 = 4</math>, El nivel de facilidad de instalación del software ERP es excelente (posee instalador que configura el software de manera automática).</p> <p><math>0 \leq X_9 \leq 1</math>, la aplicación ERP posee un mayor nivel de facilidad de instalación para el usuario cuando <math>X_9</math> se acerca a 1.</p>	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.11 se encarga de evaluar la sub-característica “COEXISTENCIA”, que compone la característica “Portabilidad”, capacidad que tiene el software ERP de ser ejecutado en un entorno donde se están ejecutando otros programas y comparte recursos.

Tabla 2.11. Métrica de Portabilidad – Coexistencia.

<b>CARACTERISTICA</b>	Portabilidad.
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	Coexistencia.
<b>NOMBRE</b>	COEXISTENCIA SOFTWARE
<b>PROPOSITO</b>	
Medir la capacidad de interacción con software de otro proveedor con otras funcionalidades.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar la capacidad de coexistencia del software ERP con los programas requeridos para el caso de estudio.	
<b>FORMULA</b>	$X_{10} = A_{10} / B_{10}$ A <sub>10</sub> : Cantidad de programas del caso de estudio con los que puede coexistir ERP. B <sub>10</sub> : cantidad de programas con los que debe coexistir el ERP.
<b>INTERPRETACION</b>	
0 ≤ X <sub>10</sub> ≤ 1, la aplicación ERP tiene mejor capacidad de interacción con los programas requeridos por el usuario, cuando X <sub>10</sub> se acerca a uno.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.12 se encarga de evaluar la sub-característica “CAPACIDAD DE MIGRACIÓN”, que compone la característica “Portabilidad”, es importante que el software ERP permita realizar migración de los datos en caso que sea necesario cambiar de herramienta o cambiar la versión del ERP.

Tabla 2.12. Métrica de Portabilidad – Capacidad de migración.

<b>CARACTERISTICA</b>	Portabilidad.
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	Capacidad de migración.
<b>NOMBRE</b>	CAPACIDAD DE MIGRACIÓN.
<b>PROPOSITO</b>	
Medir la capacidad de migración de datos y configuración a otra versión del mismo software o a otro paquete software de otro proveedor.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar la capacidad de migración del paquete software de acuerdo a una escala preestablecida.	
<b>FORMULA</b>	$X_{11} = A_{11} / 3$ A <sub>11</sub> : Nivel de capacidad de migración del software ERP.
<b>INTERPRETACION</b>	
Si A <sub>11</sub> = 1, El nivel de capacidad de migración del software ERP es bajo (no permite migrar los datos sin previa conversión de formato de archivos manualmente). Si A <sub>11</sub> = 2, El nivel de capacidad de migración del software ERP es medio (implica migrar manualmente todos los datos sin ninguna conversión de datos). Si A <sub>11</sub> = 3, El nivel de capacidad de migración del software ERP es bueno (permite migrar los datos mediante asistente de migración). 0 ≤ X <sub>11</sub> ≤ 1, la aplicación ERP posee un mayor nivel de facilidad de migración de datos cuando X <sub>11</sub> se acerca a 1.	

<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.13 se encarga de evaluar la sub-característica “CAPACIDAD DE SER ANALIZADO”, que compone la característica “*Capacidad de mantenimiento*”, en caso de presentarse una falla durante la implementación o la ejecución del software ERP, es útil que el programa cuente con funciones o características que permitan determinar la fuente o la causa del problema, por esto la métrica “*Diagnosis*”, se encarga de medir la capacidad del software para facilitar el diagnóstico de fallas.

Tabla 2.13. Métrica de Capacidad de mantenimiento – Capacidad de ser analizado.

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Capacidad de mantenimiento.</i>
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Capacidad de ser analizado.</i>
<b>NOMBRE</b>	DIAGNOSIS.
<b>PROPOSITO</b>	
Medir la capacidad del software para permitir un fácil diagnóstico de deficiencias o fallas.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar la capacidad de diagnóstico del paquete software de acuerdo a una escala preestablecida.	
<b>FORMULA</b>	$X_{12} = A_{12} / 3$ A <sub>12</sub> : Nivel de capacidad de diagnóstico del software ERP.
<b>INTERPRETACION</b>	
Si A <sub>12</sub> = 1, El nivel de capacidad de diagnóstico del software ERP es bajo (no permite diagnosticar problemas a menos que se haga una búsqueda de errores manualmente en caso de falla). Si A <sub>12</sub> = 2, El nivel de capacidad de diagnóstico del software ERP es medio (permite diagnosticar problemas mediante mantenimiento preventivo, no hace diagnóstico en RUNTIME). Si A <sub>12</sub> = 3, El nivel de capacidad de diagnóstico del software ERP es bueno (permite diagnosticar problemas en RUNTIME, mediante herramientas específicas). 0 ≤ X <sub>12</sub> ≤ 1, la aplicación ERP posee un mayor nivel de capacidad de mantenimiento, cuando X <sub>12</sub> se acerca a 1.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervisión De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.14 se encarga de evaluar la sub-característica “CAPACIDAD DE REALIZAR CAMBIOS”, que compone la característica “*Capacidad de mantenimiento*”, bajo ciertas condiciones es conveniente que el software permita realizar cambios en sus parámetros o funciones, con el objetivo de adaptarse de la mejor manera al caso de aplicación o de realizar reparaciones, se establece una ponderación que determina si el software es flexible en este aspecto.

Tabla 2.14. Métrica de Capacidad de mantenimiento – Capacidad de realizar cambios.

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Capacidad de mantenimiento.</i>
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Capacidad de realizar cambios.</i>
<b>NOMBRE</b>	CAMBIOS EN EL SOFTWARE
<b>PROPOSITO</b>	
Conocer la capacidad de realizar cambios en el software con el fin de ajustar la funcionalidad al sistema.	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar la capacidad de realizar cambios en el paquete software ERP de acuerdo a una escala preestablecida.	
<b>FORMULA</b>	$X_{13} = A_{13} / 3$ A <sub>13</sub> : Nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software ERP.
<b>INTERPRETACION</b>	
Si A <sub>13</sub> = 1, El nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software ERP es bajo (no permite realizar cambios de ningún tipo). Si A <sub>13</sub> = 2, El nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software ERP es medio (permite realizar cambios en determinadas aplicaciones). Si A <sub>13</sub> = 3, El nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software ERP es bueno (permite realizar cambios en la aplicación, porque se tiene acceso a la fuente del sistema ERP). $0 \leq X_{13} \leq 1$ , la aplicación ERP posee un mayor nivel de capacidad de realizar cambios, cuando X <sub>13</sub> se acerca a 1.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Requerimiento de usuario, características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La tabla 2.15 se encarga de evaluar la sub-característica “COSTO DE LICENCIA”, que compone la característica “*Accesibilidad económica.*”, que fue definida por Juan Manuel Segura, esta característica permite ponderar el costo de la licencia de utilización del producto software que para el caso de estudio debe ser gratuita, por eso la importancia de esta carecteristica.

Tabla 2.15 . Métrica de Accesibilidad económica – Costos de licencias.

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Accesibilidad económica.</i>
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Costos de licencias.</i>
<b>NOMBRE</b>	LICENCIAS.
<b>PROPOSITO</b>	
Conocer que tan costosa es la licencia de utilización del software	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar el costo de licencia del paquete software de acuerdo a una escala preestablecida.	
<b>FORMULA</b>	$X_{14} = A_{14} / 6$ A <sub>14</sub> : Ponderación del costo de la licencia de utilización del software ERP.
<b>INTERPRETACION</b>	
Si A <sub>14</sub> = 1, El costo de la licencia de utilización del software ERP es alto. Si A <sub>14</sub> = 2, El costo de la licencia de utilización del software ERP es medio alto. Si A <sub>14</sub> = 3, El costo de la licencia de utilización del software ERP es medio. Si A <sub>14</sub> = 4, El costo de la licencia de utilización del software ERP es medio bajo. Si A <sub>14</sub> = 5, El costo de la licencia de utilización del software ERP es bajo. Si A <sub>14</sub> = 6, El costo de la licencia de utilización del software ERP es nulo. $0 \leq X_{14} \leq 1$ , El costo de la licencia de utilización del software ERP es mas conveniente cuando X <sub>14</sub> se acerca a uno.	

<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La sub-característica “Costos de escalabilidad”, tabla 2.16, complementa la evaluación de la característica “Accesibilidad económica” realizada con la métrica anterior, porque la ampliación de un sistema puede representar costos implicados con el software, en el caso específico de los sistemas ERP es posible que sea necesaria la adquisición de módulos que puedan hacer falta para la gestión de mantenimiento.

Tabla 2.16. Métrica de Accesibilidad económica – Costos de escalabilidad.

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Accesibilidad económica.</i>	
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Costos de escalabilidad.</i>	
<b>NOMBRE</b>	COSTOS DE ESCALABILIDAD.	
<b>PROPOSITO</b>		
Conocer que tan costosa es la licencia de utilización del software cuando se requiere una ampliación del sistema.		
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>		
Ponderar el costo de licencia del paquete software de acuerdo a una escala preestablecida, cuando se requiere una ampliación del sistema.		
<b>FORMULA</b>	$X_{15} = A_{15} / 6$ $A_{15}$ : Ponderación de los costos de licencia cuando se requiere una ampliación del software ERP.	
<b>INTERPRETACION</b>		
Si $A_{15} = 1$ , El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es alto. Si $A_{15} = 2$ , El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio alto Si $A_{15} = 3$ , El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio Si $A_{15} = 4$ , El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio bajo Si $A_{15} = 5$ , El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es bajo. Si $A_{15} = 6$ , El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es nulo $0 \leq X_{15} \leq 1$ , El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema es mas conveniente cuando $X_{15}$ se acerca a uno.		
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.	
<b>FUENTE DE MEDICION</b>		
Características del software ERP y proveedor del software ERP.		

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

Otra característica que fue definida por Juan Manuel Segura fue la “Accesibilidad técnica” y por medio de la evaluación de la sub-característica “Facilidad de

implementación”, tabla 2.17, se puede realizar la ponderación de la necesidad de mano de obra para la instalación del software o incluso la instalación o reconfiguración de hardware, software o cableado ya instalado.

Tabla 2.17. Métrica de Accesibilidad técnica – Facilidad de implementación.

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Accesibilidad técnica.</i>
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Facilidad de implementación.</i>
<b>NOMBRE</b>	IMPLEMENTACIÓN
<b>PROPOSITO</b>	
Conocer que tan fácil es la implementación del software en la planta (incluye los requerimientos de mano de obra, hardware, software adicional, cableado).	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar la facilidad de implementación del software en la planta de acuerdo a una escala preestablecida.	
<b>FORMULA</b>	$X_{16} = A_{16} / 5$ A <sub>16</sub> : Ponderación de la facilidad de la implementación del software ERP en la planta.
<b>INTERPRETACION</b>	
Si A <sub>16</sub> = 1, La facilidad de implementación del software ERP, es alto. Si A <sub>16</sub> = 2, La facilidad de implementación del software ERP, es medio alto Si A <sub>16</sub> = 3, La facilidad de implementación del software ERP, es medio Si A <sub>16</sub> = 4, La facilidad de implementación del software ERP, es medio bajo Si A <sub>16</sub> = 5, La facilidad de implementación del software ERP, es bajo 0 ≤ X <sub>16</sub> ≤ 1, La facilidad de implementación del software ERP, es mas conveniente cuando X <sub>16</sub> se acerca a uno.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

Esta sub-característica, tabla 2.18, pondera la ayuda o el soporte que proporciona el proveedor del producto en el momento de la implementación y durante el uso del mismo, en el caso que sea software libre se mide la posibilidad de interacción o ayuda que prestan los desarrolladores del producto en sus foros o consultas directas.

Tabla 2.18. Métrica de Accesibilidad técnica – Soporte técnico del proveedor.

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Accesibilidad técnica.</i>
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Soporte técnico del proveedor.</i>
<b>NOMBRE</b>	SOPORTE
<b>PROPOSITO</b>	
Conocer el nivel de soporte técnico que ofrece el proveedor del software ERP (el análisis para la ponderación incluye el tiempo cubierto después de la compra y el costo que puede representar la asistencia técnica).	
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	
Ponderar el nivel de soporte técnico que ofrece el proveedor del software ERP de acuerdo a una escala preestablecida.	
<b>FORMULA</b>	$X_{17} = A_{17} / 5$ A <sub>17</sub> : Ponderación del soporte técnico del software ERP en la planta.
<b>INTERPRETACION</b>	
Si A <sub>17</sub> = 1, El soporte técnico del software ERP, es insuficiente. Si A <sub>17</sub> = 2, El soporte técnico del software ERP, es regular. Si A <sub>17</sub> = 3, El soporte técnico del software ERP, es aceptable. Si A <sub>17</sub> = 4, El soporte técnico del software ERP, es bueno. Si A <sub>17</sub> = 5, El soporte técnico del software ERP, es excelente. 0 ≤ X <sub>17</sub> ≤ 1, El soporte técnico del software ERP, es más conveniente para el usuario, cuando X <sub>17</sub> se acerca a uno.	
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.
<b>FUENTE DE MEDICION</b>	
Características del software ERP y proveedor del software ERP.	

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

De acuerdo a lo especificado en este documento se debe definir el estado de desarrollo del software durante la evaluación del mismo, para ello se creó en este trabajo esta métrica, tabla 2.19, que asigna un valor dentro de una escala preestablecida al estado de desarrollo del software.

Tabla 2.19. Métrica de Estado del software – Estado de desarrollo del software.

