

REQUERIMIENTOS TECNICOS PARA UN SISTEMA DE INFORMACION QUE
FACILITE EL CONTROL Y REGISTRO DEL MANTENIMIENTO DE LOS
TRANSFORMADORES DE POTENCIA

NICOLAS MANTILLA REINAUD

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2006

REQUERIMIENTOS TECNICOS PARA UN SISTEMA DE INFORMACION QUE
FACILITE EL CONTROL Y REGISTRO DEL MANTENIMIENTO DE LOS
TRANSFORMADORES DE POTENCIA

NICOLAS MANTILLA REINAUD

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

Directora: ADELIA ESTER REINAUD CUELLI
Profesora en Ciencias de la Educación

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2006

A mi madre, a mi padre y a mi hermano, quienes han sido para mí un modelo a seguir...

RESUMEN

TITULO: REQUERIMIENTOS TECNICOS PARA UN SISTEMA DE INFORMACION QUE FACILITE EL CONTROL Y REGISTRO DEL MANTENIMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA

AUTOR: NICOLAS MANTILLA REINAUD**

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO, SISTEMA DE INFORMACION DE MANTENIMIENTO, REQUERIMIENTOS, TRANSFORMADOR.

DESCRIPCION O CONTENIDO: Esta Monografía presenta el análisis y la propuesta de un nuevo sistema de la información para el área de mantenimiento de una empresa del sector energético. Este sector se caracteriza por poseer equipos de alto costo de adquisición y delicados en su operación y mantenimiento. Esta característica amerita la utilización de una herramienta que facilite el control y registro del mantenimiento de los mismos.

La falta de organización, control de la información existente en Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la Electrificadora de Santander S.A (ESSA S.A), justifica la realización de este trabajo que a través de los objetivos propuestos como son el análisis de la modalidad operativa utilizada actualmente, la identificación de los factores y procesos técnicos de dicha modalidad que pudieran servir como requerimientos y la selección de nuevos requerimientos con base en la teoría existente permita aportar una solución al problema.

De esta forma en el primer capítulo se presenta a la ESSA S.A y los aspectos estructurales del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas pertinentes para los objetivos de esta investigación.

En el segundo y cuarto capítulo se hace referencia a la actual modalidad operativa del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas en lo que respecta al control del mantenimiento de Transformadores de potencia. En estos capítulos se enfatizan los aspectos funcionales que tienen que ver con los procesos de información, destacando aciertos, carencias y/o deficiencias.

En el tercer capítulo se plantean dos pilares teóricos constituidos por el Sistema de Mantenimiento y el Sistema de Información del Mantenimiento.

Finalmente en el capítulo cinco se sintetizan los componentes identificados tanto en el contexto como en la teoría, es decir los requerimientos técnicos, en un modelo o Sistema de Información de Mantenimiento, con lo que se concreta el objetivo general del presente estudio.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en gerencia de Mantenimiento, Directora: Adelia Ester Reinaud Cuelli, Licenciada en Ciencias de la Educación.

SUMMARY

TITLE: TECHNICAL REQUIREMENTS FOR A SYSTEM OF INFORMATION THAT FACILITATES THE CONTROL AND REGISTRATION OF THE MAINTENANCE OF THE TRANSFORMERS OF POWER*

AUTHOR: NICOLÁS MANTILLA REINAUD**

KEY WORDS: MAINTENANCE, SYSTEM OF INFORMATION OF MAINTENANCE, REQUIREMENTS, TRANSFORMER.

SUBJECT OR DESCRIPTION: This Monograph presents the analysis and the proposal of a new system of the information for the area of maintenance of a company of the energy sector. This sector is characterized to possess equipment of high cost of acquisition and delicate in its operation and maintenance. This characteristic it requires the use of a tool that facilitates the control and registration of the maintenance of the same ones.

The organization lack, control of the existent information in Department of Maintenance of Substations and Lines of the Electrificadora of Santander S.A (ESSA S.A), it justifies the realization of this work that through the objectives proposed as they are the analysis of the operative modality used at the moment, the identification of the factors and technical processes of this modality that could serve as requirements and the selection of new requirements with base in the existent theory allow to contribute a solution to the problem.

This way in the first chapter is presented to the ESSA S.A and the structural aspects of the Department of Maintenance of Substations and Lines.

In the second and quarter chapter is made reference to the current operative modality of the Department of Maintenance of Substations and Lines in what concerns to the control of the maintenance of Transformers of power. In these chapters the functional aspects are emphasized that have to do with the processes of information, highlighting successes, lacks and/or deficiencies.

In the third chapter they think about two theoretical pillars constituted by the System of Maintenance and the SIM.

Finally in the chapter five the identified components are synthesized as much in the context as in the theory, that is to say the technical requirements, in a model or SIM, with what the general objective of the present study is summed up.

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Adelia Ester Reinaud Cuelli, Graduate in Sciences of the Education.

CONTENIDO

	pág
	11
1	12
1.1	13
1.1.1	14
1.1.2	15
1.1.3	16
1.1.4	16
1.1.5	17
1.2	18
1.3	21
2	25
2.1	26
2.1.1	27
2.1.2	30
2.1.3	34
2.1.4	36
2.1.5	39
3	42
3.1	42
3.1.1	43
3.1.2	44
3.1.3	45
3.2	46
3.2.1	47
3.2.2	50
3.2.3	51
3.2.4	53
3.2.5	54
3.2.6	54

	pág	
4	ANALISIS DEL SISTEMA DE INFORMACION ACTUAL	56
4.1	ENTRADAS DEL SISTEMA	58
4.2	SISTEMA DE INFORMACION ACTUAL	59
4.2.1	Módulo para el control de ordenes de trabajo (OT)	60
4.2.2	Módulo para la administración de la información general y técnica	61
4.2.3	Módulo de control de inventarios	62
5	DEFINICION DE LOS REQUERIMEITNOS TECNICOS DEL SISTEMA DE INFORMACION DE MANTENIMIENTO PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIA	64
5.1	MODULO PARA EL CONTROL DE LAS OT	65
5.2	MODULO DE ADMINSTRACION DE LA INFORMACION GENERAL Y TECNICA DE LOS TRASNFORMADORES	66
5.3	MODULO DE CONTROL DE INVENTARIOS	68
5.4	MODULO PARA LA ELABORACION DE INFORMES TECNICOS Y ADMISNTRATIVOS	68
5.5	MODULO PARA LA ADMINSTRACION DEL RECURSO FISICO	69
5.6	MODULO DE SALUD OCUPACIONAL Y RECURSOS HUMANOS	70
6	CONCLUSIONES	72
	BIBLIOGRAFIA	73

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Ubicación geográfica de la sede principal de la ESSA, del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas y las subestaciones mas importantes de la ciudad	13
Figura 2. Transformadores Subestación Palos	14
Figura 3. Transformadores de la Subestación Palenque	15
Figura 4. Transformadores de la Subestación Minas	16
Figura 5. Transformadores de la Subestación Florida	17
Figura 6. Transformadores de la Subestación Bucaramanga	18
Figura 7. Esquema de un sistema de distribución de energía, desde la planta generadora hasta los diversos consumidores	19
Figura 8. Sistema de distribución e energía de la ESSA	20
Figura 9. Núcleo y bobinas del transformador de potencia	21
Figura 10. Elementos externos del transformador	22
Figura 11. Posición del Departamento de Mantenimiento en el organigrama de la ESSA	25
Figura 12. Organización interna del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas	26
Figura 13. Esquema del Proceso de Mantenimiento de Subestaciones	26
Figura 14. Programa de mantenimiento para el mes de Junio de 2005	27
Figura 15. Programación de mantenimiento del día 16 de Junio de 2005	28
Figura 16. Procesos de la etapa de Planeación	30
Figura 17. Cara frontal del formato de orden de trabajo empleado en la ESSA	31
Figura 18. Cara posterior del formato de orden de trabajo empleado en la ESSA	32
Figura 19. Orden de Trabajo diligenciada	35
Figura 20. Cara posterior de la OT B-0088659	37
Figura 21. Campos de la OT verificados en la etapa de validación de información	40
Figura 22. Campos de la OT verificados en la etapa de validación de información (continuación)	41
Figura 23. Esquema del sistema de mantenimiento	43
Figura 24. Estructura básica de un sistema de Información de Mantenimiento	47

	pág
Figura 25. Diagrama de flujo del modulo de Control de OT	49
Figura 26. Diagrama de flujo del modulo de Control de OT (continuación)	50
Figura 27. Diagrama de flujo del modulo de control de inventarios	52
Figura 28. Informes del SIM	53
Figura 29. Funciones básica del sistema de información de mantenimiento	55
Figura 30. Sistema de información actual del departamento de mantenimiento	56
Figura 31. Diagrama de flujo del sistema de información del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas	57
Figura 32. Entradas del sistema	58
Figura 33. Módulos actuales del sistema de información del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas	60
Figura 34. Metodología utilizada para la determinación de los requerimientos del SIM	64
Figura 35. Módulos del Sistema de Información Propuesto	65
Figura 36. Modulo para el control de OT	67
Figura 37. Módulo para la administración de la información general y técnica de los equipos	67
Figura 38. Modulo para la elaboración de informes técnicos y administrativos	69
Figura 39. Modulo de Salud ocupacional y Recursos Humanos	71

INTRODUCCION

En Colombia el mejoramiento y desarrollo de Sistemas de Información en los diferentes sectores de la economía ha tenido un incremento en los últimos años. Como ejemplo de este incremento vemos diariamente la creación de nuevos sistemas de información como son los de la vigilancia de la contratación (SICE), meteorológicos (IDEAM), académicos (Universidades, Colegios), comerciales (sector bancario), los cuales son apenas una pequeña muestra de dicho incremento. Estos desarrollos se deben en parte a las investigaciones que realizan las empresas dedicadas a la comercialización de estos productos así como también a la creación de mejores y nuevos canales de comunicación (fibra óptica, redes LAN, Redes inalámbricas).

En Santander hay empresas que se han destacado por los desarrollos que han realizado en este campo, tal es el caso de SIIGO y Electrosoftware entre otras. Electrosoftware ha sido la empresa que ha tenido la responsabilidad de actualizar los nuevos sistemas de información de las diferentes dependencias de la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P, sin embargo en el área de mantenimiento la empresa no ha realizado ningún desarrollo a la fecha. Es por esto que se crea la necesidad de realizar una investigación mediante la cual se logren proponer una serie de requerimientos técnicos que posibiliten el diseño de un sistema de información para el control del mantenimiento de equipos en dicha empresa.

A través del nuevo diseño que resulte de la aplicación de los requisitos propuestos se pretende resolver las carencias y/o deficiencias identificadas en la actual modalidad operativa que utiliza la empresa. Conviene aclarar que el propósito general de esta investigación es la definición de los requerimientos y sus formas de interacción en un modelo teórico, más no la elaboración de algún tipo de software.

El trabajo que se presenta está estructurado en cinco capítulos a través de los cuales se va poder conocer a la Empresa Electrificadora de Santander y los aspectos estructurales del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas, luego se realiza el análisis de la modalidad operativa actual, posteriormente se plantean dos pilares teóricos constituidos por el Sistema de Mantenimiento y el Sistema de Información del Mantenimiento para finalmente sintetizar los componentes identificados tanto en el contexto como en la teoría, es decir los requerimientos técnicos, en un modelo o Sistema de Información de Mantenimiento, con lo que se concreta el objetivo general del presente estudio.

1. ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.

La Electrificadora de Santander S.A. E.S.P es una empresa dedicada a la Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de energía eléctrica en el departamento de Santander a través de sus redes de transmisión y subestaciones de potencia.

La ESSA fue fundada en el año de 1881 por dos empresarios alemanes, Julio Jones y Rinaldo Goelkel, quienes instalaron la planta de Chitota, a corta distancia de la ciudad de Bucaramanga (hacia el norte), una planta que generaba 160 caballos de fuerza a través de la utilización de la energía suministrada por la caída de agua del río Suratá.

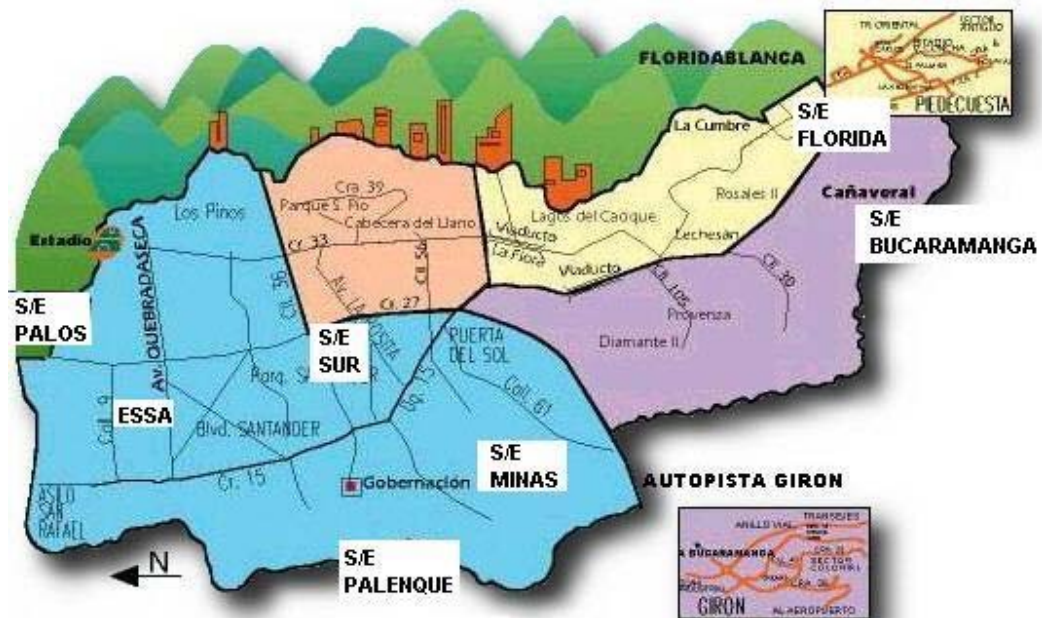
Así nació entonces la Empresa Electrificadora de Santander, cuyo primer nombre fue Compañía Anónima Eléctrica de Bucaramanga.

Fue ésta, además, la primera hidroeléctrica de Colombia y su impacto fue decisivo para el desarrollo urbanístico, industrial y cultural de la capital santandereana.

Hoy en día tiene más de cuatrocientos mil clientes industriales, comerciales y residenciales, los cuales en su mayoría están concentrados en las ciudades más importantes del departamento, en donde la ESSA ha ubicado algunas de sus sedes, como son: Socorro, San Gil, Barrancabermeja, Barbosa y Málaga.

La ESSA con la ayuda de su planta de personal de aproximadamente 1200 empleados, tiene una importante participación a nivel regional y nacional en los negocios de Generación (Planta de Termobarranca, Termoyopal y Palmas), Transmisión (Líneas de 220 a 34.5 kV), Distribución (Redes urbanas y rurales) y Comercialización (Clientes regulados y no regulados) de energía eléctrica. La ESSA controla todas sus operaciones desde su sede principal la cual se encuentra ubicada en la carrera 19 # 24-56 de la ciudad de Bucaramanga tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Ubicación geográfica de la sede principal de la ESSA, del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas y las subestaciones más importantes de la ciudad.



S/E: Subestación

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA

Para el logro de los objetivos del presente trabajo se tendrán en cuenta los siguientes aspectos estructurales y funcionales de dicha empresa:

- Principales Subestaciones.
- Sistema distribución de energía.
- Transformador de Potencia.
- Modalidad operativa actual: Proceso de mantenimiento
- Sistema de Información actual.

