

**DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE  
INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA EEB**

**MAURICIO PABLO ACEVEDO ARREDONDO**

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

**2009**

**DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE  
INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA EEB**

**MAURICIO PABLO ACEVEDO ARREDONDO**

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

**Director: ENRIQUE AYOBI  
Ingeniero Eléctrico. Msc**

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

**2009**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero que todo a Dios por su apoyo en los momentos difíciles, a mi esposa Yiceth González por su amor y comprensión, a mis padres por su inmenso amor y apoyo, a la Empresa de Energía de Bogotá por su apoyo en esta aventura, a todos mis compañeros y jefes de la Vicepresidencia de Transmisión por sus opiniones y aportes.

Especialmente agradezco a las siguientes personas, Dr Ernesto Moreno por apoyar al autor del presente documento en su deseo de estudiar la Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Ingeniero Enrique Ayobi que fue soporte y concejo muy importante como director de este proyecto, Ingeniero Guillermo Pérez como Jefe de la Oficina de Mantenimiento por su paciencia y aportes, Ingeniero Fredy Medrano por su tiempo y disposición, por último, pero no menos importantes a mis compañeros de la Oficina de Mantenimiento de Líneas por sus inquietudes y disposición a colaborar.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
1. NEGOCIO DE TRANSMISION EMPRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ.....	3
1.1 Estructura del Sector de Energía Eléctrica en Colombia .....	4
1.2 MARCO REGULATORIO PARA EL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN.....	7
1.3 GESTIÓN AMBIENTAL DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN.....	9
1.4 GESTIÓN SERVIDUMBRES DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN .....	14
1.5 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN ...	15
1.5.1 Planeación y programación de mantenimientos.....	15
1.5.2 Operación del sistema del sistema de transmisión. ....	16
1.5.3 Problema de la gestión de la información de mantenimiento de la eeb	17
2. MARCO TEÓRICO .....	20
2.1 Características de los Sistemas de Información Contemporáneos.....	21
2.1.1 Sistemas de procesamiento de operaciones (SPO).....	22
2.1.2 Sistemas de automatización de la oficina (sao) y del trabajo para el conocimiento (STC) .....	22
2.1.3 Sistemas de información para la administración (SIA).....	23
2.1.4 Sistemas para el soporte de decisiones (SSD) .....	23
2.1.5 Sistemas de soporte gerencial (SSG) .....	24
2.2 Estado del Arte de los Sistemas de Información Para gestión de Activos.	26
2.2.1 Sistemas de información para la gestión de mantenimiento. ....	26

2.2.2	Software CMMS .....	28
2.2.3	Sistemas ERP .....	29
2.3	Sistemas de información Geográfica (SIG).....	31
2.4	Los Sistemas de Información en la Gestión de Activos .....	33
3.	CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN VIGENTE EN LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSMISIÓN DE LA EEB.....	35
3.1	GESTIÓN AMBIENTAL DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN.....	35
3.2	GESTIÓN SERVIDUMBRES DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN .....	38
3.3	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN...43	
3.3.1	Arquitectura módulo PM de SAP implementado en la Vicepresidencia de Transmisión. ....	44
3.4	SISTEMA NACIONAL DE CONSIGNACIONES .....	57
3.5	BASE DE DATOS EN ACCESS PARA LAS HOJAS DE VIDA DE LOS EQUIPOS DE MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN .....	61
3.6	SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN .....	66
4.	ANÁLISIS CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN VIGENTE EN LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSMISIÓN .....	74
5.	DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA EEB.....	81
5.1	REQUERIMIENTOS AL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	82
5.2	CRITERIOS PARA ARQUITECTURA BASE SISTEMA DE INFORMACIÓN. ....	85
5.2.1	Módulo de gestión ambiental .....	85
5.2.2	Módulo de gestión servidumbres.....	88

5.2.3	Módulo de gestión de mantenimiento.....	88
5.2.4	Sistema de información para la gestión de mantenimiento.....	89
6.	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES .....	93
6.1	GENERALES.....	93
6.2	ESPECIFICAS.....	94
	BIBLIOGRAFIA.....	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación infraestructura de Transmisión de Energía Eléctrica de EEB	4
Figura 2	Esquema de funcionamiento del sector	6
Figura 3	Detalle de obras de contención contempladas en los programas de mantenimiento de la infraestructura.	13
Figura 4	Detalle de procesos de compensación forestal por los trabajos de mantenimiento de la franja de servidumbre de la infraestructura.	13
Figura 5	Detalle llegada de la línea de transmisión Guavio-Tunal y Reforma-Tunal a la Subestación Tunal.	18
Figura 6	Relación de los sistemas de información y en general del proceso que gestiona el sistema de información.	25
Figura 7	Esquema metodológico desarrollo SIG	32
Figura 8	Módulo de Gestión Ambiental del Sistema Integrado de Información de la VT.	36
Figura 9	Ubicación de las líneas de transmisión con respeto a las Localidades en Bogotá según información del DACD.	39
Figura 10	Ejemplo de encadenamiento de la información tabular desde la base de datos Access y los datos gráficos en ArcView.	40
Figura 11	Esquema de los elementos funcionales que componen del sistema SIG de servidumbre de EEB.	41
Figura 12	Panel de Control Servidumbres EEB.	42
Figura 13	Modelo relacional y la estructura de datos del SIG.	43
Figura 14	Estructura Organizacional Módulo PM.	46
Figura 15	Estructura ubicaciones técnicas.	49
Figura 16	Representación gráfica de redes del modelo SAP de los enlaces propuestos en EEB.	51
Figura 17	Estructura planes de mantenimiento.	52
Figura 18	Diagrama de Flujo actividades de Mantenimiento Preventivo.	53
Figura 19	Diagrama de Flujo Mantenimiento Correctivo.	54

Figura 20	Documento de Consignación en el Módulo PM.	56
Figura 21	Documento de Consignación de salida para su gestión en el Centro de Control de Transmisión.	56
Figura 22	Formulario de entrada al SNC.	58
Figura 23	Formulario de Acceso al Sistema Nacional de Consignaciones.	58
Figura 24	Estructura módulos SNC.	59
Figura 25	Información tabular típica para consignación.	61
Figura 26	Estructura de Base de Datos Hojas de Vida.	62
Figura 27	Formulario de acceso a la aplicación.	63
Figura 28	Formulario de cargue de línea a consultar.	63
Figura 29	Formulario Órdenes de Trabajo.	64
Figura 30	Registros fotográficos Sistema Integrado de Información.	66
Figura 31	Informe aplicativo Registros Fotográficos.	68
Figura 32	Visualización Módulo Mantenimiento de Subestaciones.	69
Figura 33	Detalle de estructura de datos tercer nivel E-Hojas de Vida.	70
Figura 34	Arquitectura Hojas de Vida de los equipos para subestación.	71
Figura 34a	Estructura tipo Archivos Excel de Hojas de vida.	71
Figura 35	Estructura de datos de la Gestión de Mantenimiento.	77
Figura 36	Estructura de Datos de la gestión de Servidumbres para la gestión de Mantenimiento.	78
Figura 37	Estructura de Datos de la gestión de Servidumbres para la gestión de Mantenimiento.	79
Figura 38	Arquitectura S.I. Gestión de Mantenimiento de la EEB.	91

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Mascara de Ubicaciones Técnicas Módulo PM- SAP	48
Tabla 2	Actividad Tipo Base de Datos Hojas de Vida Líneas	65
Tabla 3	Calificación Cualitativa del nivel de desarrollo de la administración de la Información.	74

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA EEB

**AUTOR:** MAURICIO PABLO ACEVEDO ARREDONDO

**PALABRES CLAVES:** MANTENIMIENTO, SISTEMAS DE INFORMACIÓN, ARQUITECTURA, SOPORTE A DECISIONES.

**DESCRIPCIÓN:** Esta Monografía desarrolla el estudio de caso del sistema de información para la gestión de mantenimiento de la Vicepresidencia de Transmisión de la Empresa de Energía de Bogotá, se realiza el planteamiento del problema de la gestión de la información para la gestión integral de activos, realizando un riguroso análisis descriptivo del contexto de la infraestructura en cuestión con las particularidades de un negocio regulado por el estado.