<b>CARACTERISTICA</b>	<i>Estado del software.</i>	
<b>SUB-CARACTERISTICA</b>	<i>Estado de desarrollo del software.</i>	
<b>NOMBRE</b>	ESTADO DEL SOFTWARE.	
<b>PROPOSITO</b>		
Medir el nivel de desarrollo de los paquetes software.		
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>		
Ponderar el nivel de desarrollo de los paquetes software.		
<b>FORMULA</b>	$X_{18} = A_{18} / 3$	A <sub>18</sub> : Nivel de desarrollo.
<b>INTERPRETACION</b>		
Si A <sub>18</sub> = 1, El software está en su primera versión o en desarrollo, el nivel de desarrollo es insuficiente. Si A <sub>18</sub> = 2, El software ha tenido revisiones y versiones, nivel de desarrollo es bueno. Si A <sub>18</sub> = 3, El software está en una versión superior y tiene suficiente tiempo de desarrollo, el nivel de desarrollo es excelente. $0 \leq X_{18} \leq 1$ , la aplicación posee un mejor nivel de desarrollo, cuando X <sub>18</sub> se acerca a 1.		
<b>TIPO DE ESCALA</b>	Absoluta.	
<b>FUENTE DE MEDICION</b>		
Características del software y proveedor del software ERP.		

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

**Paso 3. Ponderación de las características de evaluación.** Para realizar la evaluación, como lo especifica la norma, el(los) encargado(s) de la evaluación debe(n) ponderar o asignar un valor porcentual a cada sub característica de calidad, la suma de esta ponderación debe ser 100% que se entiende como el mayor ajuste al requerimiento.

Las características del modelo de calidad, factibles de evaluar (que tienen por lo menos una sub característica evaluable) son:

Como valor mínimo se utiliza 1 debido a que es el módulo de la multiplicación. De acuerdo a los requerimientos se establece la ponderación presente en la tabla 2.20.

Tabla 2.20. Ponderación de las características de evaluación - caso de estudio

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>SUBCARACTERISTICA</b>	<b>PONDERACIÓN (%)</b>
Funcionalidad	Disponibilidad funcional	12
	Interoperabilidad	6
	Seguridad	4

Eficiencia	Utilización de recursos	5.5
Conformidad de uso	Entendimiento	4
	Aprendizaje	4.5
	Atracción	4.5
Portabilidad	Adaptabilidad del software	4
	Facilidad de instalación	4
	Coexistencia	10
	Capacidad de migración	7.5
Capacidad de mantenimiento	Capacidad de ser analizado	4
	Capacidad de realizar cambios	5
Accesibilidad económica	Costos de licencias	9
	Costos de escalabilidad	6.5
Accesibilidad técnica	Facilidad de implementación	3.5
	Soporte técnico	2.5
Estado del software	Estado de desarrollo del software	3.5
<b>AJUSTE TOTAL</b>		<b>100</b>

**Fuente: Criterios de evaluación para la selección de herramientas Software De Control Y/O Supervision De Procesos Industriales – SCADA**

La ponderación mas alta como se muestra en la grafica anterior se le a asignado a las sub-categorías, disponibilidad de la funcionalidad, costos de licencias, y coexistencia por ser los requerimientos que deben tener una mayor prioridad para el caso de estudio. La sub-categoría disponibilidad de funcionalidad tiene el valor porcentual mas alto por lo tanto la prioridad es la mas importante a cumplir para el caso de estudio, esto se debe a que el software debe permitir realizar la gestión de mantenimiento cumpliendo con el mayor numero de actividades de mantenimiento para el nivel 4. La sub-categoría costo de licencia tiene el segundo valor porcentual mas alto, debido a que para el caso de estudio se pueden asumir costos bajos de licencias. También se encuentra entre las categorías con mayor categoría coexistencia porque se debe garantizar que las herramienta pueda coexistir con una herramienta CMMS y SCADA.

En el nivel medio de prioridad se encuentran las sub-categorías capacidad de migración, costos de escalabilidad y interoperabilidad. La sub categoria capacidad de migración tiene un nivel medio de prioridad porque al requerir cambiar el software a una nueva versión o a otro software, los datos deben ser migrados sin ninguna complicación ni alteración. La sub-categoría costos de escalabilidad permite una expansión del mismo para posteriores integraciones verticales y

horizontales de requerirse. La sub-categoría interoperabilidad facilita el intercambio de información con el CMMS y SCADA.

Por último se tiene las prioridades de nivel mas bajo que también deben ser tenidas en cuenta como son las sub-categorías seguridad, utilización de recursos, entendimiento, aprendizaje, atracción, adaptabilidad del software facilidad de instalación, capacidad de ser analizado, capacidad de realizar cambios, facilidad de implementación, soporte técnico, estado de desarrollo del software.

Luego de realizar el análisis de las prioridades para el caso de estudio, se procede a ejecutar la herramienta de evaluación desarrollada para realizar el proceso de evaluación de las métricas para los paquetes software, comenzando por la asignación de “pesos” mencionada anteriormente.

**Paso 4. Ejecución la evaluación.** Para evaluar las herramientas ERP encontrados en la etapa 2, se hicieron las tablas en Excel para tener resultados confiables y facilitar la evaluación.

Primero se insertan las ponderaciones para cada sub-características y se realiza la suma. Luego de tener los datos de la ponderación almacenados en la herramienta se procede a realizar la evaluación de cada una de las métricas para los ERP, asignando valores a las variables de cada una de acuerdo a los requerimientos.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Funcionalidad para los 4 paquetes software.

Tabla 2.21. Herramienta de evaluación - Métricas de funcionalidad

MÉTRICAS DE FUNCIONALIDAD	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4
<p>Criterio: DISPONIBILIDAD FUNCIONAL</p> <p>Nombre: Disponibilidad de funciones</p> <p>Metodo:</p> <p>contar las funiones requeridas para el caso de estudio y verificar si el software ERP cuenta con ellas.</p> <p>Interpretacion:</p> <p><math>0 \leq X1 \leq 1</math>, la aplicación se ajusta mejor al requerimiento funcional.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A1 : Funciones requeridas por el usuario con las que cuenta el software ERP	6	0	0	0
B1 : Funciones requeridas para el caso de estudio	6	6	6	6
FORMULA: $X1 = A1 / B1$	1	0	0	0
<p>Criterio: INTEROPERABILIDAD</p> <p>Nombre: Interoperabilidad del software ERP</p> <p>Metodo:</p> <p>Verificar que el software ERP maneja el Estándar SQL</p> <p>Interpretacion:</p> <p><math>0 \leq X2 \leq 1</math>, la aplicación se ajusta mejor al requerimiento funcional.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A2 : Estándar de acceso a las bases de datos disponible para el software ERP.	1	1	1	1
B2 : Estándar SQL requerido por el usuario.	1	1	1	1
FORMULA: $X2 = A2 / B2$	1	1	1	1

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Eficiencia para los 4 paquetes software.

Tabla 2.22.Herramienta de evaluación - Métricas de Eficiencia

MÉTRICAS DE EFICIENCIA	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4
<p>Criterio: UTILIZACION DE RECURSOS</p> <p>Nombre: Consumo de recursos.</p> <p>Metodo:</p> <p>Ponderar la capacidad de recursos minimos que consume la herramienta ERP</p> <p>Interpretacion:</p> <p>Si A4 o B4 = 1, el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es alto.</p> <p>Si A4 o B4 = 2, el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es medio alto.</p> <p>Si A4 o B4 = 3, el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es medio.</p> <p>Si A4 o B4 = 4, el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es medio bajo.</p> <p>Si A4 o B4 = 5, el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es bajo.</p> <p>Para X4 la ponderación es la misma, pero totalizada para este criterio.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A4 : Ponderación de consumo de recursos humanos.	5	5	4	5
B4 : Ponderación de consumo de recursos hardware	4	4	4	4
FORMULA: $X4 = (A4 + B4) / 2$	4,5	4,5	4	4,5

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Conformidad de uso para los 4 paquetes software.

Tabla 2.23.Herramienta de evaluación - Métricas de Conformidad de uso

<p>Criterio: APRENDIZAJE                      Nombre: Aprendizaje.                      Metodo:                      Ponderar las ayudas y la documentación con la que cuenta el software ERP para su aprendizaje                      Interpretación:                      Si A6 = 1, La documentación del software ERP es insuficiente para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario.                      Si A6 = 2, La documentación del software ERP es regular para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario.                      Si A6 = 3, La documentación del software ERP es aceptable para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario.                      Si A6 = 4, La documentación del software ERP es buena para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario.                      Si A6 = 5, La documentación del software ERP es excelente para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario.  <math>0 \leq X6 \leq 1</math>, la aplicación ofrece una mejor documentación al usuario para el aprendizaje del manejo del software ERP por parte del usuario cuando <math>X6</math></p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A6 : Ponderación de los recursos con base en el aprendizaje del software	4	3	1	3
FORMULA: $X6 = A6 / 5$	0,8	0,6	0,2	0,6
<p>Criterio: ATRACCION                      Nombre: Atraccion grafica.                      Metodo:                      Ponderar el nivel de atracción hacia el usuario de la aplicación de acuerdo a una escala establecida                      Interpretación:                      Si A7 = 1, El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software ERP es insuficiente para el usuario.                      Si A7 = 2, El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software ERP es regular para el usuario.                      Si A7 = 3, El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software ERP es aceptable para el usuario.                      Si A7 = 4, El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software ERP es bueno para el usuario.                      Si A7 = 5, El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software ERP es excelente para el usuario.  <math>0 \leq X7 \leq 1</math>, la aplicación ERP posee un mayor nivel de atracción gráfica para el usuario cuando <math>X7</math> se acerca a 1.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A7 : Nivel de atracción.	4	3	3	3
FORMULA: $X7 = A7 / 5$	0,8	0,6	0,6	0,6

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Portabilidad para los 4 paquetes software.

Tabla 2.24 .Herramienta de evaluación - Métricas de Portabilidad

METRICAS DE PORTABILIDAD	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4
<p>Criterio: FACILIDAD DE INSTALACIÓN.                      Nombre: Facilidad de instalación.                      Metodo:                      Ponderar la facilidad de instalación del software de acuerdo a una escala preestablecida.                      Interpretación:                      Si A9 = 1, El nivel de facilidad de instalación del software ERP es bajo (implica compilar cada paquete software para luego instalarlos).                      Si A9 = 2, El nivel de facilidad de instalación del software ERP es medio (está compilado pero implica instalar cada paquete software).                      Si A9 = 3, El nivel de facilidad de instalación del software ERP es bueno (posee instalador pero implica configuración de cada paquete software).                      Si A9 = 4, El nivel de facilidad de instalación del software ERP es excelente (posee instalador que configura el software de manera automática).  <math>0 \leq X9 \leq 1</math>, la aplicación ERP posee un mayor nivel de facilidad de instalación para el usuario cuando <math>X9</math> se acerca a 1.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A9 : Nivel de facilidad de instalación del software ERP.	2	2	1	3
FORMULA: $X9 = A9 / 4$	0,5	0,5	0,25	0,75

<p>Criterio: COEXISTENCIA</p> <p>Nombre: Coexistencia del software</p> <p>Metodo:</p> <p>Ponderar la capacidad de interacción software de acuerdo a la cantidad de programas requeridos por el usuario para interactuar con el software ERP.</p> <p>Interpretación:</p> <p><math>0 \leq X10 \leq 1</math>, la aplicación ERP tiene mejor capacidad de interacción con los programas requeridos por el usuario, cuando X10 se acerca a uno.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A10: Cantidad de programas para interacción con el software ERP requeridos por el usuario que son soportados..	0,3	0,3	0,2	0,3
B10: Cantidad de programas con los cuales debe interactuar el software ERP de acuerdo al requerimiento del usuario.	2	2	2	2
FORMULA: $X10 = A10 / B10$	0,15	0,15	0,1	0,15
<p>Criterio: CAPACIDAD DE MIGRACIÓN</p> <p>Nombre: Capacidad de migración.</p> <p>Metodo:</p> <p>Medir la capacidad de migración de datos y configuración a otra versión del mismo software o a otro paquete software de otro proveedor</p> <p>Interpretación:</p> <p>Si A11 = 1, El nivel de capacidad de migración del software ERP es bajo (no permite migrar los datos sin previa conversión de formato de archivos manualmente).</p> <p>Si A11 = 2, El nivel de capacidad de migración del software ERP es medio (implica migrar manualmente todos los datos sin ninguna conversión de datos).</p> <p>Si A11 = 3, El nivel de capacidad de migración del software ERP es bueno (permite migrar los datos mediante asistente de migración).</p> <p><math>0 \leq X11 \leq 1</math>, la aplicación ERP posee un mayor nivel de facilidad de migración de datos cuando X11 se acerca a 1.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A11: Nivel de capacidad de migración del software ERP.	3	3	2	3
FORMULA: $X11 = A11 / 3$	1	1	0,666666667	1

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Capacidad de mantenimiento para los 4 paquetes software.

Tabla 2.25. Herramienta de evaluación - Métricas de Capacidad de mantenimiento

METRICAS DE CAPACIDAD DE MANTENIMIENTO	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4
<p>Criterio: CAPACIDAD DE SER ANALIZADO</p> <p>Nombre: Diagnósis.</p> <p>Metodo:</p> <p>Medir la capacidad de migración de datos y configuración a otra versión del mismo software o a otro paquete software de otro proveedor</p> <p>Interpretación:</p> <p>Si A12 = 1, El nivel de capacidad de diagnóstico del software ERP es bajo (no permite diagnosticar problemas a menos que se haga una búsqueda de errores manualmente en caso de falla).</p> <p>Si A12 = 2, El nivel de capacidad de diagnóstico del software ERP es medio (permite diagnosticar problemas mediante mantenimiento preventivo, no hace diagnóstico en RUNTIME).</p> <p>Si A12 = 3, El nivel de capacidad de diagnóstico del software ERP es bueno (permite diagnosticar problemas en RUNTIME, mediante herramientas específicas).</p> <p><math>0 \leq X12 \leq 1</math>, la aplicación ERP posee un mayor nivel de capacidad de mantenimiento, cuando X12 se acerca a 1.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A12: Nivel de capacidad de diagnóstico del software ERP				
FORMULA: $X12 = A12 / 3$	0	0	0	0

<p> <b>Criterio: CAPACIDAD DE REALIZAR CAMBIOS</b>  <b>Nombre: Cambios en el software</b>  <b>Metodo:</b>  Ponderar la capacidad de realizar cambios en el paquete software ERP de acuerdo a una escala preestablecida.  <b>Interpretacion:</b>  Si A13 = 1, El nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software ERP es bajo (no permite realizar cambios de ningún tipo).  Si A13 = 2, El nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software ERP es medio (permite realizar cambios en determinadas aplicaciones).  Si A13 = 3, El nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software ERP es bueno (permite realizar cambios en la aplicación, porque se tiene acceso a la fuente del sistema ERP).  <math>0 \leq X13 \leq 1</math>, la aplicación ERP posee un mayor nivel de capacidad de realizar cambios, cuando X13 se acerca a 1. </p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A13: Nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software ERP.	3	2	3	2
FORMULA: $X13 = A13 / 3$	1	0,666666667	1	0,666666667

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Accesibilidad económica de mantenimiento para los 4 paquetes software.