1.1 PRINCIPALES SUBESTACIONES DEL AREA URBANA DE BUCARAMANGA, FLORIDABLANCA Y GIRON

La ESSA posee en Bucaramanga, Floridablanca y Girón cinco subestaciones de transformación tal como se muestra en la figura 1, las cuales suministran el 90 % de la demanda de energía de la región. Estas subestaciones son:

1.1.2 Subestación Palenque

La subestación Palenque se encuentra ubicada sobre la vía que de el Café Madrid conduce a la ciudad de Girón. Esta subestación posee cinco transformadores de potencia tal como se muestra en la figura 3

Figura 3. Transformadores de la Subestación Palenque



Transformador Trifásico (T1)
Marca: Pauwels Trafo Belgium
Potencia Nominal: 25/37.33 MVA
Relación de Tensión: 115/33 kV



Transformador Trifásico (T2)
Marca: Westinghouse
Potencia Nominal: 10/11.2 MVA
Relación de Tensión: 33/13.2 kV



Transformador Trifásico (T3)
Marca: Jeumont-Schneider
Potencia Nominal: 15/20 MVA
Relación de Tensión: 34.5/13.8 kV



Transformador Trifásico (T4)
Marca: Alsthom Savoisiene
Potencia Nominal: 25 MVA
Relación de Tensión: 115/33 kV



Transformador Trifásico (T6)
Marca: Hyundai
Potencia Nominal: 30/40 MVA
Relación de Tensión: 115/34.5/13.8 kV

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA

1.1.3 Subestación Minas

La subestación Minas se encuentra ubicada en la Ciudadela Real de Minas y posee dos transformadores de potencia tal como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Transformadores de la subestación Minas



Transformador Trifásico
Marca: ABB TPL
Potencia Nominal: 10/12.5 MVA
Relación de Tensión: 34.5/13.8 kV



Transformador Trifásico
Marca: BBC actualmente (ABB)
Potencia Nominal: 30/40 MVA
Relación de Tensión: 115/34.5/13.8 kV

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA

1.1.4 Subestación Florida

La Subestación Florida se encuentra ubicada en el municipio de Floridablanca sobre la vía que de la autopista conduce a la vereda Acapulco. Esta subestación posee dos transformadores de potencia tal como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Transformadores de la Subestación Florida



Transformador Trifásico
Marca: ABB TPL
Potencia Nominal: 10/12.5 MVA
Relación de Tensión: 34.5/13.8 kV



Transformador Trifásico
Marca: ABB
Potencia Nominal: 30/40 MVA
Relación de Tensión: 115/34.5/13,8 kV

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA

1.1.5 Subestación Bucaramanga

La subestación Bucaramanga se encuentra ubicada en anillo vial que comunica el municipio de Floridablanca con Girón. Posee 4 transformadores de potencia tal como se muestra en la figura 6

Figura 6. Transformadores de la Subestación Bucaramanga



Autotransformador Fase Roja (# 0)
Marca: Pauwels Trafo Belgium
Potencia Nominal: 50 MVA
Relación de Tensión: 230/115 kV



Autotransformador Fase Amarilla (# 4)
Marca: Pauwels Trafo Belgium
Potencia Nominal: 50 MVA
Relación de Tensión: 230/115 kV



Autotransformador Fase Azul (# 8)
Marca: Pauwels Trafo Belgium
Potencia Nominal: 50 MVA
Relación de Tensión: 230/115 kV



Transformador Trifásico (T2)
Marca: ABB
Potencia Nominal: 48 MVA
Relación de Tensión: 115/34.5 kV

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA

1.2 SISTEMA DE DISTRIBUCION DE ENERGIA

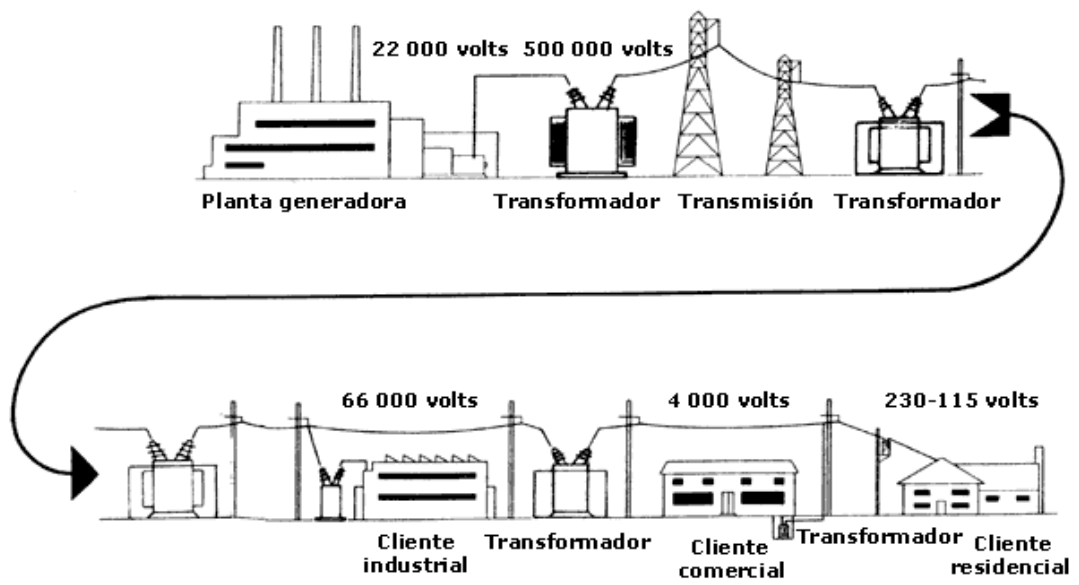
Un sistema de distribución de energía es aquel sistema que permite el transporte y posterior distribución de la energía eléctrica desde las plantas generadoras a cada uno de los usuarios finales (hogares, industrias, comercio, etc).

La creación de dichos sistemas ha sido posible gracias a la integración de los transformadores de potencia en el sistema, ya que han sido estos los que han permitido variar los niveles de voltaje de la redes de transmisión y distribución para hacer posible el transporte de grandes cantidades de flujos de energía eléctrica.

Adicionalmente estos sistemas han permitido realizar la interconexión eléctrica entre diferentes ciudades para lograr de esta forma conformar un sistema de transmisión nacional, pudiendo así realizar intercambios energéticos entre las regiones.

A continuación se presenta el esquema de un sistema de distribución de energía:

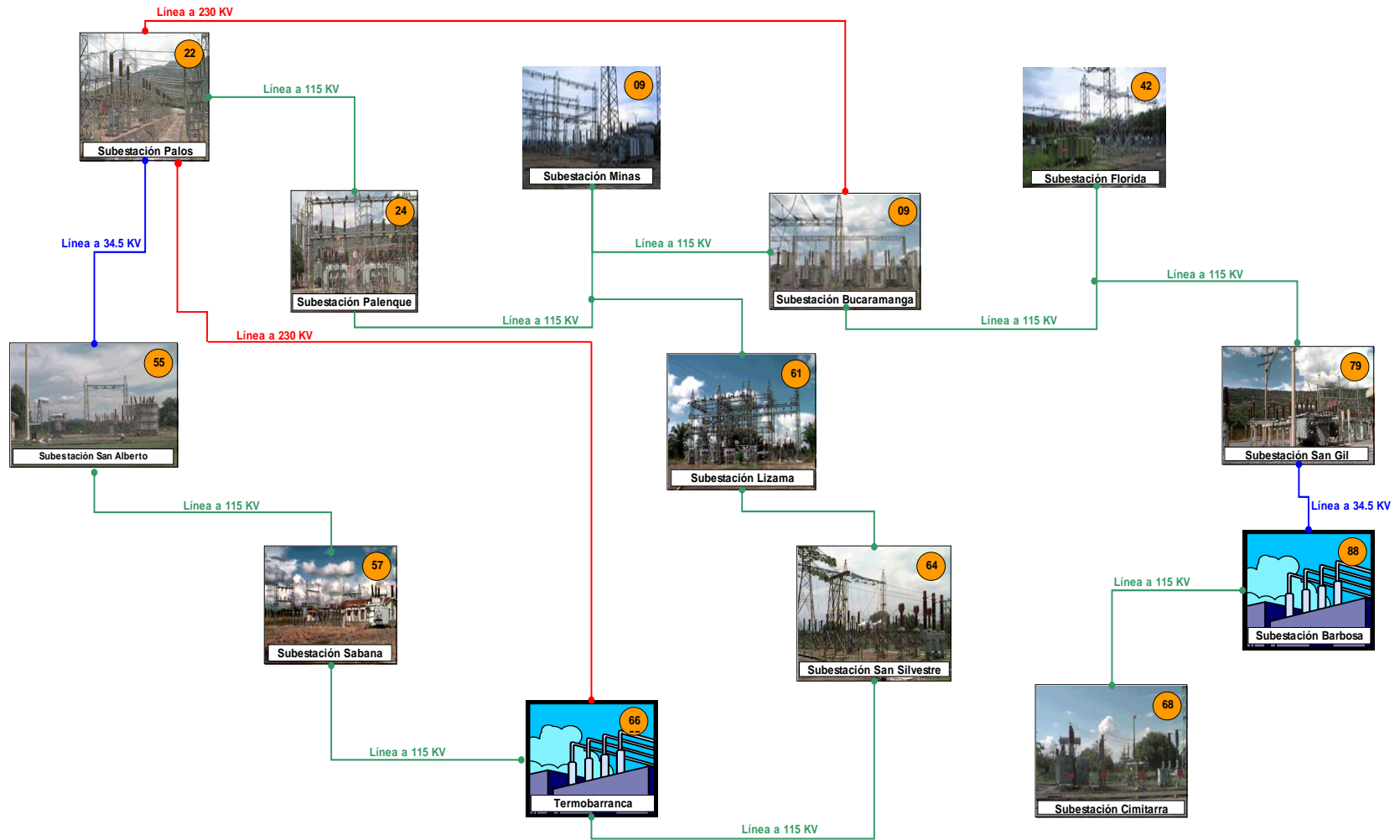
Figura 7. Esquema de un sistema de distribución de energía, desde la planta generadora hasta los diversos consumidores.



Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA

El sistema de distribución de energía que se genera de la interconexión de las subestaciones que se presentaron anteriormente se muestra en la figura 8.

Figura 8. Sistema de distribución de energía de la ESSA



20

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA

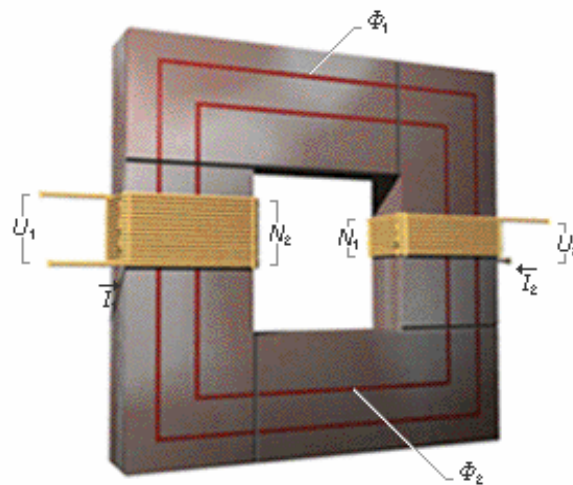
Se muestran a continuación los componentes y procesos básicos de mantenimiento para un transformador de potencia.

1.3 COMPONENTES DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA

“Un transformador es un dispositivo que cambia potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna a otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético. Consta de dos o más bobinas de alambre conductor enrolladas alrededor de un núcleo ferromagnético común.

Estas bobinas no están (usualmente) conectadas en forma directa. La única conexión entre las bobinas es el flujo magnético común que se encuentra dentro del núcleo” tal como se muestra en la figura 9².

Figura 9. Núcleo y bobinas del transformador de potencia



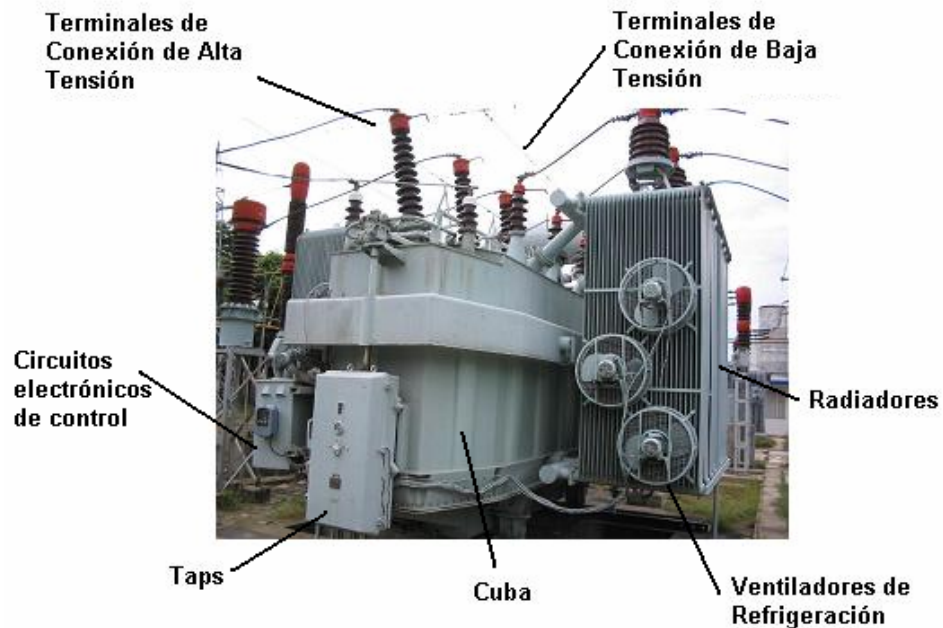
N = número de espiras I = intensidad de corriente
 U = voltaje Φ = flujo magnético

Enciclopedia Encarta, © Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

² Chapman J. Stephen, Maquinas Eléctricas (Traducción de Eduardo Rozo Castillo), tercera edición, Santa Fe de Bogota, Colombia : Mc Graw Hill, 2000, p. 61

Además el transformador está compuesto por una serie de elementos exteriores como se muestra en la figura 10, que permiten realizar la conexión del mismo a los sistemas de potencia, la refrigeración interna, el control de su operación, etc.

Figura 10. Elementos externos del transformador



- **Terminales de Conexión de Alta Tensión:** Estos terminales permiten conectar al transformador las líneas de alta tensión, las cuales son las encargadas de transportar la energía desde los centros de generación hasta los centros de transmisión y distribución.
- **Terminales de conexión de Baja Tensión:** Son los encargados de permitir la conexión de las líneas de baja tensión con el fin de transportar la energía a los centros de consumo.
- **Aceite dieléctrico:** Es el encargado de aislar eléctricamente la cuba del núcleo y los devanados. Adicionalmente cumple una función de refrigerante de todo el sistema.

- **Circuitos electrónicos de control:** Su función es la de mantener el transformador funcionando dentro de unos parámetros de seguridad establecidos, a través del monitoreo de variables tales como: voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, temperatura.
- **Taps:** Es el encargado de realizar la variación de la cantidad de espiras³ en los devanados del transformador, esto con el fin de compensar las caídas de tensión.
- **Cuba:** Es la parte metálica encargada de albergar el núcleo, los devanados y el aceite, con el fin de aislarlos del medio ambiente.
- **Ventiladores de Refrigeración:** Son los encargados de refrigerar el aceite dieléctrico que se encuentra al interior de la cuba, esto con el fin de evitar recalentamiento del núcleo y los devanados.
- **Radiadores:** Son los encargados de permitir el intercambio de calor entre el ambiente y el aceite dieléctrico con el fin de disminuir la temperatura de este último.

El mantenimiento básico que se debe realizar a los elementos presentados anteriormente es el siguiente:

- **Terminales de Conexión de Alta Tensión:** A través de la termografía se verifica la existencia de puntos calientes, lo cual indica fallas en las conexiones o pérdidas de aislamientos en los mismos. Adicionalmente se debe verificar que no existan fugas de aceite en la base de los mismos, ya que esto indica que los empaques están deteriorados o que los tornillos de fijación no están bien ajustados.
- **Terminales de conexión de Baja Tensión:** El mantenimiento que se efectúa a estos elementos es el mismo que el aplicado a los terminales de alta tensión.
- **Aceite dieléctrico:** Cada seis meses se deben extraer muestras de aceite del transformador con el fin de realizar pruebas de laboratorio que permitan conocer el estado de variables tales como la rigidez dieléctrica, material particulado, gases, humedad, las cuales son indicadores del estado del aceite.

³ Espiras: Devanados del transformador. Arollamiento de cobre alrededor del núcleo del transformador.

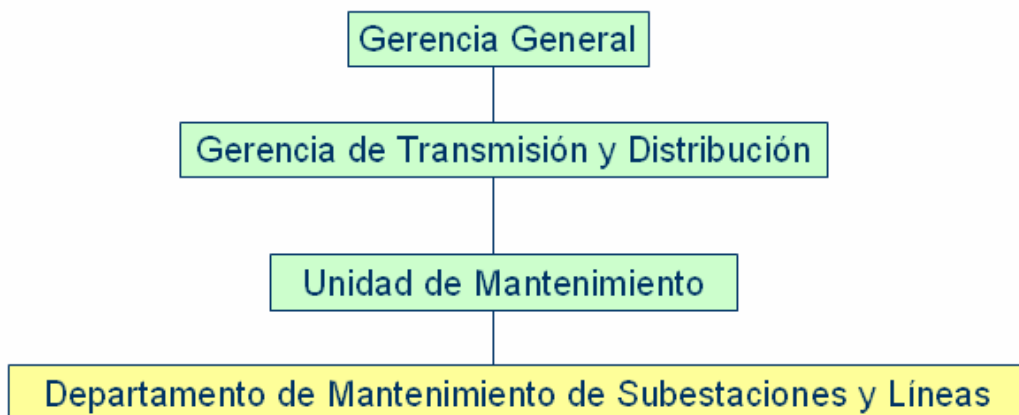
- **Circuitos electrónicos de control:** El sistema de control electrónico de los transformador permite conocer cuando está fallando algún elemento del mismo a través de las alarmas que éste emite, por lo tanto el mantenimiento de este sistema se realiza por medio de la verificación del correcto funcionamiento de los sensores induciendo fallas con el fin de poder verificar si el sistema las detecta y actúa como se espera que lo haga.
- **Taps:** Debido al movimiento al cual está sometido este elemento, es necesario realizar la verificación del correcto accionar del mismo, así como también la limpieza de sus partes móviles y contactos, ya que cuando este se opera bajo carga, el aceite dieléctrico que se encuentra a su alrededor se quema.
- **Cuba:** Una vez al año la cuba debe ser pintada con pintura resistente a la corrosión, adicionalmente se deben realizar inspecciones periódicas con el fin de verificar que no hayan fugas de aceite a través de esta.
- **Ventiladores de Refrigeración:** El mantenimiento que se realiza consiste en la verificación del funcionamiento de los mismos bien sea en modo manual o automático.
- **Radiadores:** Cada vez que se realiza un cambio de aceite del transformador los radiadores son sondeados con el fin de eliminar tanto los tapamientos en sus conductos como el material particulado que se aloja en los mismos. Adicionalmente se debe verificar que no hayan fugas de aceite.

2 ANALISIS DE LA MODALIDAD OPERATIVA ACTUAL UTILIZADA EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES Y LINEAS

El Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA es la sección encargada de mantener en óptimas condiciones de operación y mantenibilidad los activos de transmisión y transformación de energía eléctrica de la empresa.

Este Departamento hace parte de la Unidad de Mantenimiento, la cual a su vez pertenece a la Gerencia de Transmisión y Distribución tal como se muestra en la figura 11.