La metodología empleada en la presente monografía incluyó como aspecto fundamental un análisis del marco teórico y conceptual de los sistemas de información, con una introspección en el estado del arte de las herramientas y desarrollos disponibles en el mercado a nivel general.

Se realizó un exhaustivo inventario y caracterización de las diferentes herramientas disponibles en el sistema de información en uso, a partir de estos inventarios se procedió a diagnosticar de manera sencilla el nivel de desarrollo de los mismos al interior de la organización.

Realizado la caracterización de los sistemas de información y el resultado del diagnóstico, el cual sugería que el nivel de sistemas para soporte a las decisiones y soporte al nivel gerencial se encuentran en un desarrollo bajo, es por esto que se enfocó el estudio a conocer los requerimientos y expectativas de los usuarios del nivel medio y superior de la Vicepresidencia de Transmisión.

A partir de los elementos desarrollados a lo largo de la Monografía, se presenta una propuesta de Arquitectura del Sistema de Información para la Gestión de Mantenimiento de manera integral para la infraestructura de la EEB y se definen un conjunto de conclusiones y recomendaciones a considerar en la implementación del sistema de información para la gestión de mantenimiento.

---

\*Diseño conceptual de la arquitectura de un sistema de información para la gestión de mantenimiento de la EEB

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Enrique Ayobi, Ing. Msc

## SUMMARY

**TITLE:** CONCEPTUAL DESIGN OF ARCHITECTURE OF INFORMATION SYSTEM TO EEB MAINTENANCE MANAGEMENT

**AUTHOR:** MAURICIO PABLO ACEVEDO ARREDONDO

**KEY WORD:** MAINTENANCE, INFORMATION SYSTEM, ARCHITECTURE, DECISIONS SUPPORTS.

**DESCRIPTION:** This Monograph develops the study of case of the information system for the maintenance management to Transmission's Vice-presidency of the Bogota's Energy Company, there is realized the approach of the problem of the management of the information for the integral assets management, realizing a rigorous descriptive analysis of the context of the infrastructure in question with the particularities of a business regulated by the state.

The methodology used in the present monograph included, as fundamental aspect, an analysis of the theoretical and conceptual frame of the information systems, with introspection in the state of the art of the tools and available developments on the market to general level.

There was realized an exhaustive inventory and characterization of the different information system tools available in the market, from these inventories it's proceeded to diagnose in a simple way the level of development of the same ones to the interior of the organization.

Realized the characterization of the information systems and the result of the diagnosis, which was suggesting that the system level for support to the decisions and support to the managerial level they are in a low development, is for this that this study was focused to knowing the average level and superior level users requirements and expectations of the Vicepresidency of Transmission.

From the elements developed along the Monograph, it's presents an offer of Architecture of the Information System for the Maintenance Management of an integral way for the EEB's infrastructure and there are defined a set of conclusions and recommendations to considering in the implementation of the information system for the maintenance management.

---

\*Conceptual design of architecture of information system to EEB maintenance management

\*\*School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization  
Director: Enrique Ayobi, Ing. Msc

## INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información en las organizaciones modernas, son herramientas fundamentales para el soporte operacional y logística en las mismas, pero a su vez con el inevitable avance del Hardware y Software estos sistemas tienen un mayor potencial de agregar valor a la información permitiendo encontrar tendencias y soportar a los administradores de la organización en sus decisiones.

Esta evolución natural de los sistemas afecta todas las áreas de la organización, las cuales se convierten en usuarios o clientes de los Sistemas de Información, situación que no es ajena para las áreas de mantenimiento y en especial para las empresas de servicios públicos, pues estas finalmente lo que venden es la disponibilidad de su infraestructura, en últimas el indicador maestro del mantenimiento de dicha infraestructura.

En este orden de ideas las Empresas en el sector eléctrico colombiano, deben garantizar su mayor competitividad en el mercado, para lo cual buscan asegurar la optimización sobre la operación y especialmente en el mantenimiento de los activos productivos, por lo que las empresas del sector construyen sus sistemas de información conforme a sus necesidades.

Teniendo en cuenta que el estudio de caso que plantea la presente monografía, es desarrollado sobre el sistema de información para la gestión de mantenimiento de la EEB, Empresa que dentro de sus actividades operativas tienen la unidad de negocio de transporte de energía eléctrica, la cual ofrece un servicio público el cual es regulado por el estado, por tanto la gestión de la información de dicha infraestructura es vital, especialmente todo lo relativo al mantenimiento, pues lo que vende el transportador esencialmente es la disponibilidad de una red, es en

este escenario que la gestión de mantenimiento se convierte en un aspecto fundamental para garantizar dicha disponibilidad.

Es en este sentido el estudio se orienta a entender la arquitectura del Sistema de Información actualmente en uso en la Vicepresidencia de Transmisión de la EEB, se estudia la estructura del negocio desde diferentes procesos como el ambiental, servidumbres y la propia gestión de mantenimiento que están íntimamente ligadas, y se propone una arquitectura para el Sistema de Información.

## **1. NEGOCIO DE TRANSMISION EMPRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ**

La Empresa de Energía de Bogotá es un grupo empresarial que tiene inversiones en los sectores de Generación, Distribución y Transporte de energía eléctrica, transporte y distribución de gas natural y tiene dos unidades de negocio operativas que son el transporte de energía eléctrica que atiende directamente y el de transporte de gas que ejerce a través de su filial Transporte de Gas del Interior (TGI).

La Empresa a través de su Unidad de Negocio denominada Vicepresidencia de Transmisión, desarrolla la actividad de transporte de energía eléctrica, la cual opera de manera directa su infraestructura de transporte de energía eléctrica consistente 344 kilómetros de líneas doble circuito a 230 kV y 3 kilómetros de líneas de circuito sencillo a 230 kV, en la denominada Zona Centro que básicamente interconecta a Bogotá con el Sistema de Transmisión Nacional y en la denominada Zona Sur Occidente dicha infraestructura está compuesta por 299.1 kilómetros de línea doble circuito a 230 kV y 156 kilómetros de circuito sencillo que básicamente unen las subestaciones de Betania, Altamira (departamento del Huila), Mocoa (departamento de Putumayo), Jamondino (en la ciudad de Pasto, departamento de Nariño) y que terminan con el punto de interconexión con el vecino país de Ecuador en el sitio cercano al municipio de Cuaspud en el departamento de Nariño. La Empresa es propietaria de la infraestructura de subestaciones que permite, a través de los módulos de conexión de dichas líneas (bahías de línea) y otros elementos, interconectar las líneas al Sistema de Transmisión Nacional; además cuenta con el Centro de Control de Transmisión para la operación de dicha infraestructura.

**Figura 1. Ubicación infraestructura de Transmisión de Energía Eléctrica de EEB**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

## **1.1 ESTRUCTURA DEL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA**

Es importante en este punto, dada las características de la infraestructura propiedad de la EEB, entender el contexto donde se encuentra operando dicha infraestructura y por consiguiente poder establecer en qué consiste el servicio de transporte de energía eléctrica, para poder determinar los diferentes clientes internos y externos que interactúan con la misma, entender la importancia y papel del mantenimiento en este tipo de infraestructura, el cual presenta una relevancia

de mayor importancia comparada con la percepción clásica de mantenimiento de planta a la que habitualmente nos tienen acostumbrados.

**¿Qué es la energía eléctrica?** La energía eléctrica es la consecuencia de un movimiento de electrones con una fuerza determinada en un periodo de tiempo finito. En otras palabras, el movimiento de electrones origina una corriente la cual es impulsada por una fuerza electromotriz conocido como voltaje en un periodo de tiempo  $t$ .

Esta energía es útil para poner en funcionamiento equipos que producen calor (como estufas, planchas, calentadores), luz (bombillos), movimiento (motores, licuadoras aspiradoras). Electrónicos conmutables (computadores), entre otros.

La energía eléctrica se mide dependiendo del trabajo que hace durante un tiempo determinado. Su unidad de medida son los kilovatios-hora kWh. Un kWh es el trabajo que se hace (movimiento de una cantidad de electrones con una fuerza determinada) durante una hora.