**Tabla 2.26 . Herramienta de evaluación - Métricas de Accesibilidad económica**

MÉTRICAS DE ACCESIBILIDAD ECONOMICA	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4
<p> <b>Criterio: COSTOS DE LICENCIAS</b>  <b>Nombre: Licencias</b>  <b>Metodo:</b>  Ponderar el costo de licencia del paquete software de acuerdo a una escala preestablecida, cuando se requiere una ampliación del sistema.  <b>Interpretacion:</b>  Si A14 = 1, El costo de la licencia de utilización del software ERP es alto.  Si A14 = 2, El costo de la licencia de utilización del software ERP es medio alto.  Si A14 = 3, El costo de la licencia de utilización del software ERP es medio.  Si A14 = 4, El costo de la licencia de utilización del software ERP es medio bajo.  Si A14 = 5, El costo de la licencia de utilización del software ERP es bajo.  Si A14 = 6, El costo de la licencia de utilización del software ERP es nulo.  <math>0 \leq X14 \leq 1</math>, El costo de la licencia de utilización del software ERP es mas conveniente cuando X14 se acerca a uno. </p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A14: Ponderación del costo de la licencia de utilización del software ERP.	6	3	6	3
FORMULA: $X14 = A14 / 6$	1	0,5	1	0,5

<p>Criterio: COSTOS DE ESCALABILIDAD.</p> <p>Nombre: Costos de escalabilidad.</p> <p>Metodo: Ponderar el costo de licencia del paquete software de acuerdo a una escala preestablecida, cuando se requiere una ampliación del sistema.</p> <p>Interpretacion: Si A15 = 1, El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es alto. Si A15 = 2, El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio alto Si A15 = 3, El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio Si A15 = 4, El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio bajo Si A15 = 5, El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es bajo. Si A15 = 6, El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema, es nulo <math>0 \leq X15 \leq 1</math>, El costo de la licencia de utilización del software ERP, cuando se requiere una ampliación del sistema es mas conveniente cuando X15 se acerca a uno.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A15: Ponderación de los costos de licencia cuando se requiere una ampliación del software ERP.	3	3	4	3
FORMULA: $X15 = A15 / 6$	0,5	0,5	0,666666667	0,5

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Accesibilidad técnica para los 4 paquetes software.

Tabla 2.27. Herramienta de evaluación - Métricas de Accesibilidad técnica

METRICAS DE ACCESIBILIDAD TECNICA	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4
<p>Criterio:FACILIDAD DE IMPLEMENTACION.</p> <p>Nombre: Implementacion.</p> <p>Metodo: Ponderar la facilidad de implementación del software en la planta de acuerdo a una escala preestablecida..</p> <p>Interpretacion: Si A16 = 1, La facilidad de implementación del software ERP, es alto. Si A16 = 2, La facilidad de implementación del software ERP, es medio alto Si A16 = 3, La facilidad de implementación del software ERP, es medio Si A16 = 4, La facilidad de implementación del software ERP, es medio bajo Si A16 = 5, La facilidad de implementación del software ERP, es bajo <math>0 \leq X16 \leq 1</math>, La facilidad de implementación del software ERP, es mas conveniente cuando X16 se acerca a uno.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A16: Ponderación de la facilidad de la implementación del software ERP en la planta.	5	5	5	5
FORMULA: $X16 = A16 / 5$	1	1	1	1

<p>Criterio: SOPORTE TECNICO DEL PROVEEDOR</p> <p>Nombre: Soporte</p> <p>Metodo:</p> <p>Ponderar el nivel de soporte técnico que ofrece el proveedor del software ERP de acuerdo a una escala preestablecida.</p> <p>Interpretacion:</p> <p>Si A17 = 1, El soporte técnico del software ERP, es insuficiente.</p> <p>Si A17 = 2, El soporte técnico del software ERP, es regular.</p> <p>Si A17 = 3, El soporte técnico del software ERP, es aceptable.</p> <p>Si A17 = 4, El soporte técnico del software ERP, es bueno.</p> <p>Si A17 = 5, El soporte técnico del software ERP, es excelente.</p> <p><math>0 \leq X17 \leq 1</math>, El soporte técnico del software ERP, es más conveniente para el usuario, cuando X17 se acerca a uno.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A17: Ponderación del soporte técnico del software ERP en la planta.	4	4	1	4
FORMULA: $X17 = A17 / 5$	0,8	0,8	0,2	0,8

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características Estado de desarrollo para los 4 paquetes software.

Tabla 2.28. Herramienta de evaluación - Métricas Estado de desarrollo

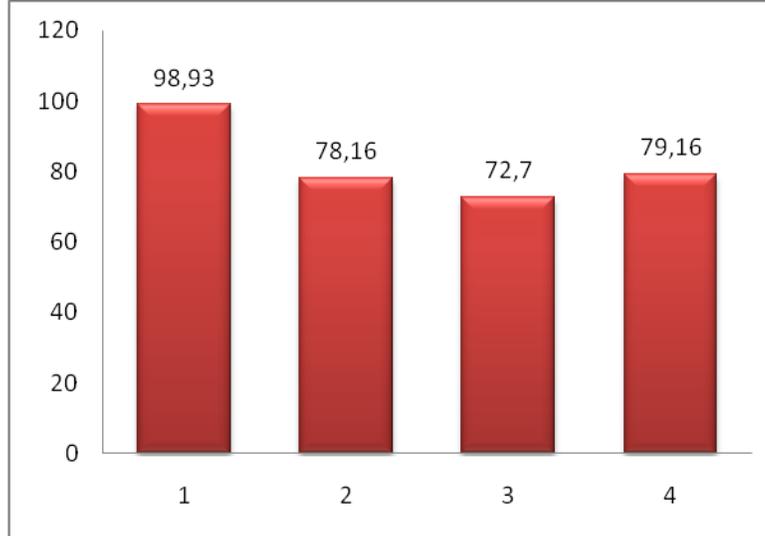
METRICAS DE ESTADO DE DESARROLLO	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4
<p>Criterio: ESTADO DE DESARROLLO DEL SOFTWARE</p> <p>Nombre: Estado del arte</p> <p>Metodo:</p> <p>Ponderar el nivel de desarrollo de los paquetes software.</p> <p>Interpretacion:</p> <p>Si A18 = 1, El software está en su primera versión o en desarrollo, el nivel de desarrollo es insuficiente.</p> <p>Si A18 = 2, El software ha tenido revisiones y versiones, nivel de desarrollo es bueno.</p> <p>Si A18 = 3, El software está en una versión superior y tiene suficiente tiempo de desarrollo, el nivel de desarrollo es excelente.</p> <p><math>0 \leq X18 \leq 1</math>, la aplicación posee un mejor nivel de desarrollo, cuando X18 se acerca a 1.</p>	Openbravo ERP	Compiere ERP	Apache OfBiz	Open ERP
A18: Nivel de desarrollo.	2	2	1	2
FORMULA: $X18 = A18 / 3$	0,666666667	0,666666667	0,333333333	0,666666667

Teniendo las 9 tablas con la información de la evaluación se procede a observar los resultados de la evaluación de cada paquete software. La herramienta desarrollada presenta los datos finales en dos tablas, en la tabla (hoja de resultados de la herramienta) se pueden observar los resultados de la evaluación y en la imagen, los resultados se pueden observar de forma gráfica.

Tabla 2.29. Herramienta de evaluación - Resultados

RESULTADOS	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 3
	Puntuacion obtenida de cada software	98,93333333	78,16666667	72,7

Figura 2.2. Herramienta de evaluación - Gráfica de los resultados de la evaluación



**Paso 5. Análisis de resultados de evaluación.** Realizando el análisis de los requerimiento para el caso de estudio y la información correspondiente a los sistemas ERP seleccionados; se ponderaron las métricas de evaluación de las características de calidad de software para este caso específico, bajo los criterios de selección utilizados, se obtuvieron los resultados observados anteriormente, el software con mayor ponderación es el software ERP OpenBravo que es una herramienta FOSS y se posiciona como el producto más apropiado para cumplir con los requerimientos para el caso de estudio porque posee la funcionalidad y todas las características ya evaluadas que se ajustan al proceso.

### **Evaluación de los sistemas CMMS por medio de la norma ISO/IEC 9126**

A continuación se siguen los pasos para seleccionar el software CMMS que mas se adapta a los requerimientos para el caso de estudio.

#### **Paso 1. Establecer los requerimientos de evaluación.**

**Definir el propósito de la evaluación.** El propósito de realizar la evaluación de distintos paquetes software CMMS, es seleccionar el software que mejor se adapte al caso de estudio, para realizar la administración de operaciones de mantenimiento del nivel 3, según el estándar ISA S95.03.

**Clasificar el software según el tipo y su estado de desarrollo.** Los paquetes software a evaluar son sistemas CMMS y se clasifican en “a la medida” de acuerdo a la norma. Los sistemas CMMS evaluados están en continuo desarrollo, debido a las mejoras continuas de los usuarios o los desarrolladores, permanentemente se realizan mejoras de las versiones para cubrir mayor número

de actividades de mantenimiento y de mejor manera. Por esta razón se evalúa el estado del desarrollo dentro de las métricas de evaluación que se describen mas adelante.

**Especificación del modelo de calidad.** Las características y sub- características con las que se va realizar la evaluación son:

- Funcionalidad
  - Disponibilidad funcional
  - Interoperabilidad
  - Seguridad
  
- Eficiencia
  - Utilización de recursos
  
- Conformidad de uso
  - Entendimiento
  - Aprendizaje
  - Atracción
  
- Portabilidad
  - Adaptabilidad
  - Facilidad de instalación
  - Coexistencia
  - Capacidad de migración
  
- Capacidad de mantenimiento
  - Capacidad de ser analizado
  - Capacidad de realizar cambios
  
- Accesibilidad económica
  - Costos de licencias.
  - Costos de escalabilidad.
  
- Accesibilidad técnica
  - Facilidad de implementación.
  - Soporte técnico
  
- Estado del software
  - Estado de desarrollo del software.

**Paso 2. Especificar la evaluación y Ponderación de las características de evaluación.** Las métricas y la ponderación de las características de evaluación para realizar el proceso de evaluación para la selección de herramientas software

CMMS son las mismas utilizadas para la selección del sistema ERP debido a que los software tienen similitudes en los requerimientos y solo se distinguen en la disponibilidad funcional.

**Paso 3. Ejecución la evaluación.** Para evaluar las herramientas CMMS encontrados en la etapa 2, se hicieron las tablas en Excel para tener resultados confiables y facilitar la evaluación.

La siguiente tabla muestra las métricas de evaluación funcionalidad y sus respectivas sub-características con el valor correspondiente de cada evaluación.

Tabla 2.30. Herramienta de evaluación - Métricas de funcionalidad

MÉTRICAS DE FUNCIONALIDAD	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4	SOFTWARE 5	SOFTWARE 6
<b>Criterio: DISPONIBILIDAD FUNCIONAL</b> Nombre: Disponibilidad de funciones Metodo: contar las funciones requeridas para el caso de estudio y verificar si el software CMMS cuenta con ellas. Interpretación: $0 \leq X1 \leq 1$ , la aplicación se ajusta mejor al requerimiento funcional.	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A1 : Funciones requeridas por el usuario con las que cuenta el software CMMS	16	6	10	14	10	16
B1 : Funciones requeridas para el caso de estudio	16	16	16	16	16	16
FORMULA: $X1 = A1 / B1$	1	0,375	0,625	0,875	0,625	1
<b>Criterio: INTEROPERABILIDAD</b> Nombre: Interoperabilidad del software CMMS Metodo: Verificar que el software CMMS maneja el Estándar SQL Interpretación: $0 \leq X2 \leq 1$ , la aplicación se ajusta mejor al requerimiento funcional.	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A2 : Estándar de acceso a las bases de datos disponible para el software CMMS.	1	1	0	1	0	1
B2 : Estándar SQL requerido por el usuario.	1	1	1	1	1	1
FORMULA: $X2 = A2/B2$	1	1	0	1	0	1
<b>Criterio: SEGURIDAD</b> Nombre: Seguridad del software CMMS. Metodo: Ponderar la capacidad de asegurar los datos de acuerdo a la cantidad de medios de protección que soporta el software CMMS con respecto a las requeridas por el usuario. Interpretación: $0 \leq X3 \leq 1$ , la aplicación se ajusta mejor al requerimiento funcional.	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A3 : Requerimientos de seguridad por parte del usuario soportadas por el software CMMS.	3	3	3	3	2	3
B3 : Requerimientos de seguridad por parte del usuario del software CMMS	3	3	3	3	3	3
FORMULA: $X3 = A3 / B3$	1	1	1	1	0,66666667	1

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Eficiencia para los 4 paquetes software.