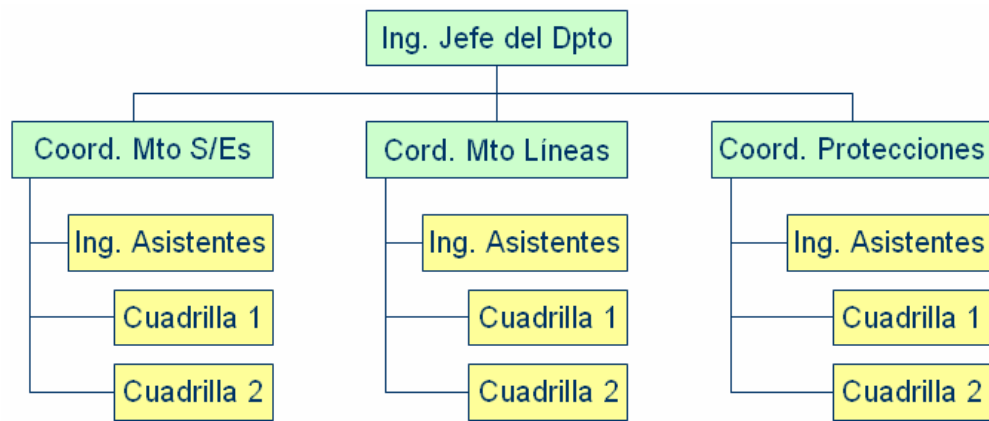
Figura 11. Posición del Departamento de Mantenimiento en el organigrama de la ESSA



Fuente: Departamento de mantenimiento de subestación y líneas de la ESSA

El equipo de trabajo que conforma el Departamento de Mantenimiento está integrado por Ingenieros Electricistas, Tecnólogos en Electrónica y Electricidad, Auxiliares Administrativos, los cuales están organizados en cuadrillas de la siguiente forma:

Figura 12. Organización interna del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas

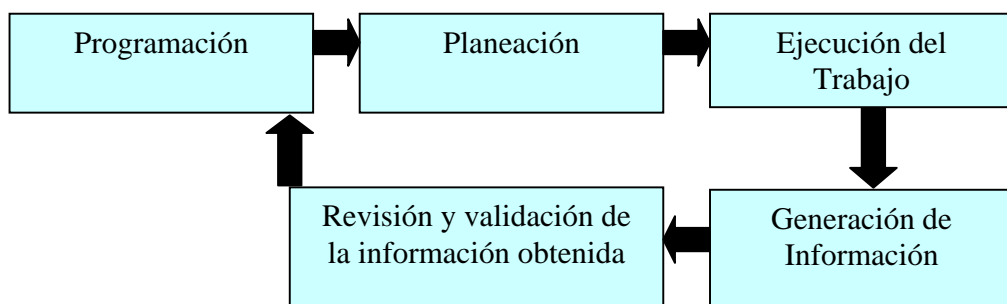


Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA

2.1 EL PROCESO DE MANTENIMIENTO

El proceso establecido para la ejecución de las tareas de mantenimiento de los equipos consta de cinco etapas como se observa en la figura 13:

Figura 13. Esquema del Proceso de Mantenimiento de Subestaciones



En cada una de las etapas del proceso se utilizan una serie de recursos físicos y humanos con el fin de lograr la continua operación de los equipos.

A continuación se presenta el análisis del funcionamiento en cada una de las etapas en donde se pueden apreciar las estrategias que se utilizan así como también el tratamiento que se da la información obtenida en el desarrollo de los trabajos.

2.1.1 Etapa de programación

En la etapa de programación del mantenimiento se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una *secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo*⁴.

La figura 14 muestra un ejemplo de un programa mensual elaborado por el ingeniero de mantenimiento de subestaciones.

Figura 14. Programa de mantenimiento para el mes de Junio de 2005

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
			1	2	3
					4
6 ****	7 ****	8 MALAGA Mto transformador T1 - Mto Disy 34.5 kv T1 (Aceite) - Mto Disy 13.8 kv T1 (C SF6) - Mto Disy 13.8 kv Celdas (C SF6)	9 MALAGA Mto transformador T2 - Mto Disy 34.5 kv T2 (Aceite) - Mto Disy 13.8 kv Celdas (C SF6)	10 MALAGA Recloser y seccionalizadores	11 ****
13	14 NORTE-SUR Mto Disy 34.5 kv Lna Norte-Sur (C SF6) Mto Disy 34.5 kv Lna Sur-Norte (Aceite)	15 NORTE Mto transformador T1 - Mto Disy 34.5 kv T1 (C SF6) - Mto Disy 13.8 kv T1 (C SF6) - Mto Disy 13.8 kv Celdas (C SF6)	16 NORTE Mto transformador T2 - Mto Disy 34.5 kv T2 (C SF6) - Mto Disy 13.8 kv T2 (C SF6) - Mto Disy 13.8 kv Celdas (C SF6)	17 MINAS-PALENQUE Mto Disy. 115 kv Lna Minas-Pque (SF6) Mto Disy. 115 kv Lna Minas-Pque (ACEITE)	18 MINAS-BUCARAMANGA Mto Disy. 115 kv Lna Minas-Bga (SF6) Mto Disy. 115 kv Lna Bga-Minas (SF6)
20 CONUCO-MINAS Mto Disy 34.5 kv Lna Con-Min Mto Disy 34.5 kv Lna Min-Con	21 CONUCO-FLORIDA Mto Disy 34.5 kv Lna Con-Flo (C SF6) Mto Disy 34.5 kv Lna Flo-Con (C SF6)	22 CONUCO-BUCARAMANGA Mto Disy 34.5 kv Lna Con-Bga (C SF6) Mto Disy 34.5 kv Lna Bga-Con (Aceite)	23 CONUCO Mto transformador T2 - Mto Disy 34.5 kv T2 (C SF6) - Mto Disy 13.8 kv T2 (ACEITE) - Mto Disy 13.8 kv Celdas (ACEITE)	24	25 ****
27	28 ****	29 ****	30 ZAPATOCA Mto transformador T1 - Mto Disy 34.5 kv T1 (Aceite) - Mto Disy 13.8 kv T1 (ACEITE) - Mto Disy 13.8 kv Celdas (C SF6)		

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas ESSA

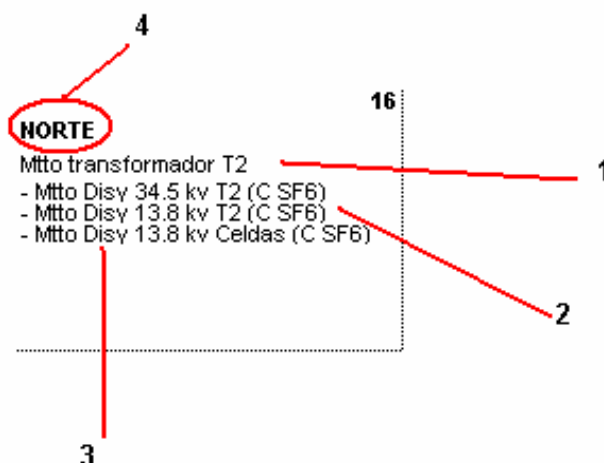
⁴ CAMPBELL, JOHN DIXON. DUFFUAA, SALIH O y RAOUF A. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control, Balderas, México: Limusa Wiley, 2005, p. 197

El programa anual de mantenimiento es realizado por el ingeniero coordinador de mantenimiento de subestaciones en un archivo de Excel, en el cual se consigna la programación mensual y diaria de las actividades de mantenimiento que deberán ser efectuadas durante el año. Algunos de los criterios que se utilizan para efectuar la programación son los siguientes:

- La experiencia del personal del área de mantenimiento.
- Los reportes derivados de las inspecciones realizados por el personal de mantenimiento predictivo, operadores de las subestaciones y el centro de control.
- Las frecuencias establecidas por la programación del año anterior.

A título de ejemplo se analiza a continuación la programación del día 16 de Junio de 2005 presentada en la figura 14, para poder así evaluar los aspectos positivos y negativos de dicha programación:

Figura 15. Programación de mantenimiento del día 16 de Junio de 2005



Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas ESSA

Si se lee detenidamente la programación se puede ver que no es clara en su contenido y estructura; por lo tanto se ha marcado en rojo la información que genera confusión al lector con el fin de analizar su aporte al proceso de mantenimiento:

Número 1: Se entiende que la actividad que está programada para ese día es el mantenimiento al transformador T2; sin embargo la palabra mantenimiento es muy extensa, por lo tanto se considera que el programador debe ser más específico en el alcance del trabajo que desea se efectúe sobre el equipo, es decir si la actividad

que hay para ese día es el mantenimiento de los ventiladores de enfriamiento del transformador, se esperaría que después de “Mtto transformador T2” se añadiera “limpieza de los ventiladores de enfriamiento de los radiadores”. Se debe describir la tarea específica que se va a desarrollar al equipo.

La falta de claridad en el alcance de las tareas de mantenimiento que deben efectuarse es un aspecto negativo en la programación, debido a que si no está claro el alcance del trabajo las demás etapas del proceso pueden verse afectadas por la falta de información por parte del programador.

Número 2: Es similar al caso anterior, en el sentido de que el programador no está especificando el tipo de mantenimiento que debe ser aplicado a los equipos.

Número 3: Se utilizan abreviaturas para los nombres técnicos de los equipos. Lo correcto sería escribir la palabra completa que es “disyuntor”⁵ y no “Disy”. La utilización de estas abreviaturas presenta un obstáculo al lector que no está familiarizado con este tipo de lenguaje técnico.

Esta falta de claridad al nombrar los equipos es otro aspecto negativo, ya que por desconocimiento del lenguaje un operario puede realizar el mantenimiento a un equipo diferente al que el programador hace referencia en su programa.

Número 4: Con la palabra “NORTE” el programador hace referencia al lugar donde se llevará a cabo la actividad, que en este caso es la Subestación Norte. Sin embargo la palabra NORTE por sí sola tiene la connotación de ser un punto cardinal; por lo tanto nuevamente el programador ha creado la posibilidad de generar una situación de confusión. Esta se puede dar a lo largo del proceso de mantenimiento.

Si se continúa analizando más profundamente el ejemplo de la figura 15, se puede advertir que en ninguna parte aparece el acople de los trabajos a ejecutar con los recursos, tal como se planteó anteriormente cuando se definió la programación.

Además de los cuatro aspectos negativos que se han enumerado aparecen otros más que no están a simple vista pero que también tienen incidencia sobre el desarrollo del proceso, a saber:

- No se indica la cuadrilla responsable de efectuar el trabajo, así como tampoco la cantidad de personal que debe participar en el mismo.
- No existe una lista de materiales, herramientas, repuestos, etc que deban ser utilizados.

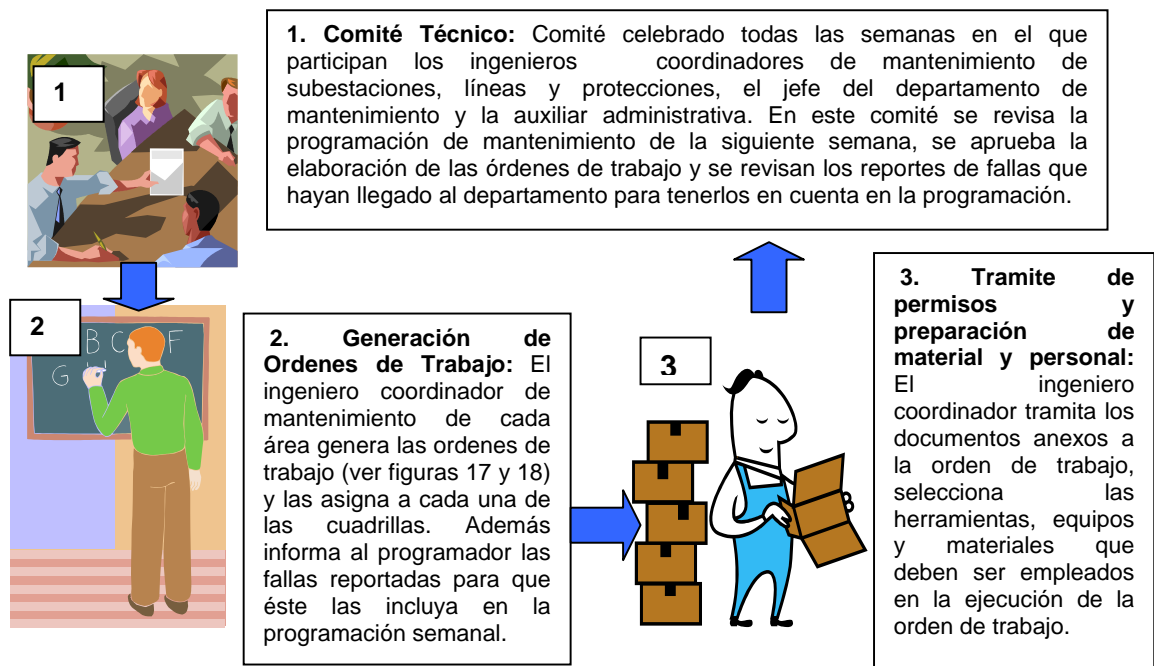
⁵ Disyuntor: Interruptor de potencia utilizado en las subestaciones

- No se especifica si el equipo va estar disponible ese día o si el área de producción tiene conocimiento de dicha programación.
- No se especifica la hora en que se debe iniciar ni la hora en que se debe finalizar el mantenimiento.
- No se indican los formatos, planos, dibujos, especificaciones técnicas, catálogos, etc, que deben ser consultados o llevados a terreno para la ejecución del trabajo.
- No se indica el estado actual del equipo, es decir si está operando actualmente, si presenta alguna falla que haya sido reportada.
- No se especifica cual fue la última intervención que ha tenido el equipo, los resultados de ese último mantenimiento, las condiciones como quedo operando.

2.1.2. Etapa de planeación

La etapa de planeación es un eslabón de la cadena del proceso de mantenimiento que consta de los siguientes procesos tal como se muestra en figura 16.

Figura 16. Procesos de la etapa de planeación



A continuación se muestra una orden de trabajo de las utilizadas en el proceso.

Figura 17. Cara frontal del formato de orden de trabajo empleado en la ESSA

COPIA EJECUTOR - ARCHIVO

ESSA ELECTRICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P. NIT 890.201.230-1 SOLICITUD DE TRABAJO		No.	FECHA EMISIÓN																																														
		A-	DIA	MES	AÑO																																												
DIRECCION		SUBEST.	CIRCUIT.	SOLICIT.																																													
BARRIO CIUDAD		EQUIPO																																															
MOTIVO DE LA SOLICITUD:		PRIORIDAD EL TRABAJO NORMAL <input type="checkbox"/> URGENTE <input type="checkbox"/>																																															
		LABOR VISITAR <input type="checkbox"/> CORREGIR <input type="checkbox"/> INFORMAR <input type="checkbox"/> PROGRAMAR <input type="checkbox"/> MODIFICAR <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>																																															
		RESPONSABLE																																															
		TRABAJAR CON EQUIPO: ENERGIZADO <input type="checkbox"/> DESENERGIZADO <input type="checkbox"/>																																															
NOTAS DEL COORDINADOR:		SECCIÓN EJECUTORA																																															
		ZONA URBANA <input type="checkbox"/>		MITO LINEAS <input type="checkbox"/>																																													
		ZONA RURAL <input type="checkbox"/>		MITO. PROTECC. <input type="checkbox"/>																																													
		LINEA VIVA <input type="checkbox"/>		MITO. SUBESTAC. <input type="checkbox"/>																																													
		ALUMBRADO <input type="checkbox"/>		COMUNICACIONES <input type="checkbox"/>																																													
		OTROS <input type="checkbox"/>		OTROS <input type="checkbox"/>																																													
		CUADRILLA No. _____																																															
SECUENCIA DE LOS TRABAJOS A REALIZAR		APROBADO POR:																																															
		FECHA DE APROBACIÓN DIA MES AÑO																																															
		FECHA DE ASIGNACIÓN																																															
		FECHA INICIO TRABAJO																																															
		FECHA FINAL TRABAJO																																															
No. DE VALES		ENCARGADO DEL TRABAJO																																															
<table border="1" style="font-size: x-small; border-collapse: collapse;"> <tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td><td>05</td><td>06</td><td>07</td><td>08</td><td>09</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td></tr> <tr><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td><td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td></tr> </table>		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	FIRMAR _____ _____			
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22																												
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44																												
MEDIDAS DE SEGURIDAD <input type="checkbox"/> SOLICITUD DE CORTE O SUSPENSIÓN <input type="checkbox"/> VERIFICADA AUSENCIA DE TENCIÓN <input type="checkbox"/> CORTE VISIBLE <input type="checkbox"/> COLOCADO A TIERRA Y CORTO CIRCUITO <input type="checkbox"/> BLOQUEO APARATOS DE CORTE <input type="checkbox"/> USO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD <input type="checkbox"/> COLOCAR TARJETAS NO OPERAR																																																	
HORARIO NORMAL DE TRABAJO		HORARIO SALIDA CENTRAL		HORARIO LLEGADA AL SITIO																																													
DE: A: DE: A:		HORARIO REGRESO CENTRAL		TIEMPO LABOR ÚTIL																																													
CEDULAS	NOMBRES	EXTRA DIA		EXTRA NOCHE		VIATICOS		DESAYUNOS	ALMUERZOS	COMIDAS																																							
		No.	DE:	A:	No.	DE:	A:				%																																						
ASISTENTE TÉCNICO		COORDINADOR		JEFE DEPARTAMENTO		JEFE UNIDAD																																											

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas ESSA

Debido a que la etapa de planeación es parte importante dentro del desarrollo de cualquier proceso productivo y aún más de los procesos que demanden la integración de diferentes áreas de una empresa (producción, mantenimiento, suministros), es importante analizar más a fondo cada uno de los procesos que conforman esta etapa, para poder así identificar cuales aspectos de dichos procesos aportan información valiosa al Departamento de Mantenimiento.

Comité Técnico: Como se dijo anteriormente este comité busca velar por el continuo desarrollo del programa de mantenimiento con el que cuenta el área. Esta supervisión es asegurada a través de la realización de una reunión semanal donde se realizan las siguientes actividades:

- Verificar el cumplimiento de la programación de las tareas de mantenimiento que fueron programadas para la semana anterior. En caso de no haber cumplido alguna tarea, el ingeniero responsable debe explicar al comité la razón por la cual no pudo efectuar dicha actividad y solicitar al programador que realice la respectiva reprogramación de la orden de trabajo.
- Verificar que hayan sido coordinadas las suspensiones de los equipos que están programados para ser intervenidos.
- Analizar los reportes de fallas que hayan sido generados por el centro de control de la ESSA, esto con el fin de verificar la falla reportada.
- Autorizar la elaboración de las órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento programadas.