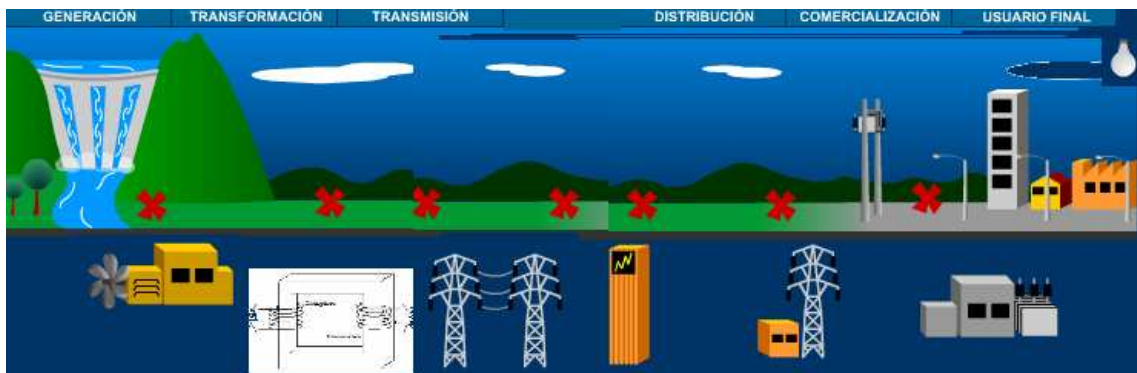
**¿Como funciona el sector de energía eléctrica?** El sector de energía eléctrica es un sector normalmente regulado por el estado, con base en la política establecida en la Constitución de 1991, según la cual el Estado debe cumplir una función más de regulador, control y vigilancia que de administrador. En el caso colombiano el ente regulador del sector eléctrico es la CREG (Comisión Reguladora de Energía y Gas) y se ha incorporado al sector privado como propietario de buena parte de los activos que se tenían en el sector.

El sector se ha dividido en cuatro (4) actividades económicas claramente diferenciadas, para poder cumplir los objetivos de optimización y eficiencia de la prestación de los servicios públicos consagrada en la Constitución de 1991, los cuales son:

- **Generación de Energía Eléctrica:** Actividad consistente en la producción de energía eléctrica mediante una planta hidráulica o una unidad térmica las cuales se encuentran conectadas al Sistema de Transmisión Nacional.

- Transmisión de Energía Eléctrica: Actividad económica consistente en la transformación adecuada de las características de voltaje y corriente de la salida de las centrales generadoras de energía eléctrica para ser transmitidos mediante las líneas de transmisión de alta tensión de 220 kV o superiores a través de grandes distancias con sus correspondientes módulos de conexión
- Distribución de Energía Eléctrica: Actividad económica consistente en el transporte de manera regional de la energía eléctrica entregada en la frontera del transporte de energía eléctrica, mediante una red de líneas y subestaciones con tensiones inferiores a 220 kV.
- Comercialización de Energía Eléctrica. Actividad económica consistente en la compra de energía eléctrica en el mercado mayorista y su venta al usuario final.

**Figura 2. Esquema de funcionamiento del sector**



Fuente: Comisión Reguladora de Energía y Gas

## **1.2 MARCO REGULATORIO PARA EL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN**

En Colombia, existen once empresas que ejercen la actividad de transmisión, siendo la Empresa de Energía de Bogotá, la cuarta con mayor participación en los ingresos provenientes del negocio, el cual ha sido reglamentado por la Comisión de Regulación de Energía y Gas, siendo quien define entre otros: las condiciones de acceso al sistema de transmisión nacional, las restricciones de participación en la actividad de transmisión, liquidación, administración y cobro de cargos por uso del Sistema de Transmisión Nacional a través del Liquidador y administrador de cuentas, la metodología de remuneración de las redes existentes y obras de expansión, la selección competitiva de los agentes que desarrollen nuevos proyectos, el esquema de asignación de cargos por uso de los agentes del mercado, además de los requerimientos de calidad de los servicios de transmisión y la responsabilidad por energía no suministrada del Sistema de Transmisión Nacional.

Adicionalmente, la CREG definió las metas de disponibilidad y los mecanismos de medición de la indisponibilidad y compensaciones a cargo del transmisor nacional. De igual forma, la regulación, centraliza en la Unidad de Planeación Minero Energética UPME del Ministerio de Minas y Energía, la definición del plan de expansión, fijando las bases para seleccionar los propietarios de las obras.

Para la actividad de transmisión se deberán observar y aplicar especialmente las siguientes resoluciones:

- Resolución CREG 001 de 1994: “Por la cual se reglamenta el transporte de energía eléctrica por el Sistema de Transmisión Nacional y se regula la liquidación y administración de las cuentas originadas por los cargos de uso de dicho sistema”.
- Resolución CREG 002 de 1994: “Por la cual se regula el acceso y uso de los sistemas de transmisión de energía eléctrica, se establece la metodología y el

régimen de cargos por conexión y uso de los sistemas de transmisión, se define el procedimiento para su pago, se precisa el alcance de la resolución 010 de 1993 expedida por la Comisión de Regulación Energética y se dictan otras disposiciones”

- Resolución CREG 012 de 1995: Por la cual se aprueba el Reglamento para la Liquidación y Administración de Cuentas por Uso del Sistema de Transmisión Nacional y se modifica parcialmente la Resolución 001 de 1994 expedida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas”.
- Resolución CREG 025 de 1995: “Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional”.
- Resolución CREG 058 de 1996: “Por la cual se aclara el alcance de las disposiciones expedidas por la CREG y que reglamentan la aplicación de los Cargos por Uso del STN”.
- Resolución CREG 088 de 1997: “Por la cual se ajustan algunos aspectos metodológicos para el cálculo y aplicación de los Cargos por Uso del Sistema de Transmisión Nacional (STN) y se aprueban los Cargos correspondientes al período regulatorio 1997-2001”.
- Resolución CREG 004 de 1999: “Por la cual se aclaran y/o modifican las disposiciones establecidas en la Resolución CREG-051 de 1998, en la cual se aprobaron los principios generales y los procedimientos para definir el plan de expansión de referencia del Sistema de Transmisión Nacional y se estableció la metodología para determinar el Ingreso Regulado por concepto del Uso de este Sistema”.
- Resolución CREG 043 de 1999: “Por la cual se someten a consideración de los agentes y terceros interesados, la nueva metodología para el cálculo y aplicación de los Cargos por Uso del Sistema de Transmisión Nacional (STN) que entrará a regir a partir del 1o. de Enero del año 2001 y los Cargos por Uso aplicables durante el año 2000”.

- Resolución CREG 080 DE 1999: “Por la cual se reglamentan las funciones de planeación, coordinación supervisión y control entre el Centro Nacional de Despacho (CND) y los agentes del SIN”.
- Resolución CREG 094 de 1999: “Por la cual se establece una metodología de transición para el cálculo y aplicación de los Cargos por Uso del Sistema de Transmisión Nacional (STN), aplicable durante el año 2000”.
- Resolución CREG 095 de 1999: “Por la cual se da cumplimiento a la disposición establecida en el Artículo 5o. de la Resolución CREG-126 de 1998, relacionada con la ejecución del plan de expansión de transmisión previsto para el período 1997-1999”.
- Resolución CREG 072 de 1999: “Por la cual se establecen las normas de calidad aplicables a los Servicios de Transporte de Energía Eléctrica en el STN y de Conexión al STN, como parte del Reglamento de Operación del SIN”.
- Resolución CREG 061 de 2000: “Por la cual se establecen las normas de calidad aplicables a los Servicios de Transporte de Energía Eléctrica en el STN y de Conexión al STN, como parte del Reglamento de Operación del SIN”.
- Resolución CREG 103 de 2000: “Por la cual se establece la metodología para el cálculo y aplicación de los Cargos por Uso del Sistema de Transmisión Nacional (STN), que regirá a partir del 1º de enero del año 2001”.
- Resolución CREG 011 de 2009: “Por la cual se establecen la metodología y fromulas tarifarias para la remuneración de la actividad de transmisión de energía eléctrica en el sistema de transmisión Nacional”. En esta resolución se revisan las normas de calidad aplicables al servicio de transmisión y las implicaciones en el ingreso por la variación en la calidad del servicio.