Tabla 2.31. Herramienta de evaluación - Métricas de Eficiencia

MÉTRICAS DE EFICIENCIA	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4	SOFTWARE 5	SOFTWARE 6
<b>Criterio: UTILIZACION DE RECURSOS</b> Nombre: Consumo de recursos. Metodo: Ponderar la capacidad de recursos minimos que consume la herramienta CMMS Interpretación: Si A4 o B4 = 1, el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es alto. Si A4 o B4 = 2, el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es medio alto. Si A4 o B4 = 3, el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es medio. Si A4 o B4 = 4, el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es medio bajo. Si A4 o B4 = 5, el consumo de recursos humanos o hardware para el funcionamiento es bajo. Para X4 la ponderación es la misma, pero totalizada para este criterio.	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A4 : Ponderación de consumo de recursos humanos.	5	5	5	5	3	5
B4 : Ponderación de consumo de recursos hardware	5	5	5	5	5	5
FORMULA: $X4 = (A4 + B4)/2$	5	5	5	5	4	5

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Conformidad de uso para los 4 paquetes software.

Tabla 2.32.Herramientas de evaluación –Métricas de conformidad en uso

<p>Nombre: ENTENDIMIENTO</p> <p>Metodo: Entendimiento.</p> <p>Interpretacion: Ponderar las ayudas y la documentación con la que cuenta el software CMMS para su entendimiento</p> <p>Si A5 = 1, La documentación del software CMMS es insuficiente para el entendimiento del mismo por parte del usuario.</p> <p>Si A5 = 2, La documentación del software CMMS es regular para el entendimiento del mismo por parte del usuario.</p> <p>Si A5 = 3, La documentación del software CMMS es aceptable para el entendimiento del mismo por parte del usuario.</p> <p>Si A5 = 4, La documentación del software CMMS es buena para el entendimiento del mismo por parte del usuario.</p> <p>Si A5 = 5, La documentación del software CMMS es excelente para el entendimiento del mismo por parte del usuario.</p> <p>0 ≤ X5 ≤ 1, la aplicación ofrece una mejor documentación al usuario para el entendimiento del software CMMS cuando X5 se acerca a 1.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A5 : Ponderación de los recursos con base en el entendimiento del software	4	3	2	4	2	3
FORMULA: X5 = A5 / 5	0,8	0,6	0,4	0,8	0,4	0,6
<p>Nombre: APRENDIZAJE</p> <p>Metodo: Aprendizaje.</p> <p>Interpretacion: Ponderar las ayudas y la documentación con la que cuenta el software CMMS para su aprendizaje</p> <p>Si A6 = 1, La documentación del software CMMS es insuficiente para el aprendizaje del manejo del software CMMS por parte del usuario.</p> <p>Si A6 = 2, La documentación del software CMMS es regular para el aprendizaje del manejo del software CMMS por parte del usuario.</p> <p>Si A6 = 3, La documentación del software CMMS es aceptable para el aprendizaje del manejo del software CMMS por parte del usuario.</p> <p>Si A6 = 4, La documentación del software CMMS es buena para el aprendizaje del manejo del software CMMS por parte del usuario.</p> <p>Si A6 = 5, La documentación del software CMMS es excelente para el aprendizaje del manejo del software CMMS por parte del usuario.</p> <p>0 ≤ X6 ≤ 1, la aplicación ofrece una mejor documentación al usuario para el aprendizaje del manejo del software CMMS por parte del usuario cuando X6 se acerca a 1.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A6 : Ponderación de los recursos con base en el aprendizaje del software	3	2	2	3	2	2
FORMULA: X6 = A6 / 5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4
<p>Nombre: ATRACCION</p> <p>Metodo: Atracción grafica.</p> <p>Interpretacion: Ponderar el nivel de atracción hacia el usuario de la aplicación de acuerdo a una escala establecida</p> <p>Si A7 = 1, El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software CMMS es insuficiente para el usuario.</p> <p>Si A7 = 2, El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software CMMS es regular para el usuario.</p> <p>Si A7 = 3, El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software CMMS es aceptable para el usuario.</p> <p>Si A7 = 4, El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software CMMS es bueno para el usuario.</p> <p>Si A7 = 5, El nivel de atracción del diseño y los componentes gráficos del software CMMS es excelente para el usuario.</p> <p>0 ≤ X7 ≤ 1, la aplicación CMMS posee un mayor nivel de atracción gráfica para el usuario cuando X7 se acerca a 1.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A7 : Nivel de atracción.	4	4	4	3	3	4
FORMULA: X7 = A7 / 5	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Portabilidad para los 4 paquetes software.

Tabla 2.33. Herramienta de evaluación - Métricas de Portabilidad

MÉTRICAS DE PORTABILIDAD	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4	SOFTWARE 5	SOFTWARE 6
<p>Nombre: <b>ADAPTABILIDAD</b></p> <p>Nombre: Adaptabilidad del software</p> <p>Metodo: Ponderar la capacidad de interacción software de acuerdo a la cantidad de plataformas que soporta el software CMMS con respecto a las requeridas por el usuario.</p> <p>Interpretación: 0 ≤ X8 ≤ 1, la aplicación CMMS se puede soportar sobre las plataformas requeridas por el usuario cuando X8 se acerca a 1.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A8: Plataformas requeridas por el usuario soportadas por el software CMMS..	2	2	2	2	2	2
B8: Plataformas en las cuales el usuario requiere soportar el software CMMS.	2	2	2	2	2	2
FORMULA: X8 = A8 / B8	1	1	1	1	1	1
<p>Nombre: <b>FACILIDAD DE INSTALACIÓN.</b></p> <p>Nombre: Facilidad de instalación.</p> <p>Metodo: Ponderar la facilidad de instalación del software de acuerdo a una escala preestablecida.</p> <p>Interpretación: Si A9 = 1, El nivel de facilidad de instalación del software CMMS es bajo (implica compilar cada paquete software para luego instalarlos). Si A9 = 2, El nivel de facilidad de instalación del software CMMS es medio (está compilado pero implica instalar cada paquete software). Si A9 = 3, El nivel de facilidad de instalación del software CMMS es bueno (posee instalador pero implica configuración de cada paquete software). Si A9 = 4, El nivel de facilidad de instalación del software CMMS es excelente (posee instalador que configura el software de manera automática). 0 ≤ X9 ≤ 1, la aplicación CMMS posee un mayor nivel de facilidad de instalación para el usuario cuando X9 se acerca a 1.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A9: Nivel de facilidad de instalación del software CMMS.	4	4	4	4	2	4
FORMULA: X9 = A9 / 4	1	1	1	1	0,5	1
<p>Nombre: <b>COEXISTENCIA</b></p> <p>Nombre: Coexistencia del software</p> <p>Metodo: Ponderar la capacidad de interacción software de acuerdo a la cantidad de programas requeridos por el usuario para interactuar con el software CMMS.</p> <p>Interpretación: 0 ≤ X10 ≤ 1, la aplicación CMMS tiene mejor capacidad de interacción con los programas requeridos por el usuario, cuando X10 se acerca a uno.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A10: Cantidad de programas para interacción con el software CMMS requeridos por el usuario que son soportados.	0,3	0,8	0,2	0,3	0,1	0,3
B10: Cantidad de programas con los cuales debe interactuar el software CMMS de acuerdo al requerimiento del usuario.	2	2	2	2	2	2
FORMULA: X10 = A10 / B10	0,15	0,4	0,1	0,15	0,05	0,15
<p>Nombre: <b>CAPACIDAD DE MIGRACIÓN</b></p> <p>Nombre: Capacidad de migración.</p> <p>Metodo: Medir la capacidad de migración de datos y configuración a otra versión del mismo software o a otro paquete software de otro proveedor</p> <p>Interpretación: Si A11 = 1, El nivel de capacidad de migración del software CMMS es bajo (no permite migrar los datos sin previa conversión de formato de archivos manualmente). Si A11 = 2, El nivel de capacidad de migración del software CMMS es medio (implica migrar manualmente todos los datos sin ninguna conversión de datos). Si A11 = 3, El nivel de capacidad de migración del software CMMS es bueno (permite migrar los datos mediante asistente de migración). 0 ≤ X11 ≤ 1, la aplicación CMMS posee un mayor nivel de facilidad de migración de datos cuando X11 se acerca a 1.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A11: Nivel de capacidad de migración del software CMMS.	3	3	2	3	1	2
FORMULA: X11 = A11 / 3	1	1	0,66666667	1	0,33333333	0,66666667

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Capacidad de mantenimiento para los 4 paquetes software.

Tabla 2.34. Herramienta de evaluación - Métricas de Capacidad de mantenimiento

MÉTRICAS DE CAPACIDAD DE MANTENIMIENTO	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4	SOFTWARE 5	SOFTWARE 6
<p>Criterio: CAPACIDAD DE SER ANALIZADO</p> <p>Nombre: Diagnósis. <span style="float: right;">Metodo:</span></p> <p>Medir la capacidad de migración de datos y configuración a otra versión del mismo software o a otro paquete software de otro proveedor</p> <p>Interpretación:</p> <p>Si A12 = 1, El nivel de capacidad de diagnóstico del software CMMS es bajo (no permite diagnosticar problemas a menos que se haga una búsqueda de errores manualmente en caso de falla).</p> <p>Si A12 = 2, El nivel de capacidad de diagnóstico del software CMMS es medio (permite diagnosticar problemas mediante mantenimiento preventivo, no hace diagnóstico en RUNTIME).</p> <p>Si A12 = 3, El nivel de capacidad de diagnóstico del software CMMS es bueno (permite diagnosticar problemas en RUNTIME, mediante herramientas específicas).</p> <p>0 ≤ X12 ≤ 1, la aplicación CMMS posee un mayor nivel de capacidad de mantenimiento, cuando X12 se acerca a 1.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A12: Nivel de capacidad de diagnóstico del software CMMS						
FORMULA: X12 = A12 / 3	0	0	0	0	0	0
<p>Criterio: CAPACIDAD DE REALIZAR CAMBIOS</p> <p>Nombre: Cambios en el software <span style="float: right;">Metodo:</span></p> <p>Ponderar la capacidad de realizar cambios en el paquete software CMMS de acuerdo a una escala preestablecida.</p> <p>Interpretación:</p> <p>Si A13 = 1, El nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software CMMS es bajo (no permite realizar cambios de ningún tipo).</p> <p>Si A13 = 2, El nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software CMMS es medio (permite realizar cambios en determinadas aplicaciones).</p> <p>Si A13 = 3, El nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software CMMS es bueno (permite realizar cambios en la aplicación, porque se tiene acceso a la fuente del sistema CMMS).</p> <p>0 ≤ X13 ≤ 1, la aplicación CMMS posee un mayor nivel de capacidad de realizar cambios, cuando X13 se acerca a 1.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A13: Nivel de capacidad de realizar cambios en el paquete software CMMS.	2	1	1	1	0	1
FORMULA: X13 = A13 / 3	0,666666667	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0	0,333333333

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Accesibilidad económica de mantenimiento para los 4 paquetes software.

Tabla 2.35. Herramienta de evaluación - Métricas de Accesibilidad económica

MÉTRICAS DE ACCESIBILIDAD ECONÓMICA	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4	SOFTWARE 5	SOFTWARE 6
<p>Criterio: COSTOS DE ESCALABILIDAD.</p> <p>Nombre: Costos de escalabilidad.</p> <p>Metodo: <span style="float: right;">Ponderar el costo de licencia del paquete software de acuerdo a una escala preestablecida, cuando se requiere una ampliación del sistema.</span></p> <p>Interpretación:</p> <p>Si A15 = 1, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es alto.</p> <p>Si A15 = 2, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio alto</p> <p>Si A15 = 3, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio</p> <p>Si A15 = 4, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio bajo</p> <p>Si A15 = 5, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es bajo.</p> <p>Si A15 = 6, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es nulo</p> <p>0 ≤ X15 ≤ 1, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema es mas conveniente cuando X15 se acerca a uno.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A15: Ponderación de los costos de licencia cuando se requiere una ampliación del software CMMS.	4	3	4	3	4	4
FORMULA: X15 = A15 / 6	0,666666667	0,5	0,666666667	0,5	0,666666667	0,666666667

METRICAS DE ACCESIBILIDAD ECONOMICA	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4	SOFTWARE 5	SOFTWARE 6
<p>Nombre: Licencias</p> <p>Metodo: Ponderar el costo de licencia del paquete software de acuerdo a una escala preestablecida, cuando se requiere una ampliación del sistema.</p> <p>Interpretación:</p> <p>Si A14 = 1, El costo de la licencia de utilización del software CMMS es alto.  Si A14 = 2, El costo de la licencia de utilización del software CMMS es medio alto.  Si A14 = 3, El costo de la licencia de utilización del software CMMS es medio.  Si A14 = 4, El costo de la licencia de utilización del software CMMS es medio bajo.  Si A14 = 5, El costo de la licencia de utilización del software CMMS es bajo.  Si A14 = 6, El costo de la licencia de utilización del software CMMS es nulo.  <math>0 \leq X14 \leq 1</math>, El costo de la licencia de utilización del software CMMS es mas conveniente cuando X14 se acerca a uno.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A14: Ponderación del costo de la licencia de utilización del software CMMS.	6	3	6	3	6	3
FORMULA: X14 = A14 / 6	1	0,5	1	0,5	1	0,5

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características de Accesibilidad tecnica para los 4 paquetes software.