Generación de Ordenes de Trabajo: Una orden de trabajo cuando es utilizada en toda su extensión, puede ser empleada como una forma de solicitud de trabajo, un documento de planeación, una gráfica de asignación de trabajos, un registro histórico, una herramienta para monitoreo y control y una notificación de trabajo terminado. Por lo tanto el formato de orden de trabajo de la ESSA permite disponer de información valiosa tal como:

- Lugar donde se desarrollarán las actividades de mantenimiento.
- La dependencia de la empresa que llevará a cabo el trabajo.
- El motivo de la solicitud.

- Notas que el coordinador desee incluir para que el personal de mantenimiento las tenga en cuenta.
- Secuencia de los trabajos a realizar.
- La fecha de aprobación, de inicio y finalización de los trabajos.
- El responsable del trabajo.
- La medidas de seguridad que deben ser tenidas en cuenta en la realización del trabajo.
- El personal que participó y el tiempo de participación de cada uno.

Tramite de permisos y preparación de personal y material: En esta instancia del proceso el ingeniero coordinador se encarga de tramitar los permisos que sean necesarios para poder iniciar los trabajos, de ubicar los materiales y repuestos que sean necesarios y de verificar que efectivamente los recursos que fueron asignados a la OT realmente se encuentren disponibles.

Una vez realizadas todas las verificaciones se da el visto bueno para que la cuadrilla inicie la ejecución de la OT.

2.1.3 Etapa de ejecución del trabajo

En esta etapa el personal técnico que conforma las cuadrillas se encarga de llevar a cabo las actividades que se encuentran consignadas en la OT.

Sin embargo en la mayoría de los casos la secuencia de las actividades que se deben llevar a cabo no se consignan en la OT, tal como se puede ver en el ejemplo presentado en la figura 19 en la siguiente pagina, en donde se ha marcado en rojo los espacios donde se debería consignar dicha información.

Nótese que el motivo de la solicitud es “Revisión de protecciones”, pero no especifica cuales protecciones se deben revisar, ya que en una subestación hay gran cantidad de protecciones de tipo eléctrico, electrónico y mecánico asociadas a diferentes equipos. Por lo tanto la persona que elaboró la OT no le está aportando a la cuadrilla de mantenimiento la información precisa del equipo que debe ser intervenido.

Además en el espacio donde se debe consignar la secuencia de los trabajos a realizar no se consignó ninguna información, por lo tanto la cuadrilla de mantenimiento realizará el trabajo de la forma que crea conveniente.

Figura 19. Orden de Trabajo diligenciada.

- COPIA PROGRAMACION -

ESSA		ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.		No.		FECHA EMISIÓN	
NIT. 890.201.230-1		SOLICITUD DE TRABAJO		B-008659		DIA MES AÑO	
SITIO Y NOMBRE DE LA PARTE AFECTADA		SUBST. <input type="checkbox"/>		CIRCUIT. <input type="checkbox"/>		SOLICIT. <input type="checkbox"/>	
DIRECCION <u>Ste Bucarica</u>		EQUIPO <u>06W 028</u>		CUIDAD <u>Florencia</u>			
MOTIVO DE LA SOLICITUD <u>Revisión de protecciones</u>		PRIORITY DEL TRABAJO		NORMAL <input checked="" type="checkbox"/>		URGENTE <input type="checkbox"/>	
NOTAS DEL COORDINADOR:		LABOR:		VISITAR <input type="checkbox"/>		CORREGIR <input type="checkbox"/>	
		PROGRAMAR <input checked="" type="checkbox"/>		MODIFICAR <input type="checkbox"/>		OTROS <input type="checkbox"/>	
		RESPONSABLE		<u>Ing. Julio José Melo</u>			
		TRABAJAR CON EQUIPO:		ENERGIZADO <input checked="" type="checkbox"/>		DESENERGIZADO <input type="checkbox"/>	
		SECCION EJECUTORA		ZONA URBANA <input type="checkbox"/>		MTTO. LINEAS <input type="checkbox"/>	
				ZONA RURAL <input type="checkbox"/>		MTTO. PROTECC. <input checked="" type="checkbox"/>	
				LINEA VIVA <input type="checkbox"/>		MTTO. SUBSTAC. <input type="checkbox"/>	
				ALUMBRADO <input type="checkbox"/>		COMUNICACIONES <input type="checkbox"/>	
				OTROS <input type="checkbox"/>		OTROS <input type="checkbox"/>	
SECUENCIA DE LOS TRABAJOS A REALIZAR:		CUADRILLA No.		APROBADO POR:			
				<u>Ing. Robinson E. Rueda P</u>			
		FECHA APROBACIÓN		DIA MES AÑO			
		FECHA ASIGNACIÓN		<u>16 02 05</u>			
		FECHA INICIO TRABAJO		<u>16 02 05</u>			
		FECHA FINAL TRABAJO		<u>17 02 05</u>			
No. DE VALES		ENCARGADO DEL TRABAJO:		Omar Rueda			
MEDIDAS DE SEGURIDAD		SOLICITUD DE CORTE O SUSPENSIÓN <input type="checkbox"/>		VERIFICADA AUSENCIA DE TENSION <input type="checkbox"/>			
CORTE VISIBLE <input type="checkbox"/>		COLOCADO A TIERRA Y CORTO CIRCUITO <input type="checkbox"/>		USO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD <input checked="" type="checkbox"/>			
BLOQUEO APARATOS DE CORTE <input type="checkbox"/>		COLOCAR TARJETAS NO OPERAR <input type="checkbox"/>		FIRMA <u>Rueda</u>			
HORARIO NORMAL DE TRABAJO		HORARIO SALIDA CENTRAL <u>14</u>		HORARIO LLEGADA AL SITIO <u>14:30</u>			
DE <u>7</u> A <u>12</u> DE <u>14</u> A <u>18</u>		HORARIO REGRESO CENTRAL <u>18</u>		TIEMPO LABOR ÚTIL <u>4</u>			
CEDULAS	NOMBRES	EXTRA DIA	EXTRA NOCHE	VIATICOS	DESAYUNOS	ALMUERZOS	COMIDAS
No. DE: A:	No. DE: A:	%					
<u>91495391</u>	<u>Ing. Julio Melo</u>						
<u>9123182</u>	<u>Omar Rueda</u>						
<u>13515466</u>	<u>Orlando Acevedo</u>						
<u>91207563</u>	<u>Julio C. Pinzon</u>						
<u>91154090</u>	<u>Mano. Coceres</u>						
<u>91181960</u>	<u>S. Maria Torres</u>						
ASISTENTE TECNICO <u>Rueda</u>		COORDINADOR		JEFE DEPARTAMENTO		JEFE UNIDAD	

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA

Este tipo de fallas a la hora de diligenciar las OT's puede ocasionar los siguientes problemas al Departamento de Mantenimiento:

- Riesgo de sufrir accidentes debido a que no es claro cual equipo debe ser revisado, por lo tanto el personal de la cuadrilla puede en un momento dado intervenir un equipo que se encuentre energizado.
- Perdida de tiempo y mal uso de recursos (físicos y humanos) debido a que no existe una secuencia lógica y detallada de las actividades que deben llevarse a cabo.
- Exceso de mantenimiento ya que es posible que el día que la cuadrilla fue a realizar la revisión que se indica en la OT revisó un equipo diferente al que estaba fallando, por lo tanto como la falla no fue corregida, es necesario volver a sitio nuevamente ahora si a reparar el equipo que presenta la falla.

En conclusión, la falta de diligenciamiento de todos los campos de la OT con el fin de suministrar al personal la mayor cantidad de información con el propósito de no dar espacio a los errores o desperdicio de recursos, es la causa de las fallas que se pueden presentar en esta etapa.

2.1.4 Etapa de generación de la información

Esta etapa se desarrolla durante y al finalizar una OT, tiempo en el cual el personal de las cuadrillas consigna las novedades encontradas en terreno y actualiza la información concerniente a planos eléctricos de las subestaciones.

La información que es obtenida en cada OT es anexada a la misma como soporte de las actividades que se realizaron y archivada en el lugar destinado para tal fin.

No toda la información que se genera está disponible en medio magnético, por lo tanto para poder tener acceso a la misma es necesario buscar en los archivos la OT en la cual se consignó la información requerida.

Como ejemplo de lo anterior se presenta, en la figura 20, la cara posterior de la OT B-008659 en donde se puede apreciar el informe presentado por la cuadrilla de mantenimiento que realizó el trabajo de "Revisión de protecciones" en la Subestación Bucarica.

Figura 20. Cara posterior de la OT B-0088659

DAÑOS ENCONTRADOS Y TRABAJOS REALIZADOS: 1) según informe del operador, cuando se dispone el CTA 4 o 5 se dispone la Cable de enlace de 13.8KV. Trabajo N.1

2) se verificó ajuste de los CTA's y Puntos ocurridos, también se verificó los ajustes en la solución de enlace y fue necesario ajustar protección de subestante por baja según curva Anexo de coordinación de protecciones

CAUSA DE EVENTUALES RETRASOS:

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

ANEXOS TÉCNICOS		REGISTRARSE EN HOJA DE VIDA		DIAGRAMA ANEXO		REGISTRO EN PLANOS		REGISTRO EN COMPUTADOR	
SI: <input type="checkbox"/>	NO: <input type="checkbox"/>	SI: <input type="checkbox"/>	NO: <input type="checkbox"/>	SI: <input type="checkbox"/>	NO: <input type="checkbox"/>	SI: <input type="checkbox"/>	NO: <input type="checkbox"/>	SI: <input type="checkbox"/>	NO: <input type="checkbox"/>

MATERIALES										
CODIGO	DESCRIPCION	UN.	SOLICITADO	ENTREGADO	CONSUMIDO	REINTEGRADO	RETIRADO	RED	BUENO	INSERB.
/										

ASISTENTE TÉCNICO: *[Firma]*

JEFE CUADRILLA: *[Firma]*

ACTUALIZO PLANOS

ARCHIVO

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA

Como se puede observar en la figura 20, en el espacio “DAÑOS ENCONTRADOS Y TRABAJOS REALIZADOS” el personal de mantenimiento consignó la información concerniente a las actividades que realizaron durante la ejecución de la OT, así como también la información que se generó.

Nótese que, como se dijo anteriormente, al no existir información precisa sobre cual equipo intervenir, el personal de la cuadrilla realizó el mantenimiento con la información que le suministró el operador de la subestación: “ 1- según informe del operador; cuando se disparo el cto 4 o cto 5 se disparo la celda de enlace de 13,8 kV trafo N-1”.

Además como tampoco se detallaron las tareas de mantenimiento que se debían realizar, la cuadrilla realizó el mantenimiento según su criterio desarrollando las siguiente tareas: “2- Se verifico ajuste de los ctos y fallas ocurridas, también se verifico los ajustes en la celda de enlace y fue necesario ajustarle la protección de sobrecorriente por baja según cuadro anexo de coordinación de protecciones”.

Por lo tanto la información que presenta la cuadrilla es muy general y es el reflejo de la falta de planeación desde el mismo momento de la generación de la OT. La cuadrilla informa además que se realizaron ajustes al relé de sobrecorriente por el lado de baja tensión del transformador y que esta maniobra quedó consignada en un cuadro anexo a la OT, el cual no fue posible encontrar en el archivo donde se almacenan todas las OT’s ejecutadas, por consiguiente esta información se perdió.

Este caso es frecuente en el área de mantenimiento, ya que al no existir un control y procedimiento definido para la generación y tratamiento de la información, a ésta no se le da la importancia que amerita.

En consecuencia los aspectos que se deben mejorar en esta etapa del proceso son:

- La información que se genera para cada equipo no es almacenada en la hoja de vida del mismo, sino que es archivada como un documento anexo a la OT. Esta falla en el procesamiento de la información genera que las hojas de vida de lo equipos se encuentren desactualizadas repercutiendo así en aspectos importantes como son la definición de las frecuencias de mantenimiento, el registro de fallas, los costos de mantenimiento, la información para las pólizas de seguros, etc.
- Al momento de generar la OT se debe especificar claramente cuales son las tareas de mantenimiento que se deben aplicar y que tipo de información se debe extraer de la misma, ya que de la forma que se está generando depende únicamente de la voluntad del personal de las cuadrillas.

- Los archivos donde se almacene la información deben ser manejados por una sola persona, ya que si a éstos tienen acceso varias personas, la pérdida de información por desorganización va a ser frecuente.

2.1.5 Etapa de revisión y validación de la información obtenida

En esta etapa la Auxiliar Administrativa del Departamento se encarga de revisar que la OT tenga totalmente diligenciados los siguientes campos que se presentan subrayados en rojo en la figuras 21 y 22.

- Fecha de aprobación, asignación, inicio y final de trabajo.
- Horario de trabajo.
- Las personas que participaron, especificando el numero de cedula, nombre, las horas extras y los viáticos causados.
- Anexos técnicos de la OT.
- La cantidad de materiales consumidos con sus soportes de salida de almacén.
- La firma del responsable de la OT.

Una vez la Auxiliar Administrativa verifica que la información está completa, se la remite al Ingeniero Jefe del departamento para que este apruebe, liquide la OT.

Después de liquidar la OT, esta es archivada junto con toda la información anexa en los archivadores destinados para tal fin.

Por lo tanto debido al tratamiento que se le da a la información en esta etapa la organización se ve expuesta a los siguientes problemas:

- Restricción para consultar la información.
- Dificultad en la elaboración de informes técnicos y administrativos que permitan evaluar el desempeño del área, esto debido a que la información no se encuentra organizada y concentrada.
- Desactualización de las hojas de vida de los equipos y de las subestaciones en general. Adicionalmente los registros de programación de algunos equipos críticos en las subestaciones (como es el caso de los relés) tampoco están actualizados.

3. MARCO TEORICO

Dentro de los aspectos teóricos de la presente investigación se consideran fundamentales los que se tratan en el presente capítulo, a saber:

- Sistema de Mantenimiento.
- Sistema de Información de Mantenimiento.

Un sistema de información de mantenimiento es una herramienta que brinda apoyo y soporte a todos los procesos que hacen parte del sistema de mantenimiento de una empresa. En las empresas la base sobre la cual trabaja el área de mantenimiento es el sistema de mantenimiento, por lo tanto para poder conocer que es un sistema de información de mantenimiento es conveniente conocer primero de que está compuesto un sistema de mantenimiento

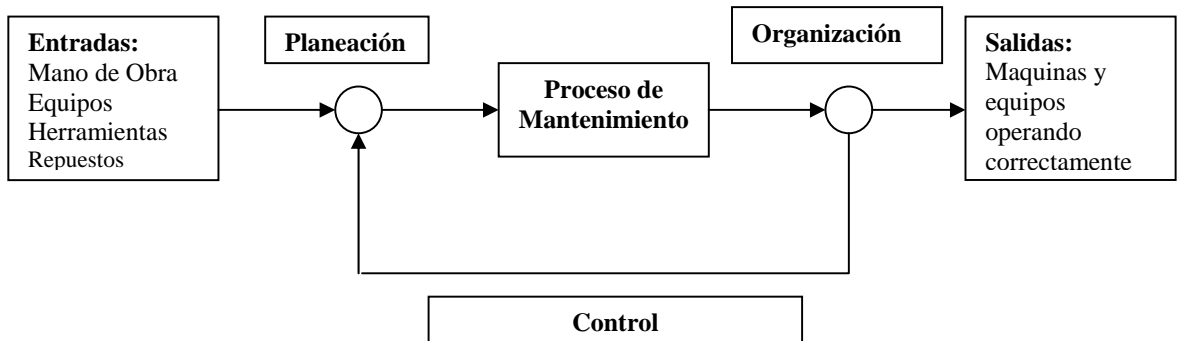
3.1 ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO

El proceso de mantenimiento se puede definir como la combinación de actividades mediante las cuales una máquina, equipo o sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas.

En consecuencia la combinación coordinada de estas actividades puede ser considerada como un sistema, ya que se posee un conjunto de componentes que trabajan mancomunadamente hacia el cumplimiento de un objetivo común.

Un sistema de mantenimiento se puede ver como un modelo donde hay entradas y salidas, en donde las entradas de dicho modelo son la mano de obra, herramientas, equipos, repuestos, materiales, etc y la salida son todos los equipos funcionando dentro de los parámetros establecidos para su correcta operación.

Figura 23. Esquema del sistema de mantenimiento.



Para poder obtener las salidas esperadas es necesario someter los insumos de entrada a un proceso, mediante el cual se realiza la transformación de éstos a través de la ejecución de tres actividades básicas:

- Planeación.
- Organización.
- Control.

3.1.1 Planeación del mantenimiento

A través del proceso de planeación del mantenimiento es posible determinar los recursos necesarios para la realización de una tarea, antes de iniciar la misma. La planeación es un proceso previo a la programación y debe integrar al menos dentro de su estructura los siguientes cuatro aspectos:

- **Optimización del mantenimiento:** El área de mantenimiento debe definir una filosofía mediante la cual garantice la disponibilidad de un mínimo de recursos tanto físicos como humanos, para la realización de las tareas de mantenimiento, el cual sea capaz de garantizar la disponibilidad, producción y seguridad de la empresa. Dentro de la filosofía de mantenimiento se pueden incluir la aplicación de algunas de las técnicas de mantenimiento conocidas: mantenimiento correctivo, preventivo (con base en el tiempo, uso o condición), predictivo, detección de fallas, modificaciones al diseño, averhaul, etc, con el fin de apoyar aún más el desarrollo e implementación de la filosofía de mantenimiento.