### **1.3 GESTIÓN AMBIENTAL DEL NEGOCIO DE TRASNMISIÓN**

El estado colombiano mediante la Ley 99 de 1993, crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público encargado de la Gestión y Conservación del

Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.

Adicionalmente se crea y establecen Las Corporaciones Autónomas Regionales como entes corporativos de carácter público, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente.

En el Título VIII, la ley 99 de 1993, desarrolla el concepto de las licencias ambientales donde se desarrollan los siguientes aspectos:

Obligatoriedad de Licencia Ambiental en la ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad, que pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje requerirán de una Licencia Ambiental.

Se establecen los conceptos de Diagnostico Ambiental de Alternativas, Estudio de Impacto Ambiental y se establecen los procedimientos de licenciamiento y revocatoria de la misma.

Mediante el Decreto 1220 de abril 21 de 2005, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial (MAVDT), se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993, se define la competencia del medio ambiente para otorgar o negar licencias ambientales a los sectores productivos entre los cuales se incluye el sector eléctrico de acuerdo con las siguientes categorías:

1. La construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW.

2. Los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes.
3. El tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 kV.

Posteriormente el MAVDT mediante el decreto 500 de 2006, modifica el decreto 1220 y entre las consideraciones mas relevantes, en el artículo 2 modifica el artículo 40 y establece el Regimen de Transición para las actividades establecidas en los artículos 8 y 9 de la Ley 93, bajo las siguientes consideraciones:

- ✓ Los proyectos, obras o actividades, que de acuerdo con las normas vigentes antes de la expedición del presente decreto, obtuvieron los permisos, concesiones, licencias y demás autorizaciones de carácter ambiental que se requerían, continuarán sus actividades sujetos a los términos, condiciones y obligaciones señalados en los actos administrativos así expedidos.
- ✓ Los proyectos, obras o actividades, que con anterioridad a la expedición del presente decreto, iniciaron todos los trámites tendientes a obtener la correspondiente Licencia Ambiental o el establecimiento del Plan de Manejo Ambiental, exigido por la normatividad en ese momento vigente, continuarán su trámite de acuerdo con la misma y en caso de obtenerlos podrán adelantar y/o continuar el proyecto, obra o actividad.
- ✓ Los proyectos, obras o actividades que hayan iniciado su operación antes de la expedición de la Ley 99 de 1993, y que a la entrada en

vigencia del presente decreto, pretendan reanudar actividades, deberán presentar ante la autoridad ambiental competente un Plan de Manejo Ambiental para su respectiva evaluación y establecimiento.

- ✓ Los proyectos, obras y actividades que se encuentren operando a la entrada en vigencia del presente decreto y no cuenten con la Licencia Ambiental respectiva, deberán presentar un Plan de Manejo Ambiental ante la autoridad ambiental competente, dentro de los doce (12) meses siguientes a la expedición del presente Decreto, para su respectiva evaluación y establecimiento. Lo anterior, sin perjuicio de la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar.

Bajo esta normatividad se reglamenta la interrelación de la actividad de transporte de energía eléctrica con el medio ambiente, no solamente en su construcción, si no también durante la operación y mantenimiento.

Por tanto el cumplimiento y gestión ambiental se convierte en un pilar importante para el gestor de activos, en el caso en particular que el Plan de Manejo Ambiental, el cual es un instrumento a través del cual se establecen las medidas de manejo y compensación de los impactos identificados en el Estudio de Impacto Ambiental, en las variables Físicas, Bioticas y Sociales.

Durante la operación usualmente el desarrollo de las medidas de manejo de variables físicas, tales como afectación de los suelos por problemas geotécnicos y aprovechamientos forestales, son usualmente resueltos por el grupo gestor de mantenimiento y por consiguiente dicho grupo debe considerar dentro del ciclo de mantenimiento las restricciones, requerimientos y desarrollo de las fichas de las variables físicas del PMA.

**Figura 3. Detalle de obras de contención contempladas en los programas de mantenimiento de la infraestructura y que adicionalmente da cumplimiento al PMA en lo referente a la protección y estabilización de taludes.**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

**Figura 4. Detalle de procesos de compensación forestal por los trabajos de mantenimiento de la franja de servidumbre de la infraestructura.**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

## 1.4 GESTIÓN SERVIDUMBRES DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN

La Franja de Servidumbre conforme con la definición vigente en el Anexo General de la Resolución N° 18 1294 de agosto de 2008 “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)”, se define como una franja de terreno que se deja sin obstáculos a lo largo de una línea de transporte de energía eléctrica, como margen de seguridad para la construcción, operación y mantenimiento de dicha línea, así como para tener una interrelación segura con el entorno.

Por tanto la Empresa y en general los transmisores constituyen mediante escritura pública la servidumbre especial de conducción de energía eléctrica a favor del prestador del servicio. Adicionalmente se establecen unas restricciones en el uso del suelo de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- La franja de servidumbre de la línea de transmisión fue establecida para mantener las distancias eléctricas mínimas de seguridad de tal manera que se garantice la seguridad de las personas, instalaciones y construcciones que se ubiquen en proximidades a la línea de transmisión y se asegure la operación adecuada de la misma.
- Ninguna construcción puede localizarse dentro de la franja de servidumbre, debido a los riesgos que representa tal situación para las personas que ocupen dichas construcciones, por eventos tales como rotura de conductores, descargas atmosféricas, flámeos por acercamientos eléctricos a los conductores, escalamiento a las torres, etc.

Por lo anteriormente expuesto la gestión de servidumbres es un aspecto relevante en la gestión de la infraestructura de transmisión, pues se generan una serie de actuaciones e información relevante sobre dichas servidumbres, como lo son Bases de Datos de los documentos que soportan los derechos de servidumbre, la proyección gráfica sobre dichos derechos, gestión de los derechos de petición e inquietudes de la comunidad sobre dichas franjas de servidumbres, que en la

Empresa usualmente el grupo de mantenimiento de la Vicepresidencia de Transmisión gestiona con el apoyo de las áreas Legal y de Recursos Físicos, por lo que la administración de dicha información se lleva incluso al detalle por torre y vano de la infraestructura.

## **1.5 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN**

La Empresa de Energía de Bogotá, a través de su Vicepresidencia de Transmisión ha estructurado una organización de mantenimiento al interior que lidera actividades de planeación, programación y supervisión del mantenimiento de la infraestructura, y manejando en un esquema tercerizado mediante contratistas estratégicos que suministran la mano de obra y equipo especializado para la ejecución física de los trabajos de mantenimiento.

La supervisión y control de los trabajos de campo de Mantenimiento de Líneas y Subestaciones del Sistema de Transmisión de la EEB se encuentra asignada a los profesionales de Mantenimiento de Líneas, Mantenimiento de Subestaciones, profesionales en Mantenimiento de Obras Civiles, supervisores de subestaciones y los Inspectores de Obra quienes realizan el trabajo de inspección interna de la EEB y el control y supervisión de los trabajos de mantenimiento ejecutados por los contratistas del mantenimiento de la infraestructura.

### **1.5.1 Planeación y programación de mantenimientos.**

Para la planeación y programación del mantenimiento de las líneas de transmisión y equipos de subestaciones se estudia y analiza la información proveniente de: Hojas de Vida de Mantenimiento de los equipos; los informes de inspecciones; los trabajos de mantenimiento realizados por los contratistas; los planes de manejo ambiental aprobados para las líneas de transmisión; los trabajos pendientes de ejecución; los contratos de mantenimiento vigentes; la Meta de Índices de

Disponibilidad aplicable a cada línea de transmisión establecida en la resolución 061/2000 de la CREG y en un futuro próximo las de la 011 de 2009; la evolución de dichos índices. Con dicha información se establece un Plan anual de Mantenimientos, coordinando la ejecución de los mantenimientos de líneas con las necesidades del mantenimiento de subestaciones y adicionalmente, con el tiempo disponible para las 52 semanas siguientes para no alcanzar las horas máximas de indisponibilidad de los activos.