Tabla 2.36. Herramienta de evaluación - Métricas de Accesibilidad técnica

<p>Nombre: Costos de escalabilidad.</p> <p>Metodo: Ponderar el costo de licencia del paquete software de acuerdo a una escala preestablecida, cuando se requiere una ampliación del sistema.</p> <p>Interpretación:</p> <p>Si A15 = 1, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es alto.  Si A15 = 2, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio alto  Si A15 = 3, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio  Si A15 = 4, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es medio bajo  Si A15 = 5, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es bajo.  Si A15 = 6, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema, es nulo  <math>0 \leq X15 \leq 1</math>, El costo de la licencia de utilización del software CMMS, cuando se requiere una ampliación del sistema es mas conveniente cuando X15 se acerca a uno.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A15: Ponderación de los costos de licencia cuando se requiere una ampliación del software CMMS.	4	3	4	3	4	4
FORMULA: X15 = A15 / 6	0,666666667	0,5	0,666666667	0,5	0,666666667	0,666666667
METRICAS DE ACCESIBILIDAD TECNICA	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4	SOFTWARE 5	SOFTWARE 6
<p>Nombre: Implementacion.</p> <p>Metodo: Ponderar la facilidad de implementación del software en la planta de acuerdo a una escala preestablecida.</p> <p>Interpretación:</p> <p>Si A16 = 1, La facilidad de implementación del software CMMS, es alto.  Si A16 = 2, La facilidad de implementación del software CMMS, es medio alto  Si A16 = 3, La facilidad de implementación del software CMMS, es medio  Si A16 = 4, La facilidad de implementación del software CMMS, es medio bajo  Si A16 = 5, La facilidad de implementación del software CMMS, es bajo  <math>0 \leq X16 \leq 1</math>, La facilidad de implementación del software CMMS, es mas conveniente cuando X16 se acerca a uno.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A16: Ponderación de la facilidad de la implementación del software CMMS en la planta.	3	4	4	4	4	3
FORMULA: X16= A16 / 5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6

<p>Criterio: SOPORTE TECNICO DEL PROVEEDOR</p> <p>Nombre: Soporte</p> <p>Metodo: Ponderar el nivel de soporte técnico que ofrece el proveedor del software CMMS de acuerdo a una escala preestablecida.</p> <p>Interpretación:</p> <p>Si A17 = 1, El soporte técnico del software CMMS, es insuficiente.</p> <p>Si A17 = 2, El soporte técnico del software CMMS, es regular.</p> <p>Si A17 = 3, El soporte técnico del software CMMS, es aceptable.</p> <p>Si A17 = 4, El soporte técnico del software CMMS, es bueno.</p> <p>Si A17 = 5, El soporte técnico del software CMMS, es excelente.</p> <p>0 ≤ X17 ≤ 1, El soporte técnico del software CMMS, es más conveniente para el usuario, cuando X17 se acerca a uno.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A17: Ponderación del soporte técnico del software CMMS en la planta.	5	4	4	3	0	4
FORMULA: X17 = A17 / 5	1	0,8	0,8	0,6	0	0,8

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la evaluación de las características Estado de desarrollo para los 4 paquetes software.

Tabla 2.37. Herramienta de evaluación - Métricas Estado de desarrollo

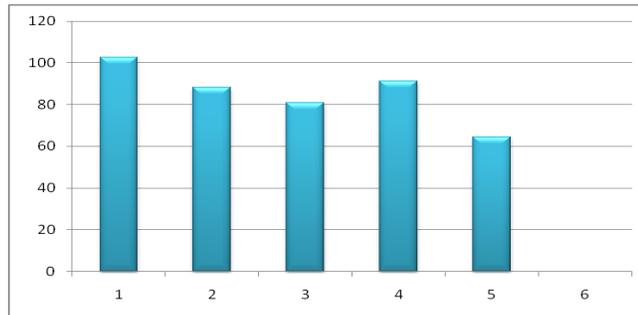
METRICAS DE ESTADO DE DESARROLLO	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4	SOFTWARE 5	SOFTWARE 6
<p>Criterio: ESTADO DE DESARROLLO DEL SOFTWARE</p> <p>Nombre: Estado del arte</p> <p>Metodo: Ponderar el nivel de desarrollo de los paquetes software.</p> <p>IntCMMSretacion:</p> <p>Si A18 = 1, El software está en su primera versión o en desarrollo, el nivel de desarrollo es insuficiente.</p> <p>Si A18 = 2, El software ha tenido revisiones y versiones, nivel de desarrollo es bueno.</p> <p>Si A18 = 3, El software está en una versión superior y tiene suficiente tiempo de desarrollo, el nivel de desarrollo es excelente.</p> <p>0 ≤ X18 ≤ 1, la aplicación posee un mejor nivel de desarrollo, cuando X18 se acerca a 1.</p>	Maintenance Assistant	MIEMaintenance	CworkFree	CMMS Advantage	Free CMMS	MicroMain
A18: Nivel de desarrollo.	3	3	1	2	1	2
FORMULA: X18 = A18 / 3	1	1	0,333333333	0,666666667	0,333333333	0,666666667

Teniendo las 9 tablas con la información de la evaluación se procede a observar los resultados de la evaluación de cada paquete software. La herramienta desarrollada presenta los datos finales en dos tablas, en la tabla (hoja de resultados de la herramienta) se pueden observar los resultados de la evaluación y en la figura 4, los resultados se pueden observar de forma gráfica.

Tabla 2.38. Herramienta de evaluación - Resultados

RESULTADOS	SOFTWARE 1	SOFTWARE 2	SOFTWARE 3	SOFTWARE 3	SOFTWARE 4	SOFTWARE 5
Puntuacion obtenida de cada software	102,4666667	88,21666667	80,76666667	91,35	64,46666667	92,34

Figura 2.3. Herramienta de evaluación - Gráfica de los resultados de la evaluación



**Paso 4. Análisis de resultados de evaluación** Realizando el análisis de los requerimientos para el caso de estudio y la información correspondiente a los sistemas CMMS seleccionados; se ponderaron las métricas de evaluación de las características de calidad de software para este caso específico, bajo los criterios de selección utilizados, se obtuvieron los resultados observados anteriormente, el software con mayor ponderación es el software CMMS Maintenance Assistant que es una herramienta FOSS y se posiciona como el producto más apropiado para cumplir con los requerimientos para el caso de estudio porque posee la funcionalidad y todas las características ya evaluadas que se ajustan al proceso.

#### **Evaluación de los sistemas SCADA por medio de la norma ISO/IEC 9126**

El sistema SCADA es seleccionado según la tesis de Juan Manuel Segura luego de mirar los requerimientos del SCADA de su caso de estudio, debido a que las condiciones y la planta de su evaluación es similar a las de este caso de estudio. Además la planta SED cuenta con el sistema SCADA para la supervisión de la planta.

## REFERENCIAS CAPITULO 2

[1] OPENBRAVO ERP, “características de OpenBravo”

<http://www.openbravo.com/>,

Última visita:

[2] COMPIERE ERP “plataforma”

<http://www.compiere.com/>

ultima visita:

[3] OPEN ERP “beneficios”

<http://www.openerpspain.com/>

Ultima visita:

[4] APACHE OFBIZ “funciones”

<http://ofbiz.apache.org/>

Ultima visita:

[5] MIE MAINTENANCE “soluciones a tu alcance”

<http://www.mie-solutions.com/mie/>

[6] CWORKS “nuestros productos”

<http://www.cworks.com.my/>

[7] MAINTENANCE ASSISTANT

<http://www.maintenanceassistant.com/> “Guía del usuario”

[8] MICROMAIN

<http://www.micromain.com/>

[9] CMMS ADVANTAGE

[10] FREE CMMS

<http://free-cmms.sourceforge.net/>

[13] SEGURA, Juan Manuel. “Criterios de Evaluación Para la Selección de Herramientas Software de Control y/o Supervisión de Procesos Industriales SCADA”, Monografía de Grado, Universidad del Cauca 2009.

[12] SCHMITT WALTER AUTOMATION CONSULT GMBH, Lintouch Community, “Lintouch, the opensource HMI”, año 2009, <http://lintouch.org>, Ultima consulta en Septiembre de 2010.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
INGENIERIA EN AUTOMATICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

PLANTA DE EVENTOS DISCRETOS

ADMINISTRACION DE OPRACIONES DE MANTENIMIENTO –  
PLANTA DE EVENTOS DISCRETOS

VERSION 1.

Elaborada por: Sandra Ximena Rengifo

LABORATORIO DE CONTROL DE PROCESOS  
POPAYAN  
2011

<b>1. CONTENIDO</b>	
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>106</b>
<b>3. PREREQUISITOS</b> .....	<b>106</b>
<b>4. MATERIAL NECESARIO</b> .....	<b>106</b>
<b>5. FUNDAMENTACION TEORICA</b> .....	<b>106</b>
5.2 Equipo Motobomba.....	107
5.2 Modelo de actividad de administración de operaciones de mantenimiento .....	108
<b>6. RECONOCIMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO</b> .....	<b>110</b>
Etapa 1. Reconocimiento de la herramienta ERP Openbravo. ....	112
Paso 1. Funcionalidades de la herramienta Openbravo para administrar las actividades de mantenimiento del nivel 4. ....	112
Paso 2. Poner a correr el servidor web Apache tomcat, para poder iniciar Openbravo. ....	112
Paso 3. Ingresar al ERP Openbravo.....	112
Etapa 2. Reconocimiento de la herramienta CMMS Maintenance Assistant .....	112
Paso 1. Funcionalidades de la herramienta Maintenance Assistant para administrar las actividades de mantenimiento del nivel 3. ....	112
Paso 3. Ingresar al CMMS Maintenance Assistant .....	112
<b>7. ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO CON AYUDA DE LAS HERRAMIENTAS ERP OPENBRAVO Y CMMS MAINTENANCE ASSISTANT</b> .....	<b>113</b>
Etapa 1. Administración de definiciones de mantenimiento. ....	113
Paso 1. Modelar del equipo Motobomba. ....	113
Paso 3. Modelar recursos de mantenimiento. ....	114
Paso 3. Definir el procedimiento de mantenimiento. ....	117
Paso 4. Segmento de proceso de mantenimiento.....	117
Paso 5. Ingresar la información a la herramienta ERP y CMMS.....	118
Etapa 2. Nivel 4, Programación de mantenimiento periódico herramienta ERP .....	124
Paso 1. Crear periodicidad en la herramienta ERP Openbravo.....	124
Paso 2. Crear lista de mantenimiento periódicos a programar en la herramienta CMMS .....	125
Paso 3. Selección de la información para programar los mantenimientos periódicos .....	126
Etapa 3. Programación Detallada de Mantenimiento CMMS. ....	126
Paso 1. Crear nueva programación de mantenimiento .....	126
Paso 2. Establecimiento de la fecha del mantenimiento .....	128
Paso 3. Ingreso del procedimiento a seguir en la ejecución del mantenimiento.....	129
Paso 4. Ingreso de los recursos para realizar el mantenimiento.....	129

### **3 2. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general:**

Realizar integración vertical entre los niveles 4 y 3 del estándar ISA S95 por medio del Modelo de Administración de Operaciones de Mantenimiento del estándar ISA S 95.03.

#### **Objetivos específicos:**

- Modelar el equipo al que se le realizara mantenimiento
- Definir procedimiento de mantenimiento
- Modelar recursos para realizar mantenimiento
- Conocer las herramientas para administrar las operaciones de mantenimiento.
- Administrar programación detallada de mantenimiento entre los niveles 4 y 3.

### **4 3. PREREQUISITOS**

- Realización de la practica 1, reconocimiento de la planta SED
- Conocimientos básicos ISA S95 parte 2 y 3.

### **5 4. MATERIAL NECESARIO**

- Un PC con la herramienta Openbravo y Maintenance Assistant instaladas.

### **6 5. FUNDAMENTACION TEORICA**

La planta de Sistemas a Eventos Discretos está dividida en dos partes: la planta como tal ubicada en campo, la cual consta de tanques, detectores de nivel, un

circuito hidráulico, válvulas manuales, electroválvulas, agitadores y una motobomba. Para la motobomba se realizara el Modelo de equipo, al que se le programara un mantenimiento periódico con ayuda de las herramientas ERP y se realizara una programación de mantenimiento detallada con ayuda de la herramienta CMMS, además se modelaran los recursos que se utilizaran para realizar el procedimiento de mantenimiento.

## 6.1 5.2 Equipo Motobomba

Una motobomba es una bomba que tiene acoplada en su cuerpo estructural un motor eléctrico o de explosión, ver figura 2b. La bomba contiene la boca de succión, la caja de aspiración, la turbina de impulsión y la boca de descarga. El eje del motor es el mismo eje de la turbina de la bomba. Las motobombas son ideales para llenar cisternas, vaciar piscinas, regar abundantemente o realizar cualquier actividad para la que sea necesario mover una gran cantidad de agua de forma efectiva y eficiente. Las motobombas pueden ser de presión o de caudal.

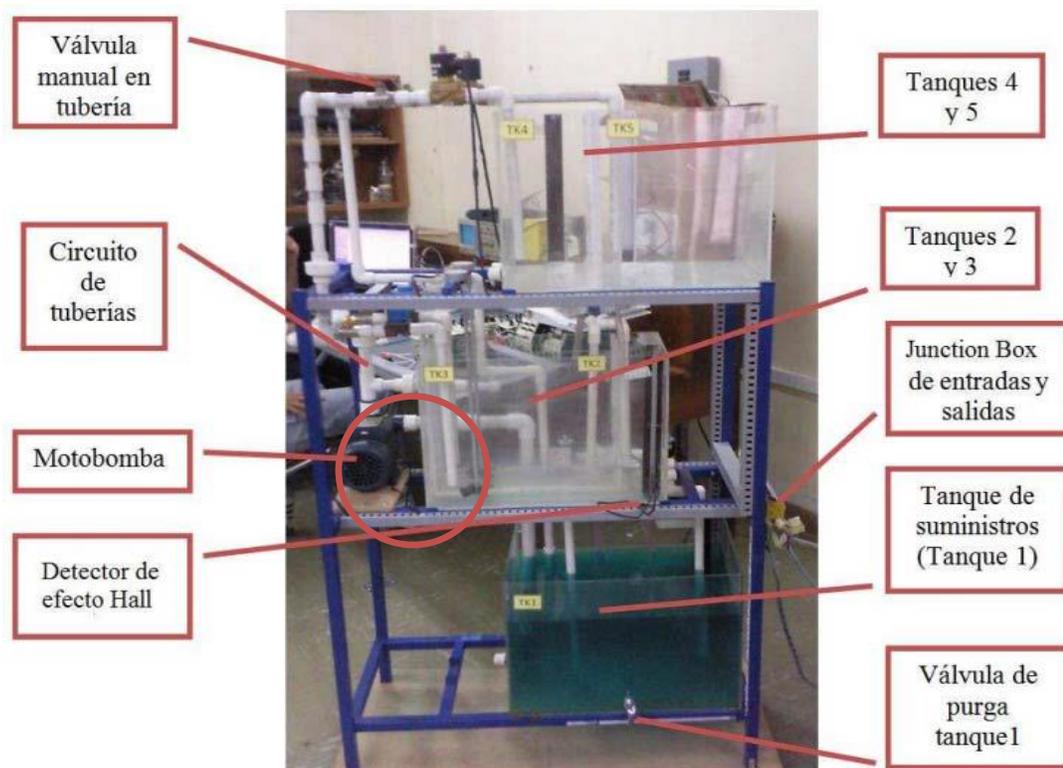


Figura 1. Elementos del circuito hidráulico de la planta SED

## 6.2 5.2 Modelo de actividad de administración de operaciones de mantenimiento

Para la guía solo se estudiara las actividades de mantenimiento subrayadas con rojo en la figura 2 y solo se definen en las actividades las tareas que se manejaran en esta guía. Si se requiere hacer mayor profundidad en la forma como el modelo define las actividades para administrar las operaciones de mantenimiento se puede consultar el estándar ISA S95.03.