- **Frecuencia de mantenimiento:** Esta varía aleatoriamente para cada equipo ya que se encuentra influenciada por la edad del mismo, el nivel de uso, la calidad del mantenimiento aplicado, factores climáticos, etc. Es importante determinar muy bien las frecuencias de mantenimiento de los equipos, ya que esta variable es tomada en cuenta a la hora de poder definir si los recursos de los que dispone el área de mantenimiento son suficientes o no.
- **Capacidad del mantenimiento:** Esta etapa del proceso permite determinar los recursos (personal, repuestos, herramientas, equipos, etc) necesarios para satisfacer la demanda de trabajos de mantenimiento. Por lo tanto en esta instancia se debe realizar una proyección de la capacidad de trabajo que posee el área, para poder evaluar así si es necesario incrementar o disminuir los recursos, siguiendo de esta forma la filosofía de mantenimiento planteada.
- **Organización de mantenimiento:** Dado que en las empresas existe gran cantidad de equipos, los cuales pueden ser de tipo eléctrico, mecánico, neumático, manual, electrónico, etc, es necesario que se organice el mantenimiento de tal forma que existan equipos físicos y humanos especializados en cada uno de estos sistemas, con el fin de brindar flexibilidad al sistema de mantenimiento e integrar el mantenimiento de la empresa como un todo.
- **Programación del mantenimiento:** Por medio del proceso de programación del mantenimiento es posible realizar la asignación de cada uno de los recursos físicos y humanos a cada uno de los trabajos que deben realizarse. Mediante la programación debe asegurarse que los repuestos, materiales, información, etc, estén disponibles antes de iniciar el trabajo. La correcta programación del mantenimiento de todos los equipos de la empresa influye considerablemente en los índices de producción de la misma, ya que así se evitan paradas en la producción, las cuales ocasionan pérdidas económicas a la empresa.

3.1.2 Organización del mantenimiento

Como se expuso anteriormente, es necesario que las empresas organicen su estructura de mantenimiento, esto con el fin de poder gerenciar eficientemente el proceso, por lo tanto para poder organizar el proceso de mantenimiento es necesario disponer al menos de los siguientes procesos:

- **Metodología del trabajo a realizar:** Cada trabajo que debe llevarse a cabo debe seguir una secuencia de actividades lógicas, para las cuales se debe utilizar el personal especializado el cual hace uso de las herramientas específicas siguiendo una metodología de trabajo.

- **Definición de lo estándares de tiempo:** Es necesario proyectar el tiempo que durara la ejecución de una determinada OT, esto con el fin de poder evaluar el desempeño de la cuadrillas y aplicar de esta forma programas de mejoramiento continuo.
- **Administración de los trabajos ejecutados:** Dado que el área de mantenimiento ejecuta gran cantidad de trabajos sobre gran cantidad de equipos, es necesario realizar una administración global del proceso, ya que la ejecución de cierto trabajo sobre un equipo específico repercute sobre el desempeño de otros, trayendo como consecuencia paradas parciales de la producción, es por esto que deben administrarse correctamente los recursos para poder de esta forma optimizar el proceso a través de la disminución de los tiempos de paradas.

3.1.3 Control del mantenimiento

Es necesario realizar un control del proceso de mantenimiento, ya que así se va poder disponer de la información necesaria para evaluar la productividad del proceso. En un proceso de mantenimiento es necesario controlar cuatro aspectos claves:

- **Control de OTs:** Es importante controlar la ejecución de cada una de las ordenes de trabajo que han sido programadas, esto con el fin de poder dar cumplimiento a la programación establecida por el área de mantenimiento.
- **Control del almacén de repuestos:** Los repuestos e insumos son parte fundamental dentro del proceso de mantenimiento, ya que sin ellos no sería posible mantener los equipos. Es por esto que se debe realizar un estricto control de estos materiales, ya que el mal uso de los mismos o la falta de estos genera sobrecostos al proceso de mantenimiento.
- **Control de los costos de mantenimiento:** Los costos de mantenimiento tienen componentes que no son perceptibles a simple vista, como son los costos de la producción perdida, la degradación de los equipos, los equipos de respaldo, los mantenimientos excesivos, el desperdicio de recursos físicos y humanos, etc. Por lo tanto es necesario realizar un continuo control de todas estas variables con el fin de poder tomar decisiones que permitan optimizar el costo global del proceso.
- **Control de la calidad del mantenimiento:** Para el proceso de mantenimiento es de vital importancia la mejora continua de la calidad de los trabajos de mantenimiento que se realicen, ya que de esta forma se pueden disminuir las

frecuencias de intervención de los equipos, traduciendo esto es una disminución de costos y en un aumento de la producción de la empresa.

3.2 SISTEMA DE INFORMACION DE MANTENIMIENTO

Los Departamentos de Mantenimiento para lograr maximizar el tiempo de operación de una forma más eficaz en cuanto a costos, deben poder integrar de forma ordenada y sistemática la información acerca de sus equipos, trabajadores, herramientas, recursos físicos y económicos, ordenes de trabajo, la ejecución de los trabajos, estándares de los mismos, los programas de producción y la naturaleza de las operaciones internas de la empresa.

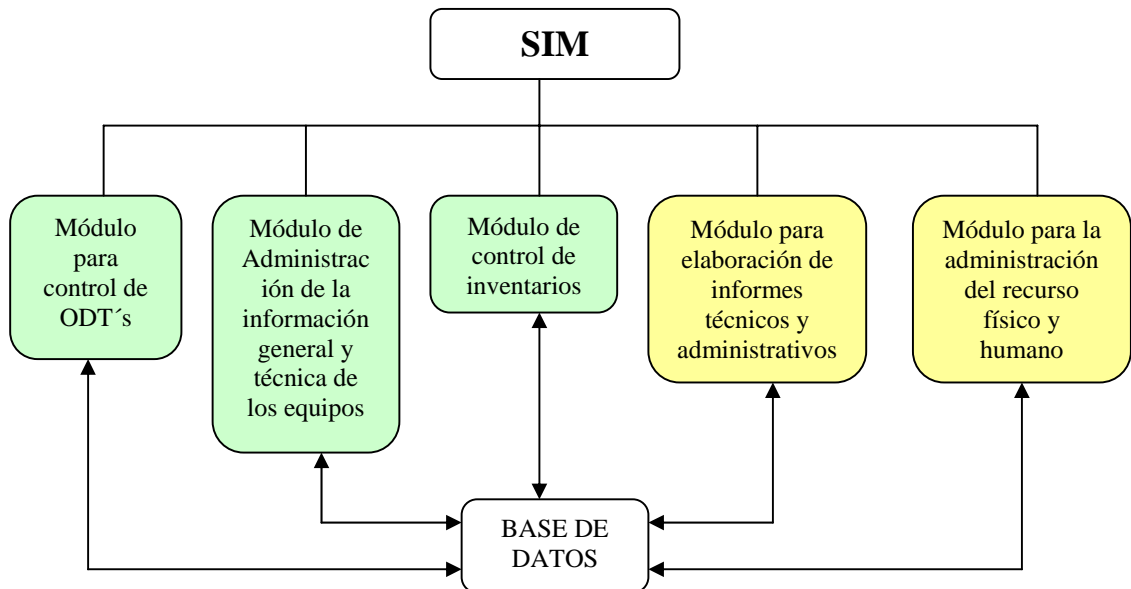
El manejo de toda esta cantidad de información requiere la utilización de una herramienta que tenga la capacidad de procesar los datos y arrojar en forma rápida y veraz la información que el personal encargado de mantenimiento requiera para garantizar la correcta operación de los equipos, por lo tanto es necesario que cada Departamento de Mantenimiento apoye su gestión en la utilización de un sistema de información de mantenimiento (SIM).

La utilización del SIM le va a permitir a las empresas desarrollar las siguientes estrategias, las cuales facilitan el cumplimiento de las metas y objetivos que la organización plantea para el área de mantenimiento:

- Desarrollo de técnicas eficientes para planear y programar las ordenes de trabajo y la correcta integración de estas con los recursos.
- Eficacia en la aplicación de estrategias de mantenimiento derivadas de las experiencias del mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, etc.
- Elaboración de informes para evaluar el desempeño de las actividades desarrolladas.

Para poder lograr integrar las estrategias anteriores es necesario definir la estructura básica de un Sistema de Información de Mantenimiento.

Figura 24. Estructura básica de un Sistema de Información de Mantenimiento



Cada uno de los módulos que componen la estructura básica del SIM tienen un contenido mínimo de información que deben almacenar y procesar, con el fin de lograr enriquecer la base de datos, en la cual debe estar disponible toda la información que el personal del área de mantenimiento requiera para realizar el mejoramiento continuo a través retroalimentación.

A continuación se presenta el tipo de información básica que debe estar disponible en cada módulo:

3.2.1 Módulo para el control de órdenes de trabajo (OT)

La orden de trabajo es la herramienta que utiliza en área de mantenimiento para:

- Solicitar por escrito la ejecución de una actividad de mantenimiento.
- Asignar correctamente cada recurso a cada trabajo, realizando así una utilización eficaz de los mismos.
- Controlar el cumplimiento al programa de mantenimiento establecido para cada equipo en cada periodo de tiempo.

- Alimentar las bases de datos del área de mantenimiento.
- Registrar y controlar el consumo de materiales del almacén, la utilización tanto de herramientas como de recursos físicos y humanos.

Por lo tanto como para cada tarea o actividad de mantenimiento que se vaya a llevar a cabo es necesario generar una OT, este proceso se puede volver tedioso debido a la cantidad de OT que se deben producir, en consecuencia el módulo para control de OT permite garantizar el flujo constante y permanente de las mismas, asegurando de esta forma cuatro aspectos importantes dentro del proceso de mantenimiento:

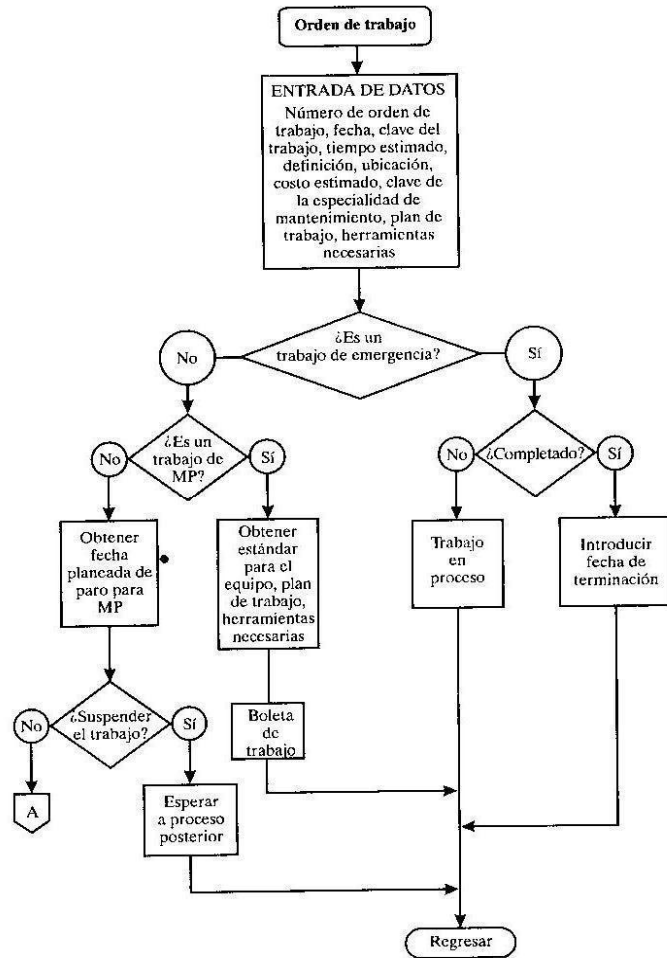
- Documentación del proceso.
- Planeación, monitoreo y control del trabajo de campo realizado por las cuadrillas.
- Recopilación de información valiosa para el área de mantenimiento (tiempos de ejecución de los trabajos, materiales consumidos, nuevas fallas detectadas, variaciones realizadas a los equipos, etc)
- Retroalimentación de información la cual posibilita la mejora continua del área de mantenimiento.

El modulo de control de OT debe permitir el ingreso como mínimo de la siguiente información:

- Numero de la Orden de Trabajo.
- Fecha y hora de inicio y finalización de los trabajos.
- Definición detallada del trabajo que debe realizarse.
- Herramientas y equipos necesarios para ejecución del trabajo.
- El nombre de los integrantes de la cuadrilla.
- El plan detallado de trabajo.
- La identificación del equipo que se va intervenir, su ubicación, estado, etc.
- Los materiales que se deben utilizar y la ubicación de los mismos.
- El tiempo estimado de ejecución de la orden de trabajo.

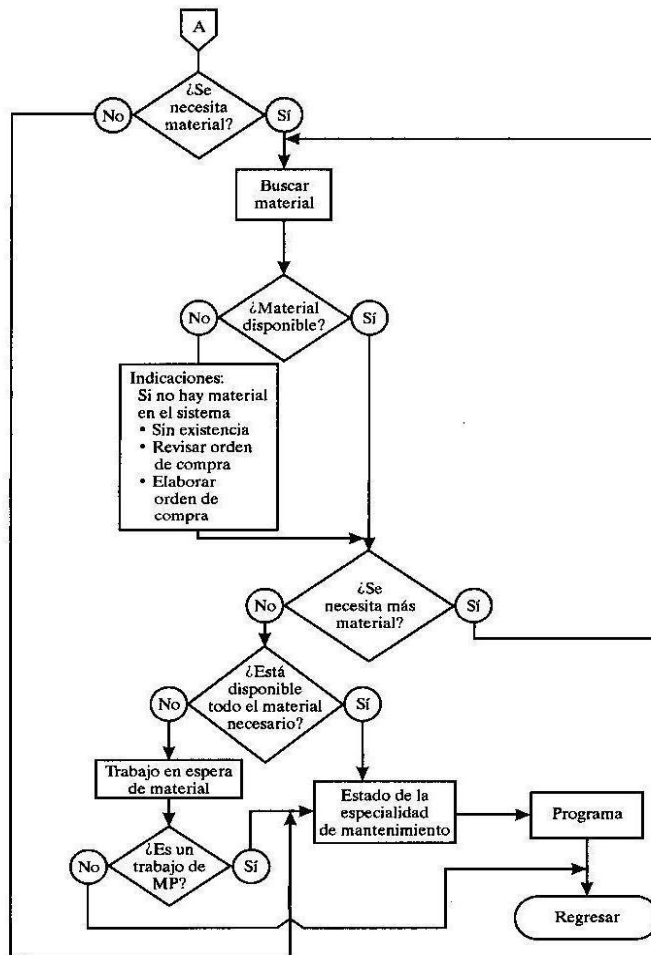
El diagrama de flujo que resume el proceso que se desarrolla dentro del módulo de control de órdenes de trabajo se presenta en las figuras 25 y 26.

Figura 25. Diagrama de flujo del modulo de Control de OT



Fuente: Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control

Figura 26. Diagrama de flujo del modulo de Control de OT (continuación)



Fuente: Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control

3.2.2 Módulo para la administración de la información general y técnica

En este modulo el sistema procesa y proporciona información acerca de:

- Identificación del equipo dentro de la empresa y del sistema de producción de la misma.
- Fecha de compra e instalación del mismo en la empresa.

- Estado en el cual se encuentra actualmente.
- Información técnica propia del equipo, como por ejemplo: planos del constructor, listado de repuestos y piezas, plan de mantenimiento preventivo sugerido por el fabricante, herramientas que deben utilizarse en el mantenimiento, etc.
- Registro histórico del funcionamiento del equipo donde se indique que mantenimientos se le han practicado, las fallas que ha presentado, las modificaciones que se le han realizado, etc.
- Los manuales de operación en donde se pueden incluir las especificaciones de los lubricantes que se deben utilizar, los estándares de trabajo, etc.

3.2.3 Módulo de control de inventarios

El correcto flujo de materiales y el control de los mismos son decisivos en el funcionamiento global del área de mantenimiento.

El sistema de información de mantenimiento debe garantizar un control eficaz de los inventarios y el suministro oportuno de materiales y repuestos para poder permitir de esta forma que el proceso de planeación del mantenimiento y el de programación de los recursos se pueda llevar a cabo sin tropiezos y en los tiempos indicados en el plan de mantenimiento de la empresa.

A través del SIM se puede realizar la clasificación de los repuestos según sea su uso y costo, esto con el fin de poder identificar a través del análisis cuales son los repuestos mas costosos y de mayor rotación, para poder así realizar un mayor control sobre estos y desarrollar de esta forma estrategias que apunten a la disminución de los costos de mantenimiento de los equipos derivados del consumos de repuestos.