### **1.5.2 Operación del sistema del sistema de transmisión.**

La operación del Sistema de Transmisión Nacional STN, es coordinada por un ente externo denominado CND, conforme a lo establecido en la resolución CREG 080 DE 1999, en el cual este organismo ejerce las funciones de planeación, coordinación supervisión y control operativo entre el Centro Nacional de Despacho (CND) y los agentes del Sistema Interconectado Nacional.

Teniendo entonces clara la función del CND en la Operación del Sistema Interconectado Nacional, los agentes del sector realizan las gestiones pertinentes con dicho organismo para la coordinación y desconexión de los activos necesarias para las intervenciones de mantenimiento que originen restricciones operativas para la prestación del servicio, tales como desenergizaciones de los activos, riesgos de disparo durante las intervenciones de mantenimiento con equipo desenergizado, o las restricciones operativas de los activos por fallas o limitaciones funcionales.

Con el propósito de ejercer sus funciones de operador del sistema el CND a establecido los Planes de desconexiones Semestrales conocidos como PSM's, con un horizonte de seis meses y los cuales se inscriben de manera formal por parte de los agentes a más tardar el 15 de marzo y 15 de septiembre de cada año,

en el cual los agentes informan de las desconexiones programadas conforme a sus planes de mantenimiento.

A partir del PSM el CND generará Consignaciones sobre los activos ingresados por los agentes, lo cual se puede entender como permisos de trabajo, posteriormente cada agente deberá solicitar con una anticipación de una semana la consignación ingresada en el PSM, por tanto el CND revisa las condiciones operativas del sistema y aprueba o reprograma las intervenciones de los agentes dependiendo de las condiciones generales del sistema.

Adicionalmente en los casos de mantenimientos de emergencia los agentes hacen la solicitud al CND, para que este realice las coordinaciones necesarias para la operación segura del sistema, sin embargo estas intervenciones son penalizadas con 30 minutos sobre los tiempos de disponibilidad de los activos.

### **1.5.3 Problema de la gestión de la información de mantenimiento de la eeb**

La Empresa de Energía de Bogotá, para mantener competitividad en el mercado y asegurar la optimización y maximización del valor y rentabilidad para los accionistas de la organización, lo cual forma parte de su misión, tiene claro que la responsabilidad sobre la operación y mantenimiento de dicha infraestructura es cada vez mayor, lo cual obliga a la EEB en tener un proceso de mejoramiento continuo y por ende a interesarse en implementar las mejores prácticas de mantenimiento.

Por lo anteriormente expuesto, la adecuada administración de la información y el valor que pueda generar a la organización en su gestión, han planteado de manera prioritaria la implementación de un sistema de información integrado que articule de manera adecuada la visión financiera, operativa, ambiental, técnica y regulatoria de su gestión, dado que a la fecha la administración de la información en la EEB se ejecuta a través de herramientas computacionales no integradas entre las cuales se cuenta:

- ✓ ERP SAP: En el cual se encuentran implementados y en operación el módulo financiero y de gestión de almacenes.
- ✓ SIGEEB: Sistema de información geográfico con plataforma Arcview.

**Figura 5. Llegada de la línea de transmisión Guavio-Tunal y Reforma-Tunal a la Subestación Tunal.**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

- ✓ Sistema de Gestión de servidumbres en plataforma Arcgis.
- ✓ Desarrollos aislados para la gestión de mantenimiento en Access y plantillas en Excel.

- ✓ Aplicaciones en Excel, Access para registro de eventos, seguimiento a la disponibilidad de activos e interacción con los sistemas de información del operador del sistema, CND en el reporte de eventos (RVEM) y el sistema nacional de consignaciones (SNC).

Ante esta variedad de herramientas que de manera aislada administran la información, es evidente que la EEB debe rediseñar e implementar un sistema de información para la gestión de mantenimiento que se integre con el ERP que actualmente utiliza EEB, y definir de manera metodológica el nivel de integración y automatización de las mismas, además de la integración de los diversos sistemas de información en un sistema integrado que facilite la gestión del negocio y facilite el acceso a la información

Por lo tanto en dicho escenario se considera pertinente el estudio de caso propuesto para la presente monografía.

## 2. MARCO TEÓRICO

En el artículo criterios para la información de la gestión de mantenimiento publicado en la revista Mantenimiento N° 1 de 1990, los autores JMM Lucia, Fraser Española, plantean que dada la rápida extensión del uso de las herramientas informáticas en todos las áreas de la empresa se está generando la necesidad de optar por uno de los muchos sistemas que existen a disposición de cada usuario.

Ante esta perspectiva los gestores de mantenimiento se encuentran de manera permanente forzados a manejar e investigar sobre los sistemas de información, sin las suficientes bases teóricas y conceptuales para la selección de los herramientas adecuadas para administrar la información producto de la gestión de los activos, y realizando de manera intuitiva y en muchos casos enfrentando en su proceso de implementación conflictos en la estructuración de los datos maestros del Sistema con otras áreas de la organización.

Por lo anteriormente expuesto, en el presente capítulo se expone el estado de arte de la teoría de sistemas.

¿Que se interpreta por un sistema de información?

Tomamos de manera formal la definición propuesta por los teóricos de los sistemas de información, como la propuesta del doctor Jae K Shing en su libro "Respuestas Rápidas para los Sistemas de Información", la cual propone que un sistema de información es un sistema computarizado que procesa datos (hechos) y produce información. Este proceso de la información se caracteriza básicamente por cuatro operaciones que son: Entrada, Proceso, Salida y Almacenamiento., estas operaciones son transferidas al computador el cual los recibe a través de dispositivos de entrada, los manipula, filtra y produce un segundo nivel de información con valor agregado para los usuarios.

Sin embargo no comparto de manera total esta definición, dado que el computador es solo una de las herramientas para la implementación y soporte de los sistemas

de información, ya que dentro de las organizaciones la administración de la información puede estar también distribuida en los sistemas manuales como Bibliotecas, Planotecas, Registros en copia dura debidamente clasificados, procedimientos de archivo y consulta de la información, lo cual es usual en organizaciones con un nivel incipiente en los sistemas de información soportados en la computadora. Lo cual es característico de empresas pequeñas y era en general la forma de administrar la información de las organizaciones antes de la llegada de los sistemas informáticos y que en las organizaciones actuales funcionan como sistemas complementarios a los sistemas de información soportando la información que por consideraciones beneficio-costos eventualmente no se administra en los sistemas computarizados, pero si es claro que un sistema de información es el conjunto de herramientas relacionadas entre sí, con el objetivo de atender las cuatro operaciones básicas que se identifican del proceso de la información propuesto por Jae K Shing.

## **2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN CONTEMPORÁNEOS**

Las características de los sistemas de información modernos que identifican los teóricos como el propuesto por el Dr Kenneth C Laudon, en su libro Administración de los Sistemas de Información, Organización y tecnología son:

- ✓ Sistemas sencillos apoyando distintas funciones en niveles múltiples dentro de la empresa.
- ✓ Acceso inmediato en línea a grandes volúmenes de información.
- ✓ Fuerte confiabilidad en la tecnología de telecomunicaciones.
- ✓ Inteligencia y conocimientos implícitos en los sistemas.
- ✓ Capacidad para combinar datos y gráficas.

Los sistemas deben proporcionar toda la información que los usuarios requieren. Las empresas en la actualidad cuentan con sistemas de información en diferentes niveles y funciones y por consiguiente los sistemas tipo que se diseñan para las

empresas modernas, deben apoyar los trabajadores de carácter operativo, gerentes, mercadotecnia, control de manufactura, gestión de mantenimiento, contabilidad, finanzas y los recursos humanos, por tanto en los sistemas de información se identifican los niveles de procesamiento de operaciones, automatización de la oficina, soporte para el soporte de decisiones, información para la administración, soporte estratégico.