Las actividades que define el estándar para administrar las operaciones del mantenimiento son:

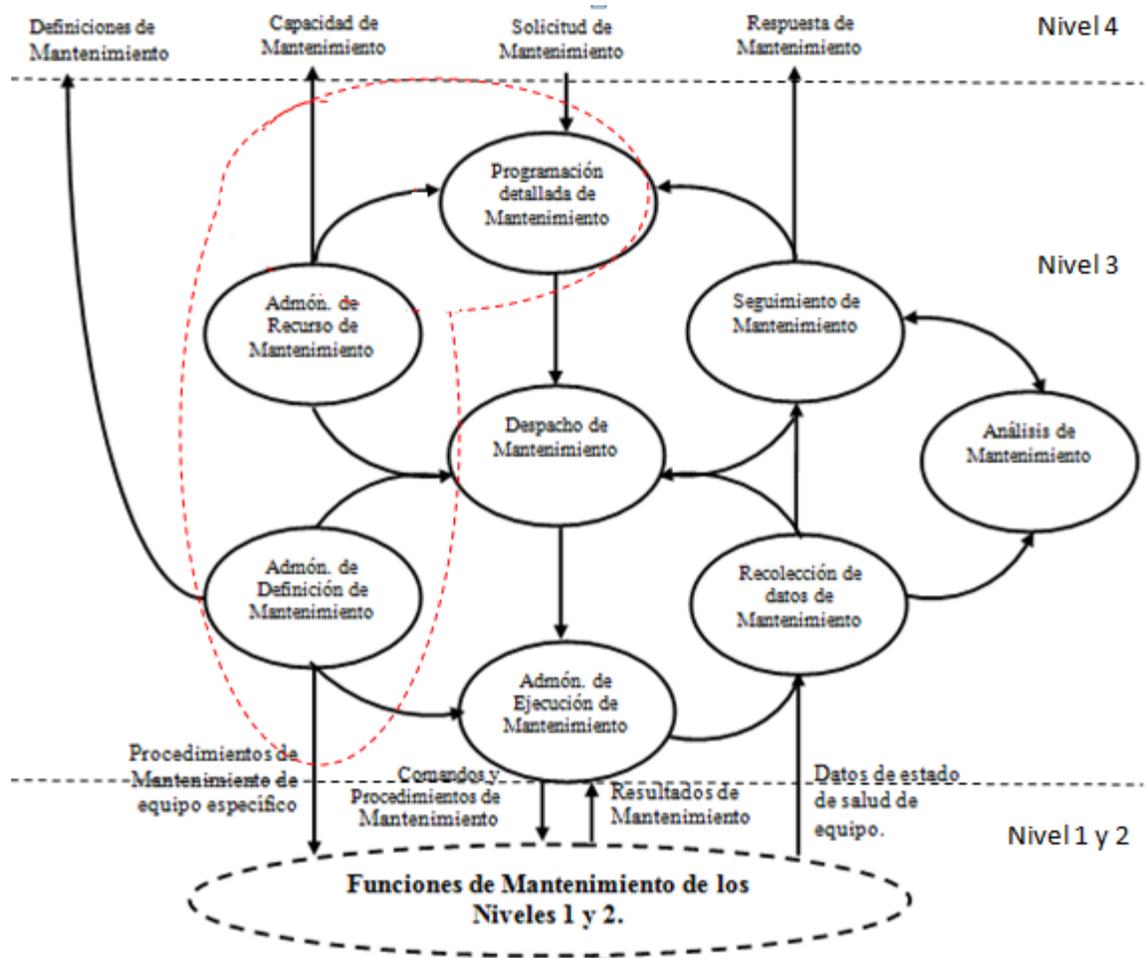


Figura 2. Modelo de Administración de Operaciones de Mantenimiento

**Administración de Definición de Mantenimiento.** En Administración de definición de Mantenimiento para trabajar esta guía, se organiza y se gestiona la

información de mantenimiento, esta información se utiliza para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

Las definiciones de mantenimiento identificadas para la guía son:

- **Modelo de Modelo**
- **Segmento de Proceso de Mantenimiento**

**Administración de Recursos de Mantenimiento.** En esta actividad para la guía se organiza y maneja la información acerca de los recursos de mantenimiento, Los recursos utilizados en la realización de los mantenimientos en la guía son: recursos de personal y recursos de equipo de mantenimiento.

La información de los recursos está organizada como se muestra a continuación:

- **Modelo de equipo de mantenimiento.**
- **Modelo de personal de mantenimiento.**

**Programación Detallada de Mantenimiento.** En la actividad se realiza la Programación Detallada de Mantenimiento, para la guía solo se realizara la programación de mantenimiento periódicos que genera solicitudes de mantenimiento desde el nivel 4. Pero normalmente existen otros tipos de mantenimientos que se programan desde los niveles 1, 2 y 3.

- **Mantenimientos periódicos:** Estos mantenimientos se programan según las consideraciones de los fabricantes de los equipos. Los fabricantes normalmente recomiendan realizar algunos mantenimientos periódicos a los equipos ya sean anuales, semestrales, trimestrales, semanales o diarios.

Para ingresar dentro de la programación detallada de mantenimiento un mantenimiento periódico, primero se realiza la planificación en el nivel 4, que debe contener la siguiente información: id del equipo y el procedimiento de mantenimiento, luego se analiza esta planificación del nivel 4 y se estudia cuales son los mantenimientos periódicos que se programaran para su ejecución. Como se muestra en la figura 3.

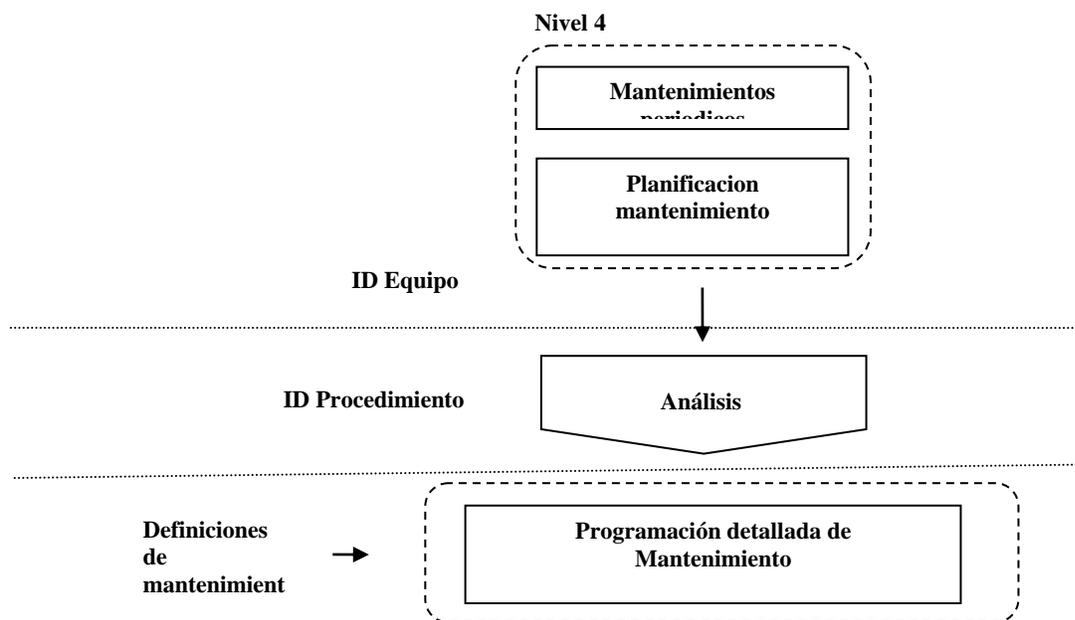


Figura 3. Programación Detallada de Mantenimiento.

## 7 6. RECONOCIMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO

Para la administrar las actividades de mantenimiento encontramos herramientas en cada uno de los niveles de integración, que ayudan en la administración, entre las herramientas encontramos los ERP, CMMS y SCADA. En la figura 4, se muestra la gestión de cada una de las herramientas y las actividades de cada nivel. Con color rojo se encuentra subrayado las actividades que se desarrollan a lo largo de la guía.

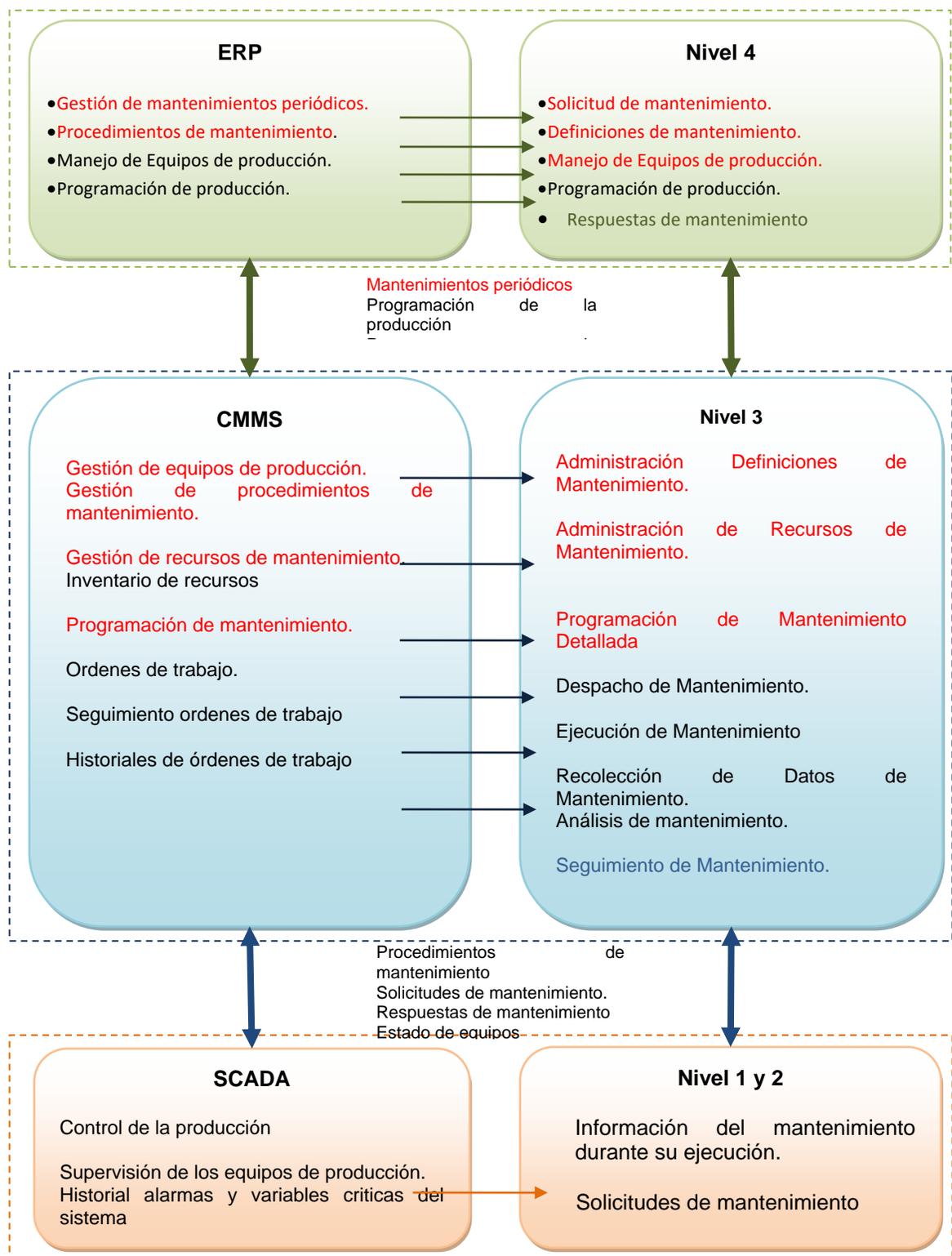


Figura 4. Niveles de integración y herramientas ERP, CMMS y SCADA

## 7.1 Etapa 1. Reconocimiento de la herramienta ERP Openbravo.

### 7.1.1 Paso 1. Funcionalidades de la herramienta Openbravo para administrar las actividades de mantenimiento del nivel 4.

Buscar cuales son las funcionalidades que la herramienta OpenBravo permite para el mantenimiento. (documentarlas)

### 7.1.2 Paso 2. Poner a correr el servidor web Apache tomcat, para poder iniciar Openbravo.

1. ir a Inicio de Windows
2. Buscar y abrir la carpeta Apache tomcat.
3. Buscar dentro de la carpeta Monitor tomcat y darle doble click.