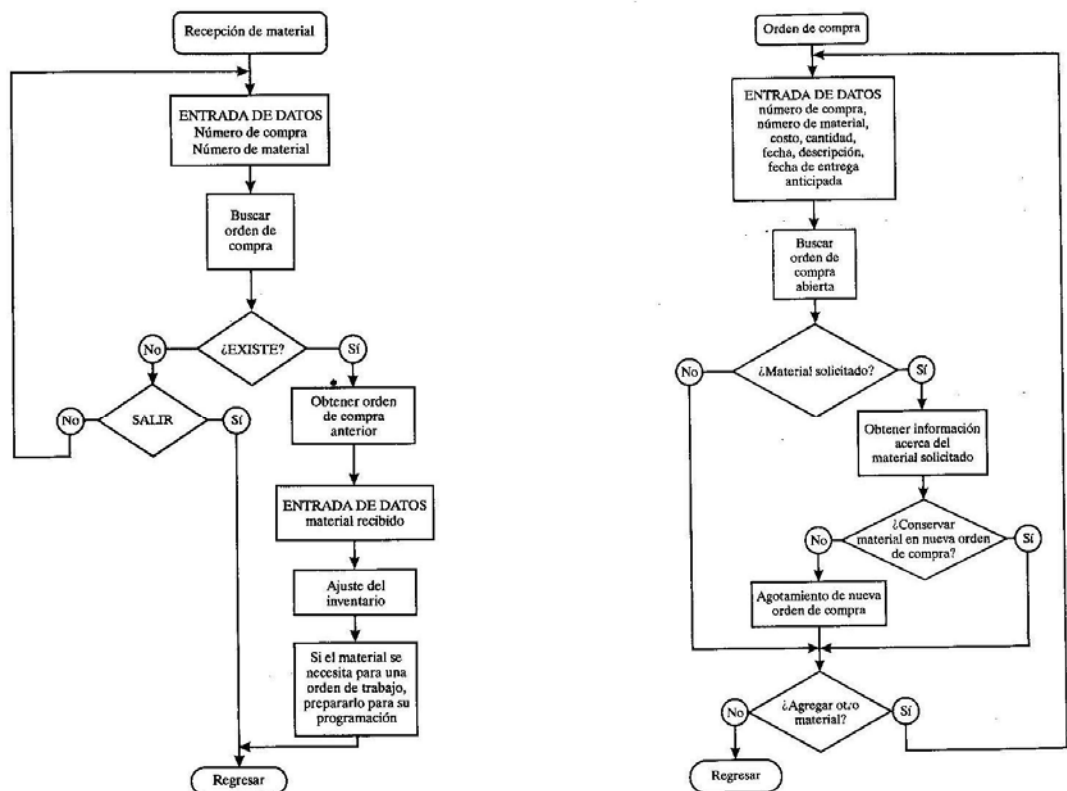
Adicionalmente el SIM debe velar por el abastecimiento del almacén de repuestos a través de la utilización de técnicas tales como máximos y mínimos (para los repuestos de bajo costo y poca rotación) y lote económico (para los repuestos de alto costo y alta rotación).

El modulo de control de inventarios debe estar enlazado con el sistema de compras de la empresa, con el fin de iniciar el proceso de compra de los artículos que el sistema considere necesario reabastecer. Por lo tanto las funciones básicas que debe cumplir este módulo son las siguientes:

- Indicar la disponibilidad de materiales y repuestos.
- Proporcionar información sobre los materiales solicitados y su estado.
- Iniciar el proceso de órdenes de compra.
- Monitorear el estado de las órdenes de compra, con el fin de garantizar la existencia de materiales y repuestos en el almacén.

El diagrama de flujo que esquematiza el proceso que se desarrolla en este módulo se presenta en la figura 27.

Figura 27. Diagrama de flujo del módulo de control de inventarios



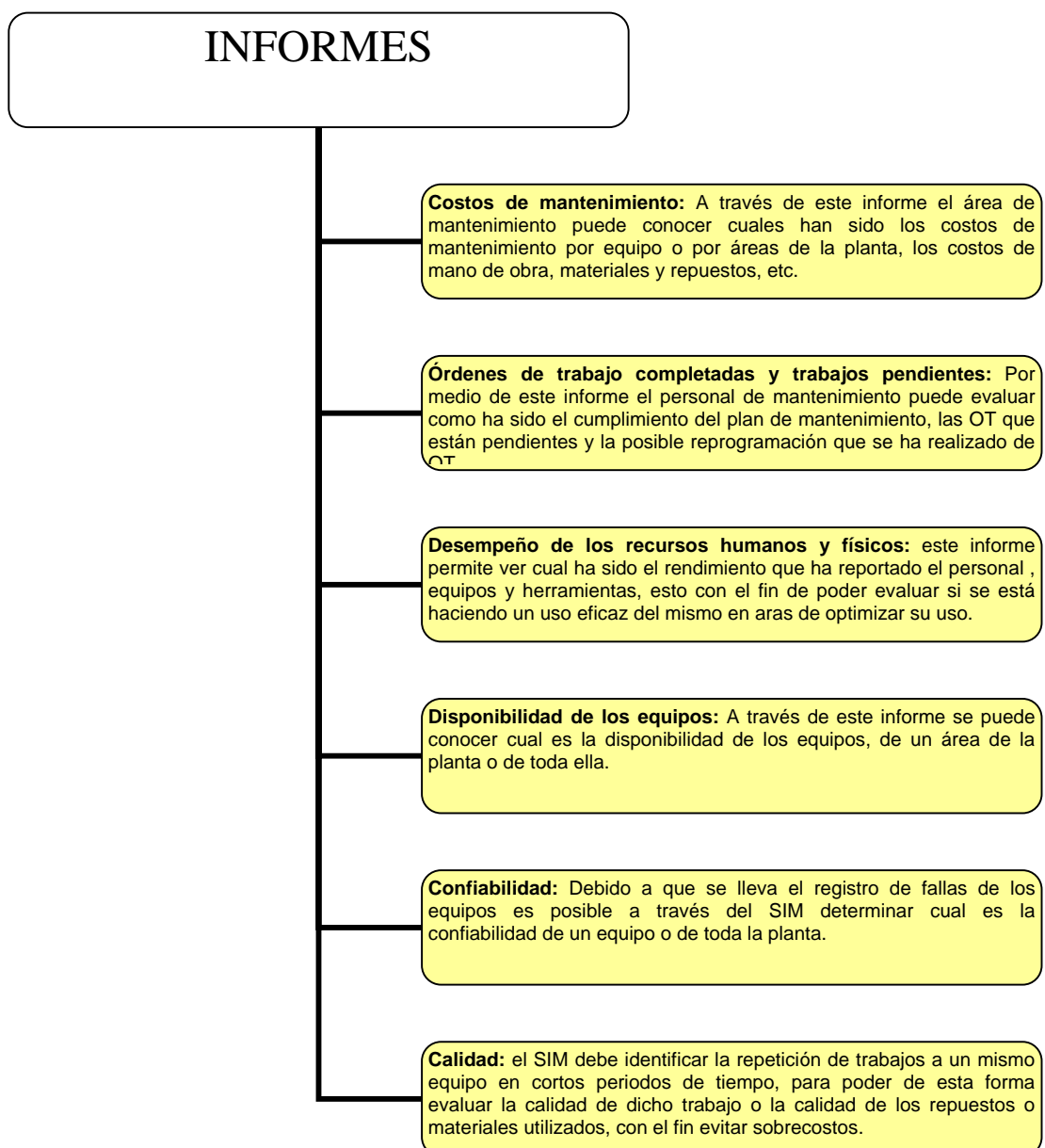
Fuente: Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control

3.2.4 Módulo para la elaboración de informes técnicos y administrativos

A través de este modulo el SIM interactúa con los demás módulos para realizar un balance del desempeño de las actividades de mantenimiento que han sido cargadas en el sistema.

El sistema debe estar en capacidad de generar los informes de la figura 28.

Figura 28. Informes del SIM



El objetivo principal de este modulo es la generación de informes que permitan realizar una mejora continua del proceso de mantenimiento a través de la optimización del uso de los recursos y el mejoramiento continuo de la calidad de los trabajos realizados.

3.2.5 Módulo para la administración del recurso humano y físico

Para el área de mantenimiento el recurso humano es el pilar de toda su operación, ya que son ellos quienes poseen el conocimiento y la experiencia lo cual los hace expertos en el tema.

Por lo tanto el sistema debe conocer cual es la especialidad de cada uno de los integrantes del grupo de mantenimiento, esto con el fin de facilitar al programador la asignación del personal a cada una de las ODTs, así mismo se debe disponer de la información sobre los recursos físicos disponibles, tales como vehículos, herramientas, equipos especializados, ya que estos son parte fundamental dentro de la programación de la ODT.

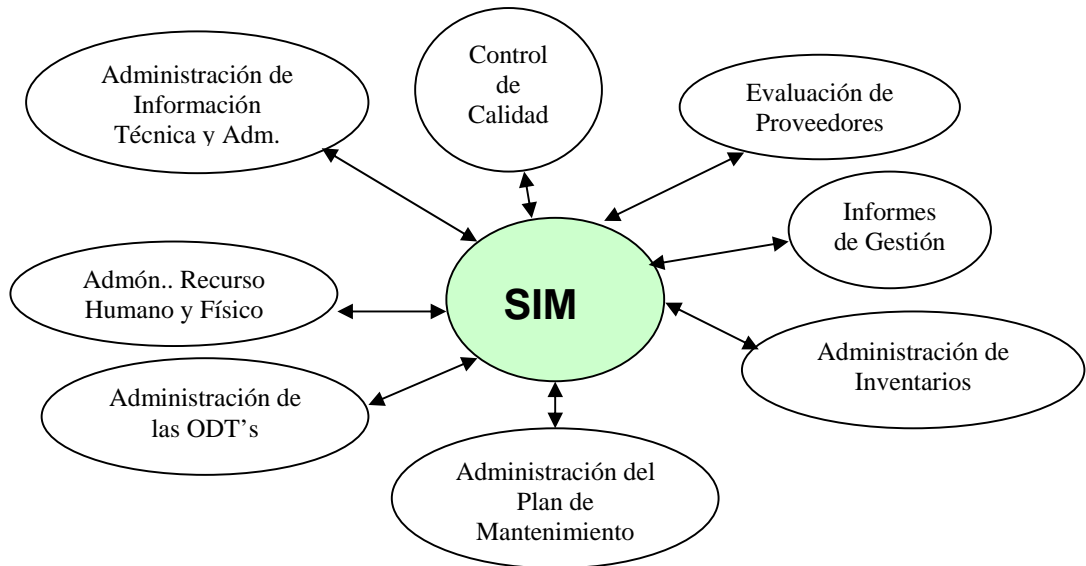
En resumen un sistema de información de mantenimiento se puede definir como una herramienta que brinda apoyo al mantenimiento y proporciona información oportuna para una toma de decisiones rápida y eficaz.

Por lo tanto este sistema integra de manera lógica y ordenada la información proveniente de los mantenimientos efectuados a los equipos, permitiendo así el desarrollo de estrategias que posibiliten realizar el control y registro de dichos mantenimientos. Esta integración es posible gracias a la implementación de 8 funciones básicas en el SIM.

3.2.6 Base de datos

La base de datos del sistema de información debe tener la suficiente capacidad para almacenar toda la información que el sistema de información de mantenimiento debe procesar y guardar. Adicionalmente esta base de datos debe organizar y clasificar la información de tal forma que las consultas que se deban realizar a la misma sean rápidas. La presente investigación no pretende profundizar en los aspectos propios de la base de datos, ya que para que un sistema de información puede existir es necesario que esta contenga una base de datos, por lo tanto esta se convierte en un factor inherente al sistema de información.

Figura 29. Funciones básicas del sistema de información de mantenimiento.



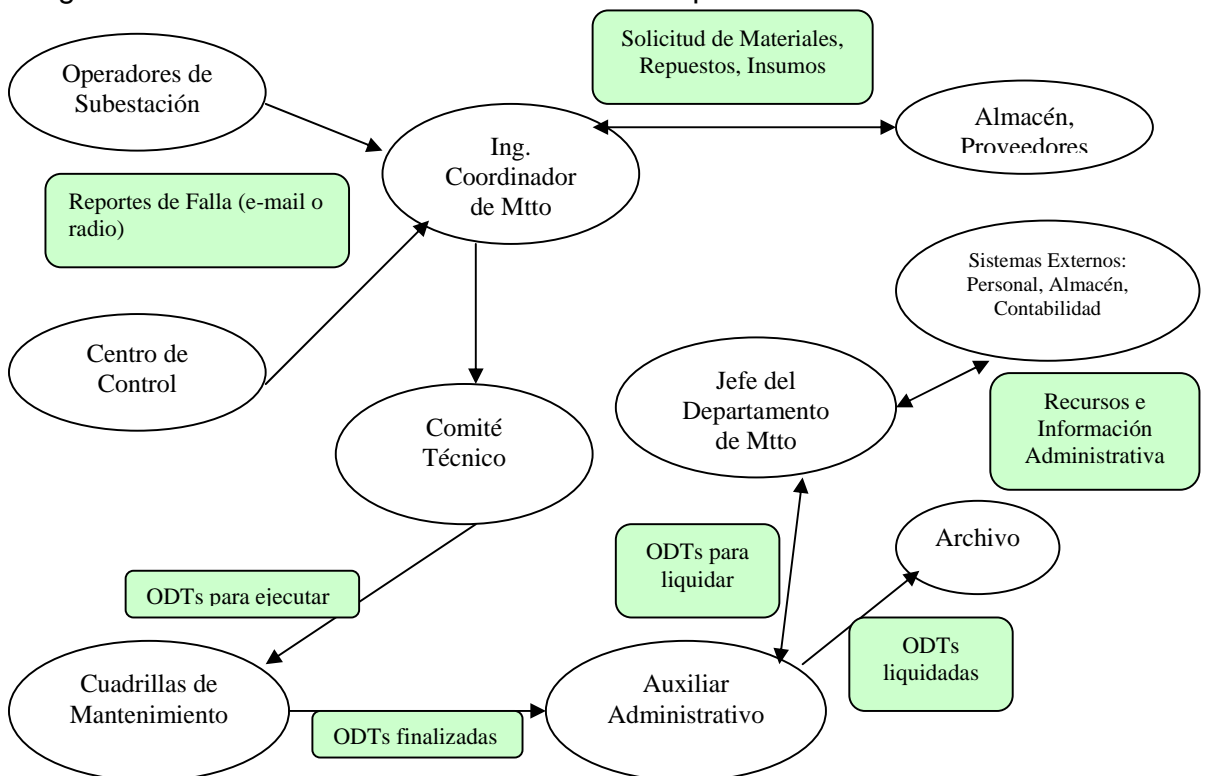
4. ANALISIS DEL SISTEMA DE INFORMACION ACTUAL

Un sistema es un conjunto de componentes que interactúan entre si para lograr un objetivo común. Una empresa es un sistema, ya que sus departamentos (contabilidad, mercadeo, mantenimiento, producción, etc) trabajan juntos para crear utilidades que beneficien tanto a los empleados como a los accionistas de la empresa.

Por lo tanto todo sistema organizacional depende, en mayor o menor medida de un sistema denominado **sistema de información**. Este sistema es el medio por el cual los datos fluyen de una persona o departamentos hacia otros y puede ser cualquier cosa, desde la comunicación interna entre los diferentes componentes de la organización y líneas telefónicas hasta sistemas de cómputo que generan reportes a los diferentes usuarios.

Los sistemas de información proporcionan servicio a todos los demás sistemas de la empresa y enlazan todos sus componentes en forma tal que estos trabajen conjuntamente para alcanzar el mismo objetivo, tal como se muestra en la figura 30.

Figura 30. Sistema de Información actual del departamento de mantenimiento

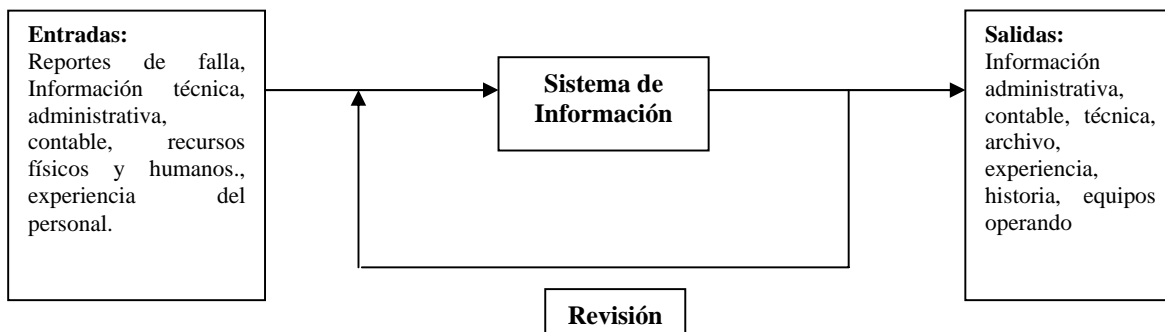


Para alcanzar los objetivos, el sistema de información interactúa con su medio ambiente, el cual está formado por todos los objetos que se encuentran fuera de la frontera del sistema como son las entradas provenientes del centro de control y los operadores de las subestaciones, los materiales, repuestos e insumos suministrados por el almacén, los recursos e información provenientes de los demás sistemas de la empresa. Así mismo el sistema de información también produce salidas como son las órdenes de trabajo ejecutadas y la información técnica y administrativa generada en cada OT.

Partiendo del esquema del sistema de información presentado en la figura 30 se puede elaborar un diagrama de flujo de dicho sistema en el cual se puedan visualizar de forma más simple los elementos que hacen parte del mismo, así como también el flujo que sigue la información.

Se propone el siguiente diagrama:

Figura 31. Diagrama de flujo del sistema de información del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas.



En el anterior diagrama de flujo se pueden identificar cuatro grandes componentes del sistema: Entradas, Sistema de Información, Salidas y Control.

Cada componente está compuesto por una serie de elementos que interactúan entre sí con el fin de lograr los objetivos que se han propuesto para el sistema, que para nuestro caso es el de lograr mantener en correcta y continua operación todos los equipos que tiene a cargo el Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas.

4.1 ENTRADAS DEL SISTEMA

Las entradas que recibe el sistema se presentan en la figura 32

Figura 32. Entradas del sistema



Reportes de Falla: Estos reportes son enviados al Ingeniero Coordinador de Mantenimiento por el centro de control o los operadores de las subestaciones a través del canal de comunicación radial o e-mail. Esta información es recibida y es procesada por el sistema en cabeza del Ingeniero Coordinador, el cual tiene la responsabilidad de procesar estos reportes con ayuda del sistema.



Información Técnica: La información técnica que ingresa al sistema está compuesta por todos los diagramas unifilares de las subestaciones, los pocos catálogos de información de los equipos y capacitaciones recibidas por el personal.

Actualmente el sistema tiene una gran deficiencia en este aspecto, ya que posee poca información de este tipo y la que existe no está clasificada ni concentrada en un mismo sitio que sea de acceso general.