### **2.1.1 Sistemas de procesamiento de operaciones (SPO)**

Este sistema está orientado al nivel operativo de la institución, enfocándose en el procesamiento de operaciones, registra operaciones del día a día, necesarias para la operación de la Empresa. En este nivel por lo general las empresas tienen altamente definido las tareas, recursos y metas, las cuales están altamente estructuradas, por tanto son sistemas relativamente fáciles de diseñar e implementar.

Estos sistemas se caracterizan por extender las fronteras de la empresa con su entorno, relacionando directamente a los clientes con el proceso de entrada al proceso productivo y son básicos para tomar la información para los demás niveles del sistema de información.

### **2.1.2 Sistemas de automatización de la oficina (sao) y del trabajo para el conocimiento (STC)**

Buscan satisfacer los requerimientos de información de los niveles de conocimiento de la empresa, están enfocados a los trabajadores de nivel técnico o profesional que los autores identifican como los trabajadores del conocimiento y son conocidos como los STC y buscan crear valor agregado de la información, creando nueva información y experiencia técnica que se convierten en el “*Know How*”, de la empresa.

Los SAO, son orientados a usuarios con un nivel de formación menos formal y buscan apoyar las operaciones de archivo, secretariales, contabilidad y operaciones administrativas básicas. Estos sistemas son diseñados para la automatización de las tareas de la oficina con aplicaciones de la tecnología de información y buscan incrementar la productividad de los trabajadores de la información en la oficina al apoyar las actividades de coordinación y de comunicación.

### **2.1.3 Sistemas de información para la administración (SIA)**

Estos sistemas están orientados al nivel administrativo de la organización, los SIA están principalmente atendiendo los procesos de planeación, control y toma de decisiones en el nivel gerencial. Estos sistemas procesan y compendian la información de niveles inferiores del sistema y la entregan a los usuarios del nivel administrador, en informes y reportes de corte ejecutivo de manera rutinaria y a pedido, usualmente manejan modelos de informes muy sencillos por lo que se limitan a hechos internos y no se extienden al entorno, un ejemplo de estos es los módulos de nómina.

### **2.1.4 Sistemas para el soporte de decisiones (SSD)**

Estos sistemas se estructuran para apoyar la toma de decisiones, este nivel es provisto de capacidad de análisis y dependen de la información interna de los SPO y SIA, pero adicionalmente se toma información de fuentes externos. Estos sistemas son de carácter interactivo, están diseñados para facilitar a los usuarios un acceso sencillo a la información y está previsto de modelos analíticos a través de los cuales se genera valor agregado a los datos de entrada.

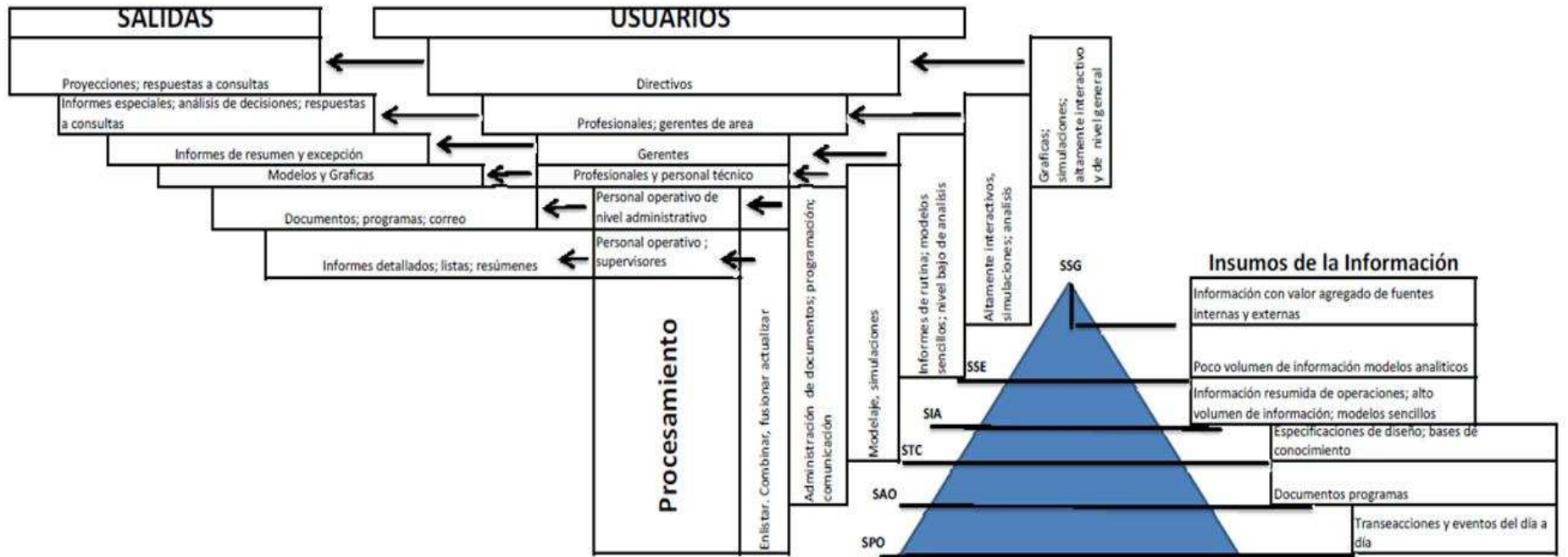
### **2.1.5 Sistemas de soporte gerencial (SSG)**

Este es diseñado para el nivel estratégico de la empresa, incorporan información sobre hechos externos, como esquemas regulatorios, leyes fiscales y se alimentan de todos los niveles de la cadena de la información pero especialmente de los SIA y SSD internos, estos SSG emplean el software de gráficas avanzadas.

A diferencia de otras clases de niveles de los sistemas de información, los SSG no están diseñados para resolver problemas específicos. Estos proporcionan capacidad general de cómputo y telecomunicaciones para ser aplicada en muchas situaciones, los SSG proveen de información a los administradores cuando estos requieran, en forma altamente interactiva por lo que son altamente flexibles.

La interacción de los diferentes niveles de la información encontrados típicamente en los sistemas de información contemporáneo, usualmente generan un modelo piramidal ascendente de la información que fluye desde su base operacional, la cual toma, registra y documenta circunstancias de interés relevante para la organización y la escala hacia los niveles superiores que van agregando valor a la información del siguiente nivel, hasta llegar a la cima de la Pirámide, en la cual la organización tiene información estratégica para el soporte de decisiones al nivel gerencial. El proceso de la información en dicha pirámide arranca con los insumos de la información tales como documentos, registro de transacciones, análisis de la información, consultas y filtros a la misma, los cuales se direccionan al Sistema de Información típico, donde son manipulados por los usuarios asociados al mismo agregando el valor correspondiente al objetivo del nivel ya sea operacional o de soporte de decisiones, dichos usuarios manipulan la información en el sistema el cual genera el proceso de dicha información conforme a la estructura propia de datos del Sistema, produciendo una salida para un cliente o usuario en la organización, dichas relaciones entre los niveles de la información se ilustra de manera grafica en la figura 6.

Figura 6. Relaciones entre los niveles de los sistemas de información:



Como se puede deducir de la figura 6, existe una fuerte interrelación entre los diferentes niveles del sistema de información lo que sugiere un alto nivel de integración, sin embargo algunos autores plantean que son los administradores quienes determinen el nivel de integración que se requiere para operar el negocio. Las interconexiones entre los sistemas evolucionan en el tiempo. Por tanto es probable que existan subsistemas aislados como consecuencia del hecho que las empresas no construyen los sistemas en un solo espacio temporal dado lo enormes de los recursos requeridos.

En las organizaciones modernas durante la estructuración de sus sistemas de información, se identifica de manera general el desarrollo de sistemas de información especializados que intentan atender los diferentes sistemas de información identificados en los Sistemas de Información Modernos, principalmente orientados a planeación financiera administrativa y recursos humanos, logística usualmente conocidos como ERP, también especializados en la gestión de activos como los CMMS, los sistemas de información geográficos para soporte de información gráfica de gran precisión, por tanto en el presente capítulo se revisará el estado del arte de este tipo de sistemas especializados, dado que son un aspecto relevante y son soluciones disponibles en el mercado.