### 7.1.3 Paso 3. Ingresar al ERP Openbravo

1. Abrir el navegador Windows Internet Explorer
2. Ingresar la dirección [http://localhost:8081/openbravo/security/Login\\_FS.html](http://localhost:8081/openbravo/security/Login_FS.html)
3. Ingresar el nombre de usuario: Universidad del cauca y la contraseña: integraci3nfoss



Figura 5. Ingreso ERP

## 7.2 Etapa 2. Reconocimiento de la herramienta CMMS Maintenance Assistant

### 7.2.1 Paso 1. Funcionalidades de la herramienta Maintenance Assistant para administrar las actividades de mantenimiento del nivel 3.

Buscar cuales son las funcionalidades que la herramienta Maintenance Assistant permite para el mantenimiento. (Documentarlas)

### 7.2.2 Paso 3. Ingresar al CMMS Maintenance Assistant

1. Abrir el navegador Windows Internet Explorer
2. Ingresar la dirección <http://127.0.0.1:8180/>
3. Ingresar el nombre de usuario: Universidad del cauca y la contraseña: integracionfoss

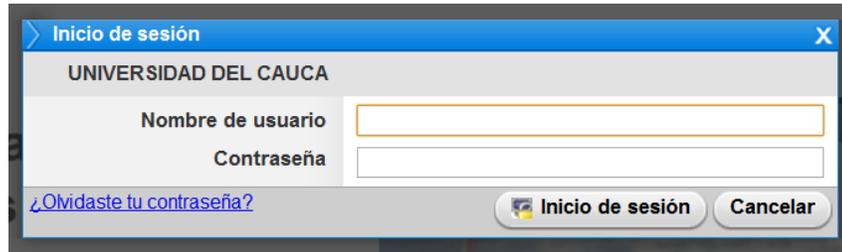


Figura 6. Ingresar a la herramienta CMMS.

## 8 7. ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO CON AYUDA DE LAS HERRAMIENTAS ERP OPENBRAVO Y CMMS MAINTENANCE ASSISTANT

### 8.1 Etapa 1. Administración de definiciones de mantenimiento.

En la actividad de mantenimiento con el fin del desarrollo de la guía se define como la información que contiene la información de los equipos del proceso, los recursos de mantenimiento y procedimiento. Por lo tanto se procede primero a obtener e ingresar esta información en las herramientas.

#### 8.1.1 Paso 1. Modelar del equipo Motobomba.

Con el fin de desarrollar la guía se asumirá que se han identificado los equipos según el según el Modelo jerárquico de Equipos del estándar ISA S95, donde se identifica el equipo motobomba. Para definir el equipo se utilizara el Modelo de Equipo del estándar ISA S95, donde en una clase se agrupan y se especifican los atributos de los equipos con características similares como se muestra en la tabla 1, además se definen los equipos pertenecientes a la clase (ver tabla 2).

### Clase unidad bomba

Tabla 39. Atributos clase bomba

ID		BO	
<b>Descripción</b>		Clase bomba: Agrupa a los elementos con características similares de bombas	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
POT_BO	Potencia de la Bomba: Potencia consumida por la bomba durante el proceso	-	hp
SUC_BO	Succión de la Bomba: Diámetro de la tubería de entrada a la bomba	-	Pulgadas
DES_BO	Descarga de la Bomba: Diámetro de la tubería de salida de la bomba	-	Pulgadas

### Ingresar los atributos de la motobomba en la tabla.

Se deben identificar los atributos de la Motobomba e ingresarlos en la tabla donde se encuentra subrayado con amarillo.

Tabla 40. Atributos Motobomba

ID		BO1	
<b>Descripción</b>		Bomba 1: suministra agua tratada al tanque de almacenamiento 2, tanque de almacenamiento 3, tanque homogeneizador y tanque de mezclado.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
ID	Descripción		
POT_BO	Potencia Bomba 1: Potencia consumida por la bomba durante el proceso	xxxx	hp
SUC_BO	Succión de la Bomba 1: Diámetro de la tubería de entrada a la bomba	xxxx	Pulgadas
DES_BO	Descarga de la Bomba 1: Diámetro de la tubería de salida de la bomba	xxxx	Pulgadas
CAU_BO	Caudal máximo 1: caudal máximo de salida.	xxxx	Litros / minuto

### 8.1.2 Paso 3. Modelar recursos de mantenimiento.

Para realizar el modelamiento se utiliza el Modelo de Equipo de mantenimiento y Modelos de personal de mantenimiento del estándar ISA S95. Por lo tanto se define la clase de equipo como se muestra en la tabla 3 y la clase de personal

como se muestra en la tabla 6, además de los atributos de los equipos (ver tabla 5) y atributos del personal (ver tabla 10).

## Modelar Equipo de Mantenimiento

Tabla 41. Identificación de las clases y Equipos de Mantenimiento

CLASE EQUIPO DE MANTENIMIENTO	ID	EQUIPO DE MANTENIMIENTO	ID
Herramienta Manual	HM	Destornillador plano	DS

## Clase herramientas manuales

Tabla 42. Atributos de clase herramientas manuales

ID		HM	
<b>Descripción</b>		Clase Herramientas Manuales: agrupa los elementos similares que se utilizan para ejecutar de manera más apropiada, sencilla y con el uso de menor energía, tareas constructivas o de reparación.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia que tiene la Herramienta.	-	Kilogramos
CAP_TEMP	Capacidad temperatura: capacidad de temperatura máxima a soportar.	-	°C

En la siguiente tabla se define el equipo perteneciente a la clase herramientas manuales el estudiante debe especificar los valores de los atributos del equipo donde se encuentra subrayado con amarillo.

Tabla 43. Atributos destornillador plano

ID		DS	
<b>Descripción</b>		<b>Destornillador plano:</b> herramienta que se utiliza para apretar y aflojar tornillos con ranura recta, que requieren poca fuerza de apriete y que generalmente son de diámetro pequeño.	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		

CAP_RESMAT	Capacidad de Resistencia de Material: es la capacidad de resistencia que tiene la herramienta.	xxxx	Kilogramos
CAP_TEMP	Capacidad de Temperatura: Es el máximo valor de temperatura que soporta la herramienta.	xxxx	Grados Centígrados (°C)

## Modelar Personal de Mantenimiento

Tabla 44. Identificación de las clases y Personal de Mantenimiento.

CLASE PERSONAL DE MANTENIMIENTO	ID	PERSONAL DE MANTENIMIENTO	ID
Clase Operario	CL_JB02	Operario de mantenimiento	JB0002

## Clase operario

Tabla 45. Atributos clase operario

ID		CI_JB2	
<b>Descripción</b>		Clase a la que pertenece el personal que está en capacidad de realizar mantenimiento a todas las unidades de la planta .	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
CAP_HE	Capacidad de manejar herramientas utilizadas en mantenimiento.	SI, NO	-
CAP_MIE	Capacidad de manejar instrumentación eléctrica	SI, NO	-

En la siguiente tabla se define el personal perteneciente a la clase operario el estudiante debe especificar los valores de los atributos donde se encuentra subrayado con amarillo.

## Personal operario mantenimiento

Tabla 46. Atributos operario de mantenimiento

ID	JB2
<b>Descripción</b>	Operario encargado de realizar mantenimiento a las diferentes unidades de la planta.
<b>Nombre</b>	

Carga		Operario de mantenimiento	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
CAP_HE	Capacidad de manejar herramientas utilizadas en mantenimiento.	xxxx	-
CAP_MIE	Capacidad de manejar instrumentación eléctrica	xxxx	-

### 8.1.3 Paso 3. Definir el procedimiento de mantenimiento.

#### Procedimiento purga de la motobomba

Si se vacía el impulsor de la motobomba, que es una rueda que envía hacia arriba el agua, la bomba trabaja en seco, y no tiene agua que impulsar. Incluso, a la postre se puede quemar, porque la misma agua que bombea le sirve de refrigerante. Para que funcione correctamente es necesario entonces "purgar" el aire llenando de agua la succión. Para purgar la bomba, siga los siguientes pasos:

1. Quitar el tornillo principal – Ubicado en la parte superior de la motobomba (ver Figura 4)
2. Verter agua por el orificio donde estaba el tornillo hasta que comience a rebosarse
3. Volver a poner el tornillo

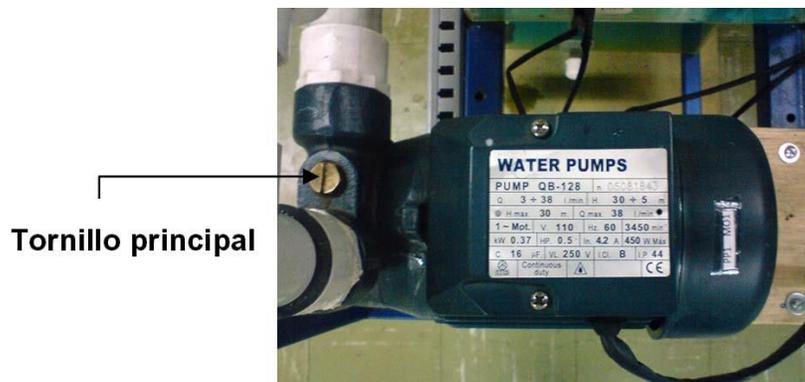


Figura 7. Vista superior de la motobomba mostrando el tornillo principal  
Tiempo estimado: 15 min

### 8.1.4 Paso 4. Segmento de proceso de mantenimiento

Se utiliza el segmento de proceso de mantenimiento definido en el estándar ISA S95.02, donde se recomienda hacer una agrupación lógica de equipo y personal de mantenimiento según el procedimiento que para este caso es purga de la Motobomba asignado al equipo motobomba.

Tabla 47. Especificación de segmento de proceso: Limpieza motobomba

ESPECIFICACION DE SEGMENTO DE PROCESO DE MANTENIMIENTO				
ID	Procedimiento Purga Motobomba	ID	PPM	
LOCALIZACION	DESCRIPCION	DURACION	30 min	
CP Bebidas carbonatadas	Es el mantenimiento que se realiza para mantener la motobomba en un buen estado	ID	RECURSOS	
Especificación de Segmento de Equipo	Equipo que sirve para desatornillar y poder quitar las tapas de la motobomba	<b>DS</b>	Destornillador plano	
Especificación de Segmento de Personal	Operario que tiene la capacidad de realizar la purga de la motobomba.	<b>JB2</b>	Operario de Mantenimiento	

### 8.1.5 Paso 5. Ingresar la información a la herramienta ERP y CMMS

#### Ingresar la información de la clase de equipo motobomba a la herramienta ERP

A continuación se describe como se debe ingresar la informacion a la herramienta ERP, además en la figura 8 se muestran los pasos a seguir.

1. Se debe dar clic en Production Management
2. Se debe dar clic en Setup
3. Se debe dar clic en Machine Category.
4. Se debe dar clic en el icono 
5. Ingresar el nombre de la clase Motobomba y la descripción de la clase.
6. Luego de ingresada la información dar clic en el icono 

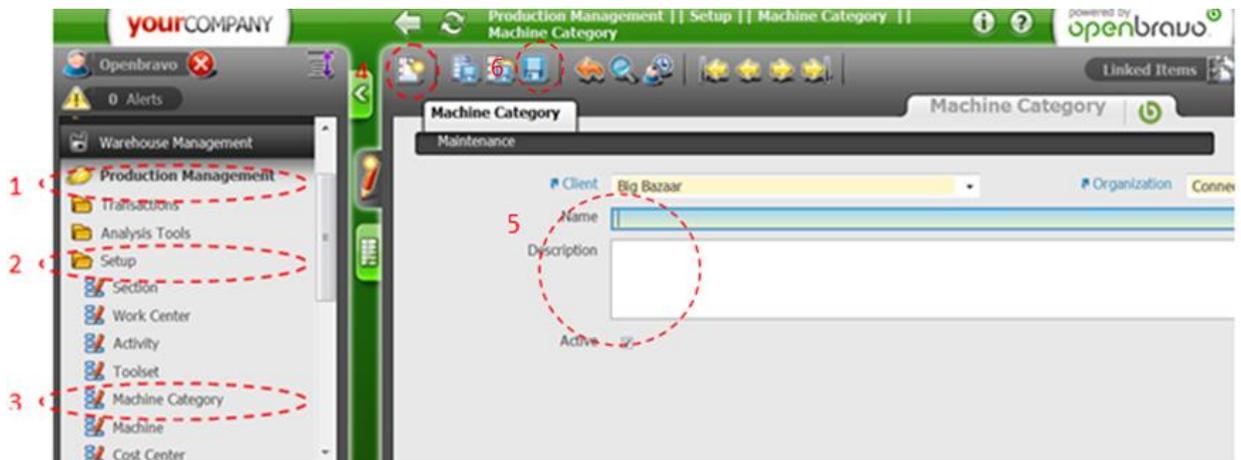


Figura 8. Ingreso de la clase equipo.

### Ingresar la información del Equipo Motobomba a la herramienta ERP

1. Se debe dar clic en Production Management
2. Se debe dar clic en Setup
3. Se debe dar clic en Machine.
4. Se debe dar clic en el icono 
5. Ingresar el nombre del equipo Motobomba y la descripción del equipo.
6. Luego de ingresada la información dar clic en el icono 



Figura 9. Ingreso del equipo Motobomba ERP.

Ingresar la información de la clase de equipo motobomba a la herramienta CMMS.

1. Se debe dar clic en GMAO, luego en Equipo.



Figura 10. Ingreso de la clase de equipo CMMS

2. Se debe dar clic en el icono 
3. Se debe ingresar la información de la clase Motobomba.
4. Luego de ingresada la información dar clic en el icono 



Figura 11. Ingreso de la información de la clase equipo CMMS.