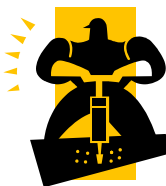
Información Administrativa: Esta información corresponde a todas las directrices emanadas desde la gerencia de la empresa, las cuales son reglas que se aplican en el sistema.



Información Financiera y Contable: Esta información es utilizada por el sistema para evaluar en algunos casos los costos asociados a los mantenimientos efectuados a los equipos y su impacto sobre la producción de la empresa.



Experiencia del personal: Esta información es muy importante para el sistema actualmente, ya que como no se dispone de archivos organizados de fácil acceso y búsqueda, de historiales de mantenimiento de los equipos, es necesario acudir al personal para que este sea quien suministre la información que necesita el sistema para elaborar la programación de mantenimiento



Recursos Físicos y Humanos: El sistema para poder funcionar necesita recursos humanos como son el personal encargado de mantener el sistema operando, así mismo necesita de recursos físicos como papelería, computadores, telecomunicaciones, etc.

**SISTEMA DE
INFORMACION**

4.2 SISTEMA DE INFORMACION ACTUAL

El sistema de información que existe actualmente en el Departamento de Mantenimiento permite que la información fluya entre las personas que hacen parte del mismo así como también posibilita el intercambio informático con otros sistemas de la empresa. Sin embargo como se dijo anteriormente el sistema que existe actualmente es un sistema abstracto, ya que no se encuentra documentado y su estructura no es el resultado de algún estudio.

Este sistema de información se compone de todos aquellos formatos, documentos, catálogos, archivos, directrices, normas, que le permiten a los encargados de utilizar el sistema procesar las entradas al mismo y obtener de esta forma las salidas esperadas.

La información que se maneja a través del sistema es cuantiosa, ya que como se pudo observar anteriormente, en las subestaciones existen un sin número de equipos los cuales están conformados por muchas piezas, por lo tanto la labor de mantenimiento de estos genera gran cantidad de ordenes de trabajo, las que van acompañadas de solicitudes de material, documentos técnicos y en algunos casos de informes.

Sin embargo, pese a que la cantidad de información es demasiada como para manejarla sin ayuda de una herramienta informática, el apoyo que recibe el sistema de información de este tipo de herramienta se basa solo en los escasos archivos de Excel donde se tienen almacenadas las programaciones mensuales de mantenimiento, algunos diagramas unifilares de las subestaciones y archivos de la programación de equipos de las subestaciones.

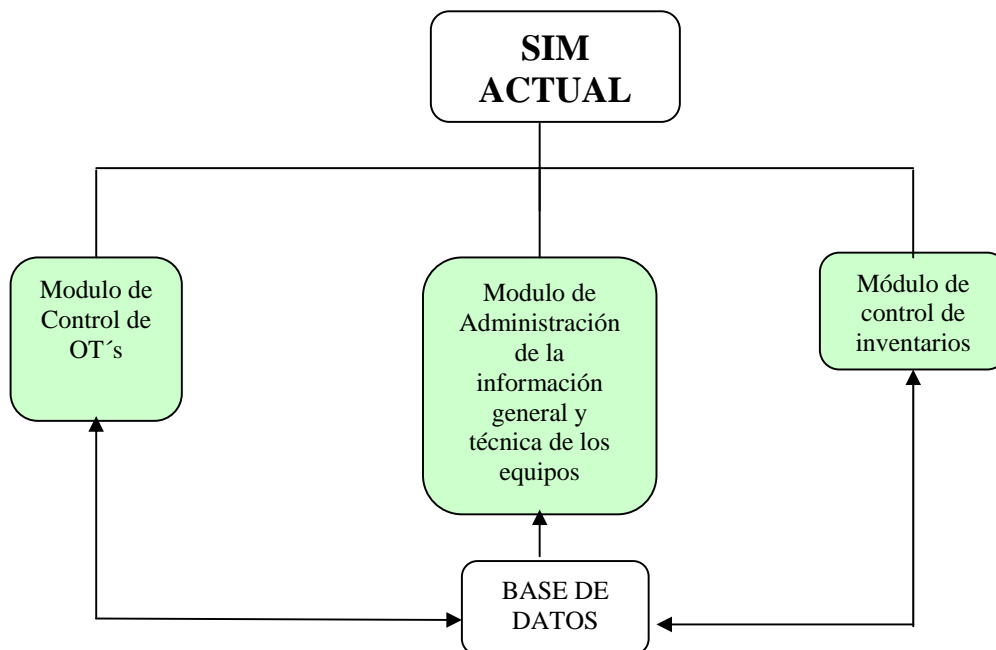
El hecho de tener la información solamente en medios físicos y en un solo lugar, hace que el sistema de información tenga una limitante en cuanto a que la disponibilidad y accesibilidad de la información es restringida y hace que las labores de planeación, programación, control y verificación sean tediosas y desorganizadas.

En el sistema de información existente se pueden identificar tres grandes módulos:

- Modulo de Control de OT
- Modulo de Administración de la información general y técnica
- Modulo Control de Inventarios

Así mismo la información procesada en cada modulo es almacenada en una base de datos la cual intercambia información con los módulos tal como se muestra en la figura 33.

Figura 33. Módulos actuales del sistema de información del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas.



4.2.1 Módulo para el control de órdenes de trabajo (OT)

A través de este modulo el sistema de información realiza las siguientes actividades:

- Solicitar por escrito la ejecución de una actividad de mantenimiento.
- Alimenta la base de datos del área de mantenimiento (archivo).
- Registrar y controlar el consumo de materiales del almacén, la utilización tanto de herramientas como de recursos físicos y humanos.

La generación de las ordenes de trabajo se realiza de forma manual y su control es llevado por la Auxiliar Administrativa, por lo tanto esta labor es bastante dispendiosa debido a la cantidad de ordenes de trabajo que se manejan, en consecuencia esta situación puede llevar en algunas ocasiones a dejar ordenes de

trabajo sin ejecutar o lo que es peor a no generar las ordenes de trabajo y dejar de esta forma los equipos si el mantenimiento que requieren. Este modulo le está permitiendo al Departamento de Mantenimiento llevar registros de los siguientes procesos:

- Documentación del proceso.
- Recopilación de información (materiales consumidos, nuevas fallas detectadas)

La información que el modulo de control de OT procesa actualmente es la siguiente:

- Numero de la Orden de Trabajo.
- Fecha y hora de inicio y finalización de los trabajos.
- El nombre de los integrantes de la cuadrilla.

4.2.2 Módulo para la administración de la información general y técnica

En este modulo el sistema procesa información acerca de:

- Información técnica propia de algunos equipos, como por ejemplo: planos del constructor, listado de repuestos y piezas, plan de mantenimiento preventivo sugerido por el fabricante, herramientas que deben utilizarse en el mantenimiento, etc.
- Registro histórico del funcionamiento de algunos equipos donde se indica los mantenimientos se le han practicado.
- Algunos manuales de operación.

La información que procesa este modulo es muy escasa debido a que no se cuenta con el espacio necesario en los archivos para almacenar toda la información de tipo técnico que se requiere, ya que al no disponer de una herramienta informática la información debe ser toda de tipo físico. Adicionalmente la información de que se dispone no esta ordenada ni clasificada, por lo tanto la realización de consultas son poco frecuentes debido al tiempo que emplea el personal tratando de ubicar los archivos.

4.2.3 Módulo de control de inventarios

Actualmente este modulo tiene la función de realizar la intermediación con el almacén general de la empresa con el fin de solicitar los materiales, repuestos e insumos que el día a día requiera.

A través de este modulo el departamento de mantenimiento realiza una labor de verificación del consumo de los materiales solicitados al almacén general, es decir al liquidar cada OT se verifica que los materiales que se solicitaron al almacén para ser utilizados en los trabajos relacionados en la OT, se encuentren relacionados en la misma como materiales consumidos.

Por lo tanto el sistema de información de mantenimiento no está garantizando un control eficaz de los inventarios y el suministro oportuno de materiales y repuestos debido a que no tiene la posibilidad de tener una conexión en línea con el sistema de inventarios del almacén general, para poder evaluar de esta forma las existencias de materiales y repuestos en el almacén.

4.2.4 Base de datos

La base de datos como se dijo anteriormente se compone de todos los archivos, documentos, catálogos, OT que se encuentran almacenadas en los archivadores de las oficinas del departamento de mantenimiento.

La información que se encuentra almacenada en la base de datos no se encuentra organizada, por lo tanto labor de búsqueda de información que se encuentra almacenada allí es bastante tediosa.

Por lo tanto el sistema de información actual se encuentra alimentado de manera física una base de datos a la cual no se le puede sacar información de manera rápida y ordenada cada vez que se necesite elaborar un informe o consultar algún dato de tipo técnico. Esta situación ocasiona que la base de datos no se considere con tal sino más bien como un archivo.

4.3 SALIDAS DEL SISTEMA

Como se expuso al inicio del capitulo la finalidad de un sistema es la razón de su existencia, por lo tanto la finalidad del sistema de información del Departamento de Mantenimiento es la de brindar apoyo para lograr mantener en correcto funcionamiento los equipos que tiene a cargo el departamento, razón por la cual actualmente la salida principal del sistema es la de mantener los equipos funcionado correctamente.

Adicionalmente el sistema tiene otras salidas como son:

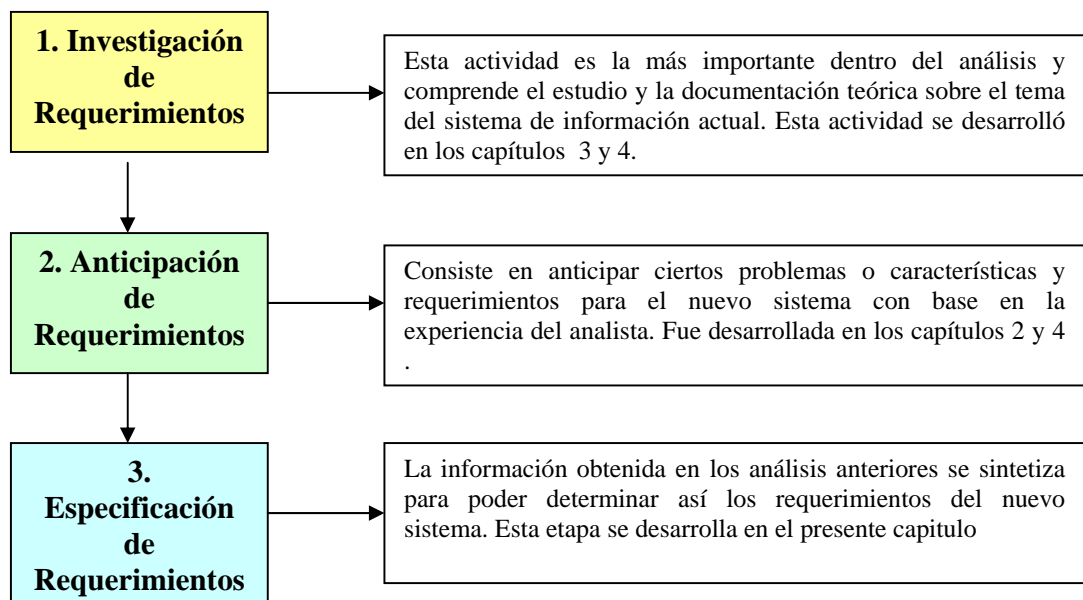
- **Información Administrativa, Contable, Personal:** Debido a que en la empresa existen diversos sistemas de información, el sistema de mantenimiento debe suministrar información a estos sistemas, porque el Departamento de Mantenimiento no es una dependencia autosuficiente.
- **Experiencia:** Como consecuencia de las operaciones que se realizan al interior del sistema, el personal vinculado al mismo adquiere conocimientos sobre el manejo de muchos aspectos propios del sistema y de los equipos que se mantienen. Por lo tanto una salida importante del sistema es la experiencia que adquiere el Departamento en el manejo de cada uno de los procesos y de las actividades de mantenimiento que se realicen.
- **Historial:** Debido a que por cada trabajo que se realiza queda el registro impreso de las actividades que efectuaron (ODT), los materiales que se utilizaron (salidas de almacén) y las comunicaciones que se generaron (e-mail, cartas), el sistema día a día va creando un historial de toda esta información, el que es almacenado en la base de datos para ser consultado cuando se requiera.

5. DEFINICION DE LOS REQUERIMIENTOS TECNICOS DEL SISTEMA DE INFORMACION DE MANTENIMIENTO PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIA

La definición de los requerimientos se fundamenta el estudio de un sistema para conocer cómo trabaja y dónde es necesario efectuar mejoras. Un requerimiento es una característica que debe incluirse en un nuevo sistema, la cual puede ser la inclusión de determinada forma para capturar o procesar datos, producir información, controlar una actividad de la empresa o brindar soporte a la gerencia. Es así como la determinación de requerimientos vincula el estudio de un sistema existente con la recopilación de detalles relacionados con él.

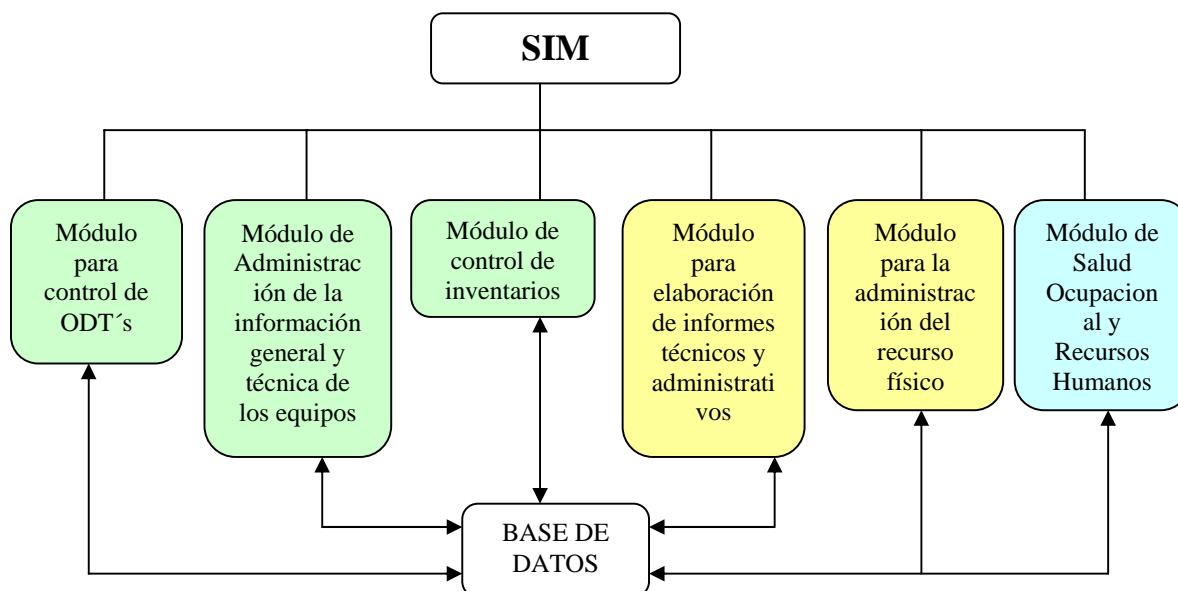
La metodología que se utilizó para poder llegar a determinar los requerimientos del nuevo Sistema de Información de Mantenimiento se fundamentó en el desarrollo de tres etapas: anticipación, investigación y especificación de requerimientos, tal como se muestra en la figura 34.

Figura 34. Metodología utilizada para la determinación de los requerimientos del SIM.



Con base en la expuesto y teniendo en cuenta la información propone un SIM estructurado en seis módulos tal como se muestra en la figura 35.

Figura 35 Módulos del Sistema de Información Propuesto



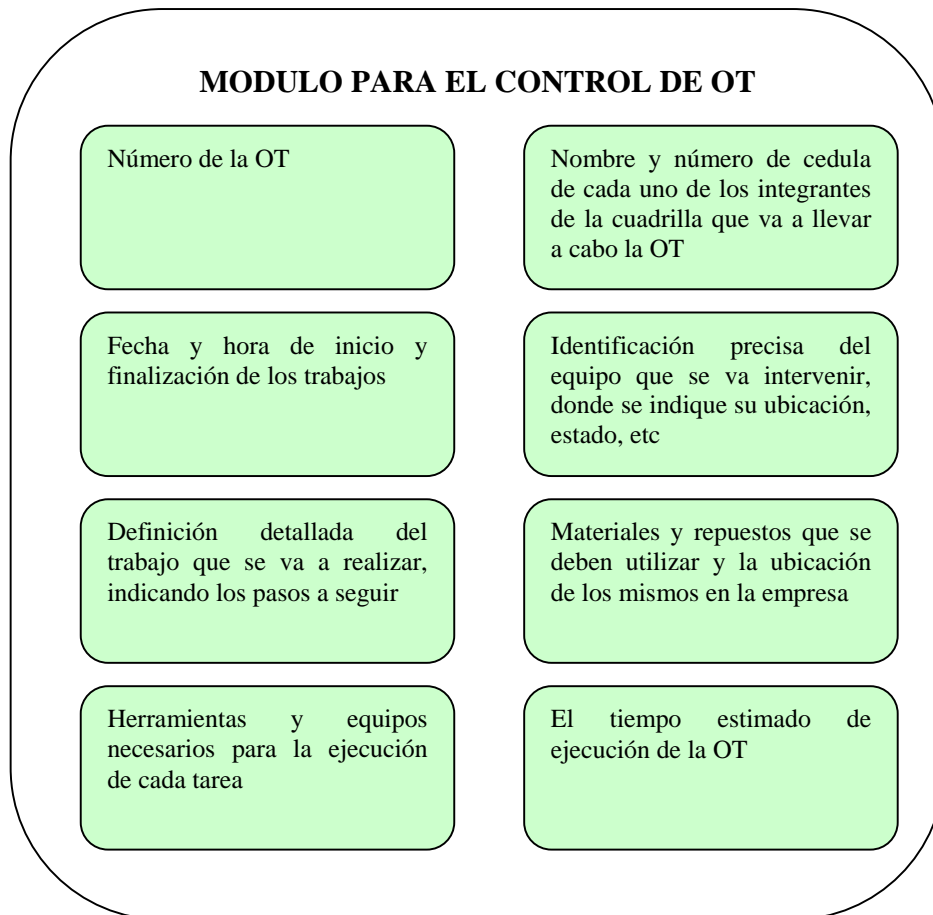
A continuación se explica como fluye y se procesa la información a través de cada uno de los módulos del sistema y la interacción entre ellos.