## **2.2 ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA GESTIÓN DE ACTIVOS.**

### **2.2.1 Sistemas de información para la gestión de mantenimiento.**

La gestión del mantenimiento ha evolucionado sus procesos en torno a la producción de técnicas y estrategias de mantenimiento, centradas no sólo en las intervenciones a los equipos, sino también en una verdadera gestión que involucre, desde una perspectiva gerencial y sistémica, una acertada relación con el trabajo administrativo, técnico y operativo del área de mantenimiento.

Actualmente existen decenas de conceptos y técnicas de mantenimiento, y en esa dinámica constante, surgen cada vez más enfoques del mismo. Estos incluyen:

1. Monitoreo de condición
2. Sistemas expertos
3. Análisis de gestión de riesgos
4. Modos de fallas y análisis de los efectos
5. Análisis de confiabilidad

Por tanto se requiere en la gestión de los procesos de mantenimiento, el uso de herramientas informáticas que faciliten la toma de decisiones, a través del suministro de información, sobre aspectos técnicos y económicos, planes de mantenimiento, control de trabajos, diagnóstico de condición de equipos y estadísticas de comportamiento y falla.

Las áreas de mantenimiento deben tener herramientas que permitan que los procesos estandarizados, (escritos, sistematizados, o no escritos), estar integrados, agrupados a procesos para suministrar información confiable y oportuna para el desarrollo de la gestión y la toma de decisiones acertadas.

Como se ha argumentado un sistema de información de mantenimiento no solo es un software, es un conjunto de herramientas en las que se implementa una metodología de gestión y administración de mantenimiento, que permite a las empresas obtener resultados en cuanto a:

1. Definición de procesos óptimos
2. Normalización de procedimientos.
3. Análisis de eventos.
4. Conocimiento de los costos.
5. Obtención de indicadores de gestión.

Dentro de esos sistemas de información, destacamos de todas formas el software como la herramienta básica y por ende presentamos los diferentes tipos de software que existen en el mercado.

## 2.2.2 Software CMMS

Los software de mantenimiento (**CMMS** por sus siglas en inglés: Computerized Maintenance Management System), son el componente principal de un software para la gestión de mantenimiento que sea aplicable a cualquier tipo de empresa y cuenta con módulos integrados para el manejo de almacenes, compras, facturas, y algunas aplicaciones para el manejo de proyectos, herramientas, presupuestos, catálogos, planos, indicadores de gestión, emisión de reportes y control de autorizaciones.

La función principal de dicho software es el de ser una herramienta para llevar a cabo los procesos de planeación y control del mantenimiento. El sistema debe trabajar con datos compartidos e interrelacionados, lo que permite que la información fluya entre distintas dependencias en tiempo real.

Las características generales de estos Software son:

- Facilidad de Integración: Interface con sistemas de manufactura tipo ERP (SAP), Interface con los sistemas de automatización de Edificios.
- Interface con Automatización de Edificios: Generación automática de órdenes de trabajo en respuesta a alarmas y tiempo de operación en edificios. Documenta acciones correctivas tomadas para efectos de certificación.
- Idiomas: Múltiples idiomas y monedas para operaciones globales.
- Escalabilidad: Crece de acuerdo a las necesidades de la organización, Puede incrementar su capacidad cuando se requiera.
- Capacidad de Personalización: Pueden ser personalizados a los requerimientos particulares de la organización. Todos los reportes y gráficas pueden ser modificados por el Usuario, nuevos reportes pueden ser desarrollados.
- Programación del Preventivo Maestro: Generan órdenes de trabajo planeadas, para mantenimiento regular y para preventivo, capturan costos, horas de mano de obra, refacciones y contratistas durante la vida en uso de un activo.

- Programación Multi-Ciclo: Un solo programa de mantenimiento para un activo puede ser desarrollado con todos sus ciclos de realización, los mantenimientos preventivos pueden ser en base a su corrida de operación.
- Mantenimiento Correctivo: Lleva registro de causas de falla y el tiempo muerto (downtime) incurrido, registro de reparaciones no programadas en respuesta a alarmas o trabajo de emergencia.
- Administración de Inventarios: Identifican y administran refacciones y equipo usados en mantenimiento.
- Administración de Personal: Planeación de mano de obra al generar planes de acción diarios y semanales.
- Administración de Proveedores: Identifica vendedores y proveedores de refacciones y el equipo donde se aplican, genera y controla requisiciones y/o órdenes de compra.
- Auditoría de rastreo para certificación de normas de calidad.
- Archivos de Enlace (Binder File attachments). Cualquier número de archivos de Word y Excel pueden ser añadidos a un registro.
- Herramientas de búsqueda (Query Tool).
- Acceso a Internet/Intranet vía web browser.
- Requisición de servicios vía electrónica.

### **2.2.3 Sistemas ERP**

Software de Planeación de Recursos Empresariales, o ERP, están orientados a integrar todos los departamentos y funciones a través de una compañía sobre un sistema único de computador que puede servir a todas aquellas necesidades particulares de los departamentos.

El ERP como software único pretende atender las necesidades de la gente en finanzas, recursos humanos, inventarios, gestión de mantenimiento etc.

Usualmente las empresas que están estructuradas por departamentos típicamente tienen su propio sistema de computador optimizado para la forma particular en que el departamento hace su trabajo.

Pero los ERP pretenden integrar en un único software, que imprime una base de datos única para los diferentes departamentos y por tanto puedan fácilmente compartir información y comunicarse el uno con el otro.

Los ERP reemplazan los sistemas de computador independientes en finanzas, recursos humanos, manufactura e inventario, y los reemplaza con un solo programa de software unificado, dividido dentro de módulos de software que se aproximan a los sistemas independientes. Por tanto el software está enlazado sin interrupción permitiendo que alguien en finanzas pueda examinar el software de almacén para ver si una orden ha sido remitida.

Existen cinco razones principales por las que las empresas emprenden ERP, que identifican usualmente los proveedores de este tipo de soluciones las cuales resumo a continuación:

**Integra información financiera:** Los Gerentes o presidentes de las compañías intentan entender el desempeño completo del negocio, y pueden encontrar diferentes versiones de la verdad. Financiera tiene su propio conjunto de números de rentas, ventas tiene otra versión, y las diferentes unidades de negocio pueden tener cada una su propia versión de cuanto ellos contribuyen a las rentas. Los ERP crean una versión integrada de la verdad porque toda la gente está usando el mismo sistema.

**Integran la información de la orden del cliente:** Los sistemas ERP comienzan desde el lugar donde vive el cliente que ordena el pedido, desde el tiempo en que el representante de servicio al cliente lo recibe hasta el muelle de carga que embarca (transportan) la mercancía y finanzas envía una factura. Para tener esta información en un sistema de software, en lugar de que esté dispersada entre muchos sistemas diferentes que no puedan comunicarse entre ellos, las compañías pueden mantener la trayectoria de las órdenes más fácilmente, y

coordinar la fabricación, inventarios y embarque (transporte) entre muchos sitios al mismo tiempo.

Estandarizan y aceleran procesos de la fabricación: Compañías manufactureras – especialmente aquellas con un apetito por las fusiones y adquisiciones - a menudo encuentran que múltiples unidades de negocio a través de la compañía hacen la misma tarea usando métodos y sistemas de computador diferentes. Los sistemas ERP vienen con métodos estándar para automatizar algunos de los pasos de un proceso de fabricación. Estandarizando aquellos procesos y usando un solo sistema integrado de computador se puede ahorrar tiempo, incrementando la productividad y reduciendo el recuento.

Reducen el inventario: Los ERP ayudan a que el proceso de manufactura fluya más suavemente, y esto mejora la visibilidad del proceso de cumplimiento de la orden (pedido) dentro de la compañía. Esto puede conducir a reducir inventarios (existencias) de la materia usada para hacer productos (el inventario de trabajo en progreso), y esto puede ayudar a los usuarios a un mejor plan de repartos a los clientes, reduciendo el inventario final en los depósitos y puertos de embarque.

Estandarizan la información de Recursos Humanos: Especialmente en compañías con múltiples unidades de negocio. Las áreas de recursos humanos generalmente no tienen un método unificado simple para el rastreo del tiempo de los empleados y la comunicación con ellos sobre beneficios y servicios, los ERP proporcionan esta funcionalidad.