## Ingresar la información del equipo motobomba a la herramienta CMMS.

1. Se debe dar clic en GMAO, luego en Equipo.



Figura 12. Ingreso del equipo CMMS

2. Se debe dar clic en el icono  New
3. Se debe ingresar la información del equipo Motobomba.
4. Se debe especificar que el equipo hace parte de la clase motobomba.
5. Luego de ingresada la información dar clic en el icono  Save



Figura 13. Ingreso de la información equipo CMMS

## Ingresar la información del procedimiento de mantenimiento a la herramienta ERP.

1. Se debe dar click en Production Management
2. Se debe dar click en Setup
3. Se debe dar click en Maintenance Task.
4. Se debe dar click en el icono 
5. Ingresar el nombre del procedimiento purga de la motobomba con su descripción.
6. Luego de ingresada la información dar clic en el icono 

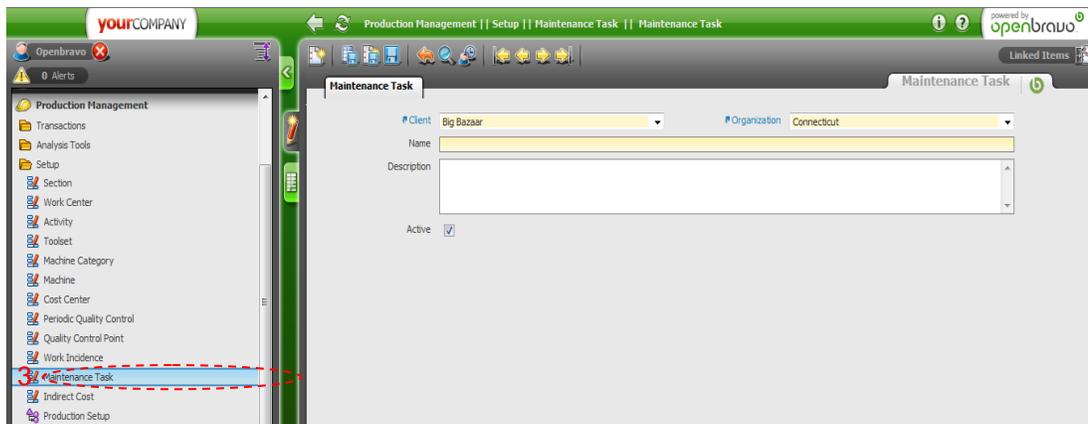


Figura 14. Ingreso del procedimiento de mantenimiento

## Ingresar la información del procedimiento de mantenimiento a la herramienta CMMS.

1. Se debe dar clic en GMAO
2. Se debe dar clic en Gestor de tareas



Figura 15. Ingreso del procedimiento en la herramienta CMMS

3. Dar clic en Action, luego dar clic en Crear Nuevo grupo de Tareas e ingresar el nombre del procedimiento (procedimiento purga motobomba).

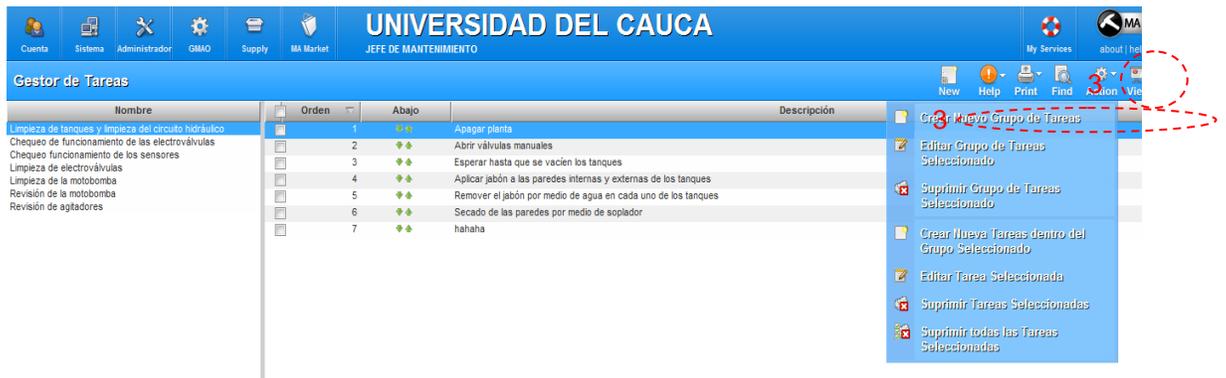


Figura 16. Ingreso del procedimiento purga Motobomba

4. Seleccionar el procedimiento purga de motobomba y dar clic en el icono , ingresar cada una de las tareas del procedimiento purga motobomba.



## 8.2 Etapa 2. Nivel 4, Programación de mantenimiento periódico herramienta ERP

### 8.2.1 Paso 1. Crear periodicidad en la herramienta ERP Openbravo.

1. Se debe dar clic en Production Management
2. Se debe dar clic en Setup
3. Se debe dar clic en Machine.
4. Seleccionar el equipo motobomba.
5. Dar clic en Maintenance



Figura 17. Ingreso de mantenimiento ERP

6. Se debe dar clic en Periodicity
7. Se debe dar clic en el icono 
8. Se debe seleccionar el Equipo Motobomba, se debe asignar el procedimiento en maintenance y la periodicidad en Periodicity Type que para este caso se colocara mensual.
9. Luego de ingresada la información dar clic en el icono 

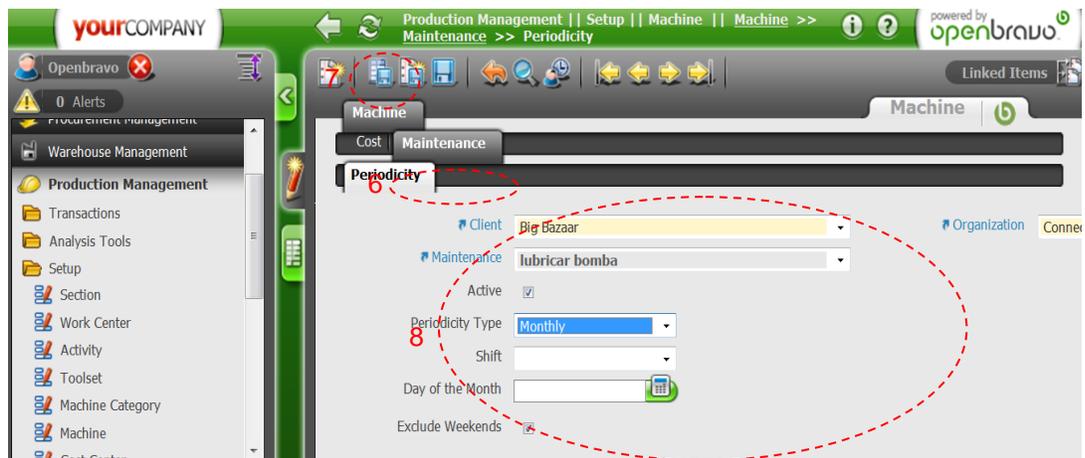


Figura 18. Ingreso de la información del mantenimiento periódico.

### 8.2.2 Paso 2. Crear lista de mantenimiento periódicos a programar en la herramienta CMMS

1. Se debe dar clic en Production Management
2. Se debe dar clic en Transactions
3. Se debe dar clic en Insert Maintenances.
4. Seleccionar el rango de tiempo para el que se genera la lista de mantenimientos periódicos en la programación detallada de mantenimiento que en este caso serán 6 meses.
5. Dar clic en OK.

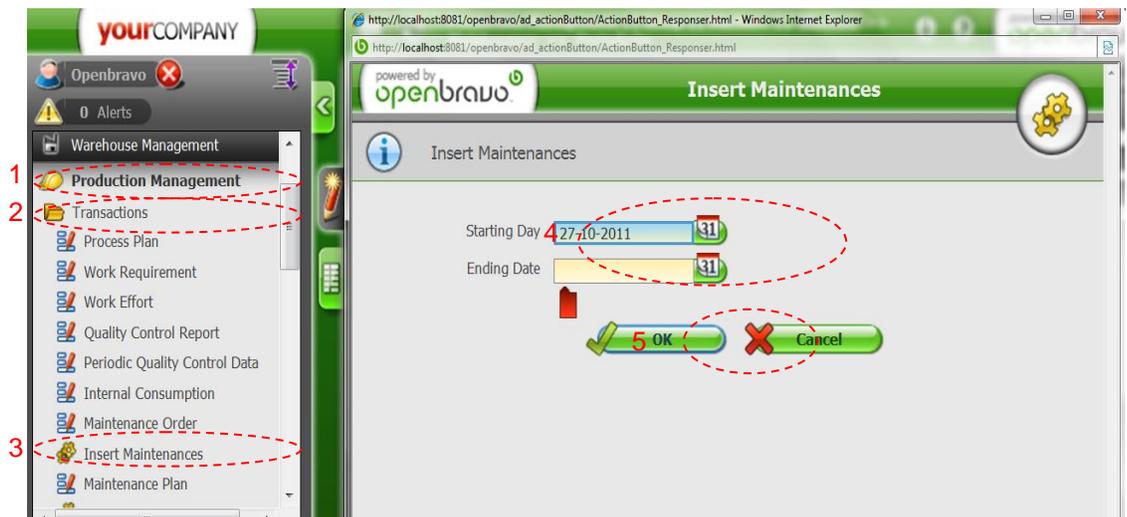


Figura 19. Generar lista de mantenimientos periódicos.

### 8.2.3 Paso 3. Selección de la información para programar los mantenimientos periódicos

1. Se debe dar clic en Production Management
2. Se debe dar clic en Transactions
3. Se debe dar clic en Maintenance Plan.
4. Se debe dar clic en el icono , que genera una lista de los mantenimientos a programar en la herramienta CMMS. Como se muestra en la figura 19.



Figura 20. Planificación de mantenimientos periódicos

Maintenance	Planned Date	Shift	Maintenance Type	Machine Type	Machine
lubricar bomba	15-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1
lubricar bomba	16-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1
lubricar bomba	19-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1
chequeo funcionamiento de la ecetrovalvula	19-06-2011	Morning shift	Preventive		TAAL1 - Tanque de almac
lubricar bomba	20-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1
lubricar bomba	21-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1
lubricar bomba	22-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1
lubricar bomba	23-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1
lubricar bomba	26-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1
lubricar bomba	27-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1
lubricar bomba	28-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1
lubricar bomba	29-06-2011	Morning shift	Preventive		B01 - Bomba1

Figura 21. Lista de mantenimientos.

## 8.3 Etapa 3. Programación Detallada de Mantenimiento CMMS.

### 8.3.1 Paso 1. Crear nueva programación de mantenimiento

1. Dar clic en GMAO
2. Dar clic en Mantenimiento Planificado



Figura 22. Creación de la programación de mantenimiento detallada

3. Dar clic en el icono 



Figura 23. Lista de la programación detallada de mantenimiento.

4. Ingresar la información del equipo para programar el mantenimiento periódico según la lista que se obtuvo de la herramienta ERP.



Figura 24. Ingreso de la información de la planificación de mantenimiento

### 8.3.2 Paso 2. Establecimiento de la fecha del mantenimiento

1. Dar clic en Planificación
2. Dar clic en añadir



Figura 25. Planificación del mantenimiento

3. Ingresar la cada cuanto está programado el mantenimiento periódico, desde que fecha se debe empezar y durante cuánto tiempo será programado.

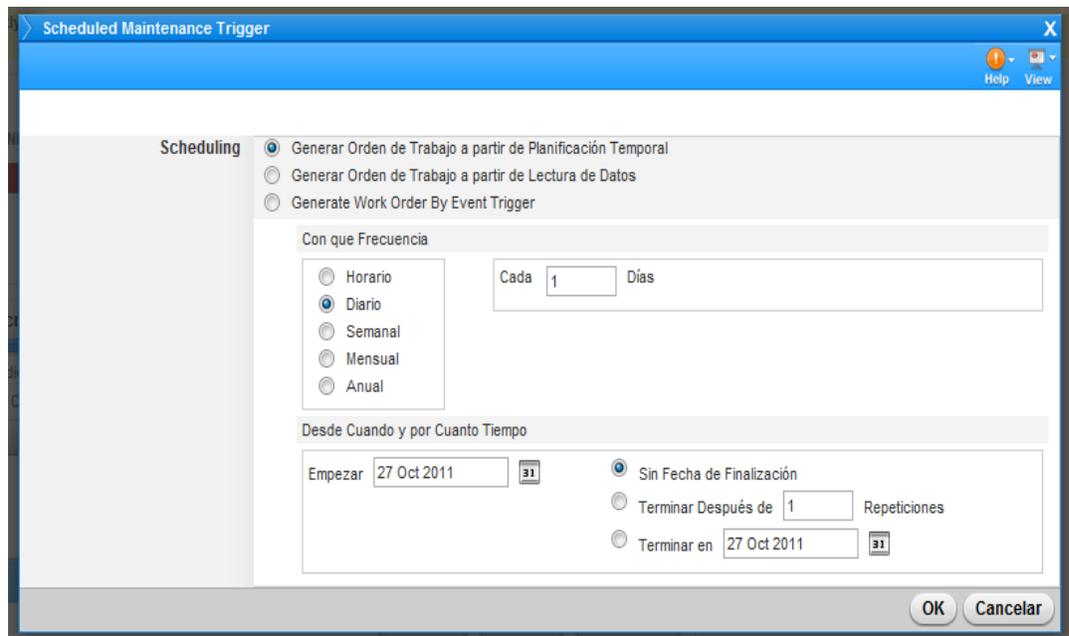


Figura 26. Ingreso fecha del mantenimiento periódico.

### 8.3.3 Paso 3. Ingreso del procedimiento a seguir en la ejecución del mantenimiento.

4. Dar clic en tareas
5. Dar clic en añadir tareas y seleccionar el procedimiento purgar motobomba.



Figura 27. Ingreso del procedimiento de mantenimiento

### 8.3.4 Paso 4. Ingreso de los recursos para realizar el mantenimiento.

1. Dar clic en repuestos



Figura 28. Ingreso de recursos

2. seleccionar el recurso desatornillador plano.



3. dar clic en el icono 