5.1 MODULO PARA EL CONTROL DE LAS OT

Este módulo interactúa de forma directa con el programa de mantenimiento definido por la organización, ya que su objetivo principal es garantizar el flujo constante y permanente de las OT.

Debido a que el formato de la OT que maneja la ESSA es un documento que se utiliza como soporte tanto del área de mantenimiento como del almacén de repuestos, recursos humanos y contabilidad, no es posible generar a través de este módulo un nuevo formato de OT porque interferiría el desarrollo de los demás procesos asociados con la misma. En este módulo realiza el almacenamiento y procesamiento de la información, tal como se muestra en la figura 36.

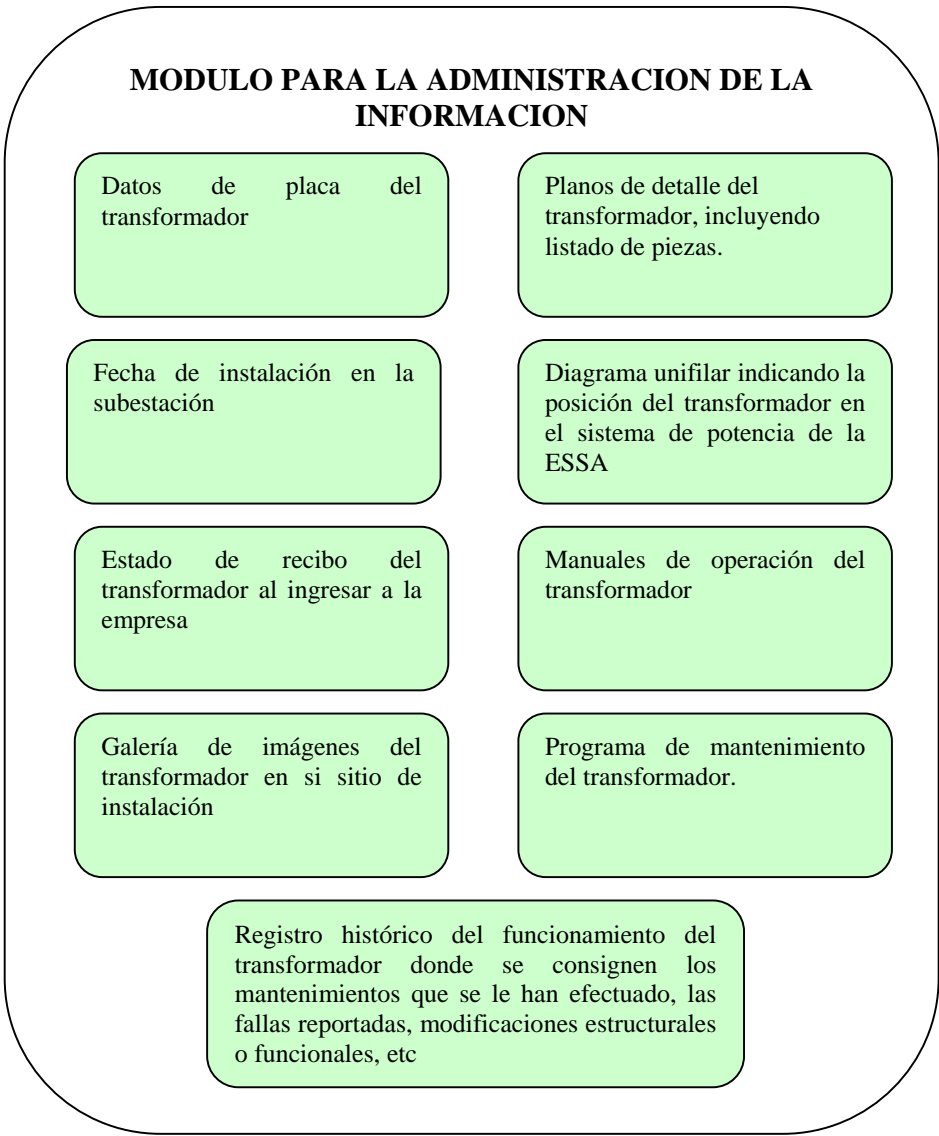
Figura 36. Módulo para el control de OT.



5.2 MODULO DE ADMINISTRACION DE LA INFORMACION GENERAL Y TECNICA DE LOS TRANSFORMADORES

En este módulo se debe ingresar toda la información de cada uno de los transformadores mediante la cual se pueda ir creando una hoja de vida de cada equipo lo más completa posible. La información que debe administrar este módulo se presenta en la figura 37.

Figura 37. Módulo para la administración de la información general y técnica de los equipos.



5.3 MODULO DE CONTROL DE INVENTARIOS

El módulo para el control de inventarios debe estar en comunicación permanente con los sistemas de administración del kardex del almacén general de la empresa; esto con el fin de tener siempre disponible la información precisa sobre los materiales y repuestos que se encuentran en stock en el mismo y vincularlos de esta forma en la programación de las OT`s, con el fin de garantizar el cumplimiento del programa de mantenimiento planteado.

Además este módulo debe estar en capacidad de ejecutar las siguientes funciones:

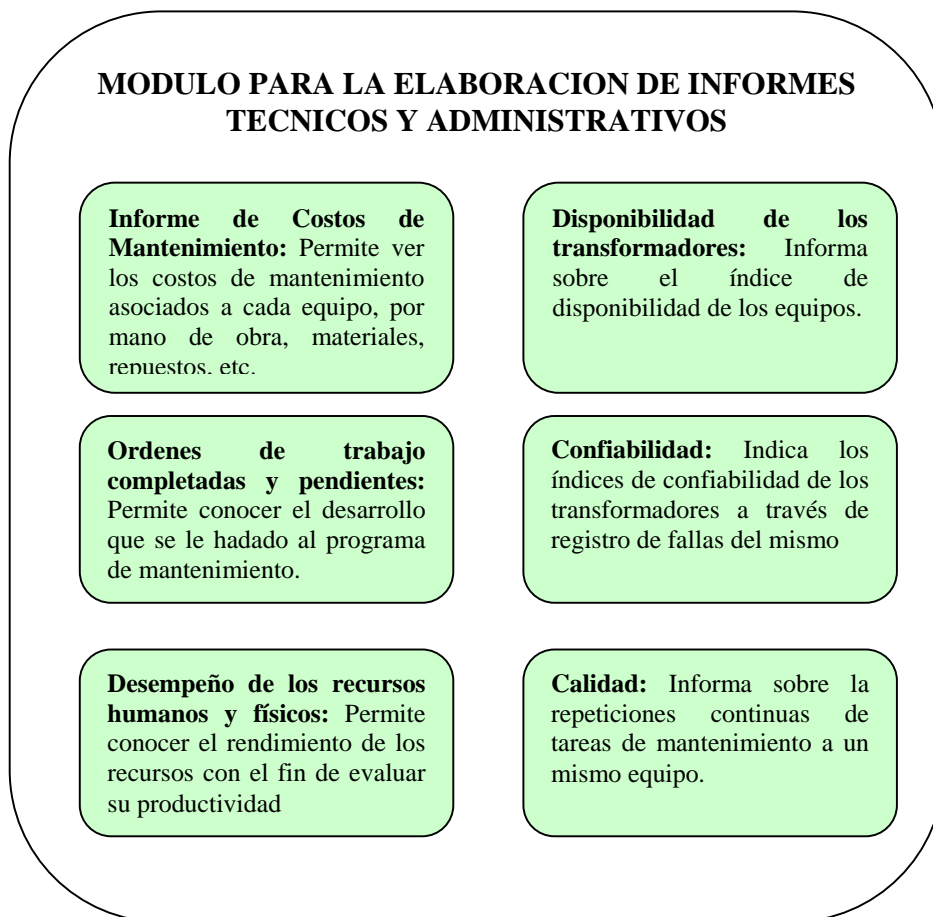
- Clasificar los repuestos según sea su uso y costo.
- Generar las ordenes de compra de los materiales o repuestos a través de la utilización de técnicas de control de inventario de almacén (máximos y mínimos, lote económico, etc).
- Realizar balances entre los materiales retirados del almacén vs los materiales consumidos en las OT`s.
- Informar con anticipación sobre el próximo desabastecimiento de algún repuesto o insumo.
- Monitorear el estado de las órdenes de compra con el fin de garantizar el constante flujo de materiales.

5.4 MODULO PARA LA ELABORACION DE INFORMES TECNICOS Y ADMINISTRATIVOS

Como se dijo anteriormente a través de este modulo el SIM interactúa con los demás módulos para efectuar de esta forma un balance del desempeño de las actividades que han sido cargadas en el sistema y permitir así realizar las evaluaciones que contribuyan al mejoramiento continuo de cada uno de los procesos.

Los informes que debe generar este modulo se muestran en la figura 38.

Figura 38. Módulo para la elaboración de informes técnicos y administrativos



5.5 MODULO PARA LA ADMINISTRACION DEL RECURSO FISICO

A través de este módulo se debe realizar la administración de todos los recursos físicos que se encuentran asignados al Departamento de mantenimiento, como es el caso de los vehículos, camiones, grúas, equipos de medición, equipos de cómputo, etc.

En este módulo se debe integrar toda la información concerniente a los mantenimientos efectuados, las calibraciones, las fallas, etc, que se le realicen a los recursos físicos del área.

5.6 MODULO DE SALUD OCUPACIONAL Y RECURSOS HUMANOS

El recurso humano en las empresas es el bien más valioso con el que cuenta la misma. A través de los programas de salud ocupacional y seguridad industrial, temas que han venido cobrando importancia desde hace algunos años debido a que por medio de estos las empresas han logrado disminuir la accidentalidad de sus trabajadores y mejorado el clima laboral significativamente, se hace necesario que el sistema de información de mantenimiento posea un modulo donde se pueda procesar y trabajar con la información concerniente a estos temas.

Para poder definir cuáles son los requerimientos del sistema en cuanto a recursos humanos se refiere es necesario antes conocer algunos de los riesgos a los que está expuesto el personal de mantenimiento que conforma las cuadrillas:

- **Choques eléctricos y/o electrocución:** En algunas oportunidades no es posible desenergizar los circuitos cercanos al área donde van a trabajar las cuadrillas ya que no se puede suspender el suministro de energía a los diferentes clientes, por lo tanto el personal de las cuadrillas se ve expuesto a sufrir choques eléctricos los cuales pueden ser ocasionados por inducción o contacto directo con las líneas de alta tensión que se encuentran en las subestaciones.
- **Quemaduras:** Debido a que la cuba de los transformadores está fabricada en hierro, ésta se calienta al estar expuesta tanto a los rayos del sol como al calor interno irradiado por el núcleo del transformador. En consecuencia el personal de la cuadrillas puede sufrir quemaduras en sus extremidades a causa del contacto con la superficie metálica del transformador.

Por otra parte cuando se realiza el mantenimiento de la pintura de la cuba del transformador la superficie que se va a pintar es limpiada con productos abrasivos para la piel humana (ácidos). Por lo tanto si el personal de las cuadrillas no se protege a través de utilización de guantes, puede sufrir quemaduras en los sitios que queden expuestas a estos líquidos.

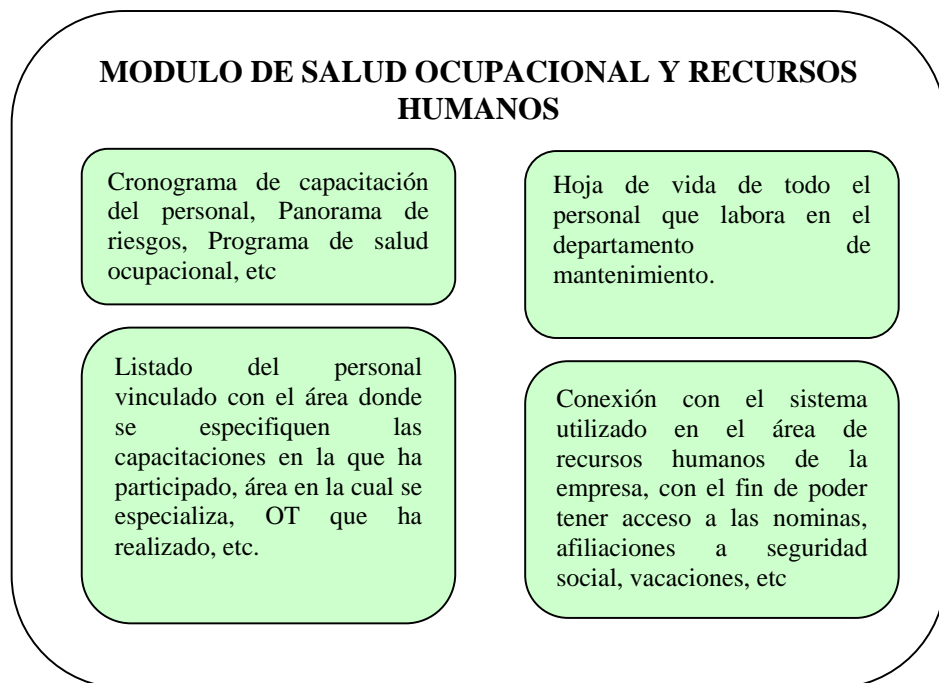
- **Fracturas o lesiones musculares:** Debido a que los transformares de potencia de las subestaciones son equipos que tienen más de 2 mts de altura, la probabilidad de sufrir una lesión como producto de una caída del mismo es alta.

- **Lesiones en la Espalda:** Debido a que los elementos con los que están fabricados los transformadores son bastante pesados, el personal se ve expuesto a sufrir de lesiones en la columna por en manejo indebido de estas cargas.

Es importante a la luz de las normas sobre salud ocupacional y seguridad industrial dotar a todo el personal de los elementos de protección que le permitan minimizar la posibilidad de verse afectados por alguno de los riesgos descritos anteriormente. Es por esto que el sistema de información debe estar en capacidad de llevar un control sobre la dotación de estos elementos a cada uno de los integrantes de las cuadrillas así como también de la participación que realicen en las capacitaciones y actualizaciones en todos los aspectos técnicos, administrativos, salud ocupacional, seguridad industrial, etc, que les permitan hacer enriquecer su formación y poder así hacer parte de los procesos de mejoramiento continuo de la empresa.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, este modulo debe estar en capacidad de administrar la información que se muestra en la figura 39.

Figura 39. Módulo de Salud Ocupacional y Recursos Humanos.



6 CONCLUSIONES

En concordancia con los objetivos del presente trabajo se realizó un diagnóstico de la modalidad operativa actualmente utilizada para controlar el mantenimiento de los transformadores de potencia en el Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas de la ESSA S.A. Mediante dicho diagnóstico se pudieron identificar una serie de factores y procesos técnicos que fueron complementados con otros aportes de tipo teórico. De esta manera se lograron definir los requerimientos fundamentales para el diseño de un nuevo Sistema de Información de Mantenimiento.

Sería conveniente que la ESSA, con base en los requerimientos propuestos en este trabajo, pudiera desarrollar un SIM que le permita digitalizar toda la información que se maneja en el área de mantenimiento, para poder de esta forma consolidar una base de datos que suministre información de una manera pronta y ordenada. Además se posibilitaría que dicho sistema interactuara con los demás sistemas de información de la empresa para lograr así una gestión más integral por parte del Departamento de Mantenimiento de Subestaciones y Líneas.

Otro aspecto importante que permitiría un nuevo sistema de información es, a nivel de la Gerencia del Mantenimiento, la creación de informes de gestión, costos, disponibilidad, fallas, etc, con el fin de poder evaluar con cifras reales el desempeño del área. Esta última actividad facilitaría la visualización de posibles oportunidades de mejora y la retroalimentación de cada uno de los procesos.

El diseño del software con base en los requerimientos que se proponen, su implementación y evaluación de resultados a nivel operativo, forman parte de una próxima etapa en el proceso investigativo.

BIBLIOGRAFIA

CAMPBELL, Jhon Dixon; DUFFUA, Salih O y RAOUF, A. Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control. México: Limusa Wiley, 2005. 419 p.

CHAPMAN, Stephen J. Maquinas Eléctricas. Tercera edición. Santa Fe de Bogota: McGraww-Hill, 2000. p. 61-144.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Santa fe de Bogota DC: ICONTEC, 1996.126p. NTC 1486.

JAKOVLJEVIC, P.J; STRUB Joe. EAM Versus CMMS: What's Right for Your Company? Part One. En: (marzo 2004) <http://www.eamevaluation.com/index.asp?fromdomain=eamevaluation.com&fromur>

J.M, Lucia Lucía. Criterios para la información de una gestión del mantenimiento. En: Revista Mantenimiento. No 1, 1990.

LOURIVAL TAVARES, Augusto. Criterios para seleccionar y evaluar un software de mantenimiento. En: Revista Mantenimiento. No 26, 1996.

PINILLA CELIS, Pablo. SISTEMA DE INFORMACION DE MANTENIMIENTO. En: Seminario Sistema de Información de Mantenimiento. (2005: Bucaramanga). Memorias Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: UIS, 2005.

RAMOS, Pedro. Internet - *Índices y Tópicos de Mantenimiento* - <http://info.telecom-co.net/capacita/agenda/pramos/doc/Capitulo4.html> Colombia - Internet - Agosto - 1999.

SENN, James A. Análisis y Diseño de Sistemas de Información. Segunda edición. Santa fe de Bogota: McGraww-Hill, 2002. 942 p.