### **2.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**

Teniendo en cuenta que la infraestructura de transmisión de la EEB, está constituida por líneas de transmisión que están distribuidas de manera lineal, la cual genera una variable espacial, legal (derechos de servidumbre) y ambiental (planes de Manejo Ambiental) que deben administrar los gestores de mantenimiento, se considera pertinente estudiar el marco teórico de los sistemas de información geográfica, el cual se expone a continuación:

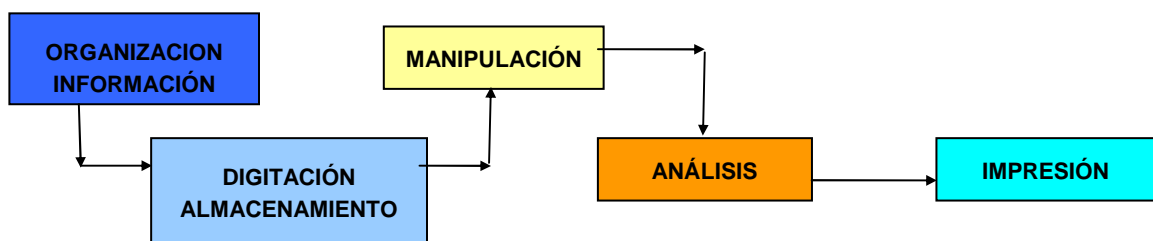
El objetivo general de un SIG es proveer un sistema computacional el cual integra la información y documentación cartográfica y alfanumérica de los atributos que puedan afectar la gestión del objeto de la gestión de activos, tales como predios que se encuentran afectados por la infraestructura de transporte de energía como es el caso de la EEB.

Los objetivos específicos que usualmente se plantean en los SIG son:

- Diseño de la bases de datos para la captura de la información gráfica y alfanumérico del objeto de estudio.
- Organizar y depurar la información geográfica de la cartografía básica.
- De manera metodológica construir las capas de información temática necesarias para la administración de los parámetros ambientales y legales que puedan afectar la infraestructura objeto de estudio.
- Encadenar la información gráfica georreferenciada con los datos o atributos tabulados, por medio de una aplicación en SIG para el software SIG como por ejemplo Arcgis, la cual permite su consulta.
- Generar los reportes y realizar las salidas gráficas en mapas para la actualización en terreno.

Usualmente se identifica el esquema general utilizado como metodología en desarrollo del componente S.I.G.:

**Figura 7. Esquema metodológico desarrollo SIG**



## 2.4 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS

El objetivo de la gestión de los activos es extender la vida útil de los mismos, para reducir costos de operación y mantenimiento, lo cual implica: conocer la condición normal de los equipos, conocer que ciclos de mantenimiento realmente necesitan, conocer las frecuencias y ciclos de intervención de los activos de manera óptima.

Una forma de obtener dicho conocimiento es realizando el monitoreo de los activos para identificar cuándo existen anomalías en el funcionamiento, diagnosticar el estado o condición el mismo y poder monitorear el impacto de las intervenciones sobre los mismos.

Es por eso que dentro del proceso de monitoreo se genera un gran volumen de información al nivel SPO, la cual requiere análisis desde la perspectiva de la ingeniería de mantenimiento para obtener el valor agregado y el apoyo necesario para las rutinas de mantenimiento preventivo, correctivo e inclusive es indispensable para el apoyo a esquemas de mantenimiento proactivo y predictivo etc.

Ante este escenario los autores JMM Lucia, Fraser Española identifican los siguientes criterios a tener cuenta en la estructuración y diseño de un Sistema de Información para gestores de mantenimiento, la informatización de un Sistema Integral de Gestión de Mantenimiento debe contemplar:

- ✓ Automatización de la información técnica de Mantenimiento.
- ✓ Automatización del Sistema de Mantenimiento Correctivo.
- ✓ Automatización del Sistema de Mantenimiento Preventivo/Predictivo.
- ✓ Automatización del Sistema de Paradas programadas.
- ✓ Automatización del Sistema de Seguimiento y Control de la Gestión del Mantenimiento.

- ✓ Interfaces con otras aplicaciones informáticas.

### **3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN VIGENTE EN LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSMISIÓN DE LA EEB**

El proyecto tiene como propuesta la construcción y diseño conceptual de arquitectura de un sistema de información para apoyar la gestión de mantenimiento de los activos del sistema de transmisión propiedad de la EEB para, desde un punto de vista metodológico, proponer un sistema de gestión de la información aplicado a las necesidades de la Vicepresidencia de Transmisión de la EEB.

Por tanto para poder alcanzar el objetivo de la presente monografía de proponer una arquitectura de un sistema de información para la Vicepresidencia de Transmisión, en el presente capítulo se realiza un inventario de la información y los diferentes repositorios en la cual es administrada actualmente.

En el capítulo 1 se identificaron y presentaron, los diferentes procesos que afectan la gestión de los activos de transmisión de energía eléctrica de la EEB . Los cuales se resumen a continuación:

- Gestión Ambiental del negocio de transmisión.
- Gestión Servidumbres del negocio de transmisión.
- Gestión de Mantenimiento del negocio de transmisión.

Sin embargo es importante aclarar que otros procesos en la Vicepresidencia de Transmisión como la planeación, el desarrollo de proyectos y la operación afectan la gestión de los activos. Para el presente proyecto se considero acotar el alcance a los que influyen directamente en el mantenimiento.

#### **3.1 GESTIÓN AMBIENTAL DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN**

Dentro del Sistema Integrado de Información de la Vicepresidencia de Transmisión se ha desarrollado un módulo de Gestión ambiental, en el cual se ha creado una

herramienta de gestión documental básica, que permite almacenar por categorías la información relativa a la gestión ambiental, básicamente enmarcada en los requerimientos de los PMA's y las licencias ambientales de la infraestructura, realizados en cumplimiento de la normatividad ambiental descrita en el capítulo 1 del presente documento.

Dicho módulo no permite realizar análisis y reportes de la información, solo funciona como repositorio de información que los Usuarios consideren relevantes. En la figura 4 se presenta una visualización de dicho módulo.

**Figura 8. Módulo de Gestion Ambiental del Sistema Integrado de Información de la VT**



Fuente: Sistema Integrado de Información de la Vicepresidencia de Transmisión de la EEB.

Con respecto a la información gráfica y vectorial de los estudios de impacto ambiental y PMA, sólo se encuentran dispuestos en una aplicación denominada SIGEEB, la cual no se encuentra actualizada desde el año 2002 y la información gráfica se encuentra en algunos PC's en formato DWG y no se encuentra consolidada.

Sin embargo la estructura de SIGEEB y la información del mismo se resume a continuación.

Módulo Gráfico, esta compuesto por 21 coberturas temáticas en formato Arc/Info, estructuradas en archivo Shapefiles las cuales son:

- Estructuras red de transmisión del Corredor Sur y sistema bogotá (actualmente parte de la zona centro).
- Cuencas Hidrograficas.
- Corporaciones Ambientales.
- Identificación Procesos Erosivos.
- Veredas.
- Zonas Ambientales Sensibles
- Geología
- Geomorfología
- Fauna.
- Municipios.
- Zonas de Reserva Forestal.
- Uso del suelo Corredor Sur y Sistema Bogotá
- Zonas de Vida.
- Subestaciones
- Red de drenaje
- Rios principales
- Cuerpos de agua
- Asentamientos
- Fallas
- Vías
- Curvas de Nivel

Módulo Alfanúmerico, esta desarrollado en Microsoft Access 2000 y esta constituida por la siguiente estructura de datos:

- Módulo SILTE: Inventario y aprovechamiento forestal, información de construcciones y paisaje con relación a la estructura y a las operaciones de tendido de la infraestructura.
- Tabla de Datos consolidados de Servidumbres.
- Mantenimiento (hojas de Vida) Equipos.
- Proyectos de Electrificación rural.
- Datos proyecto de participación social y Comunitaria.
- Información técnica de componentes.

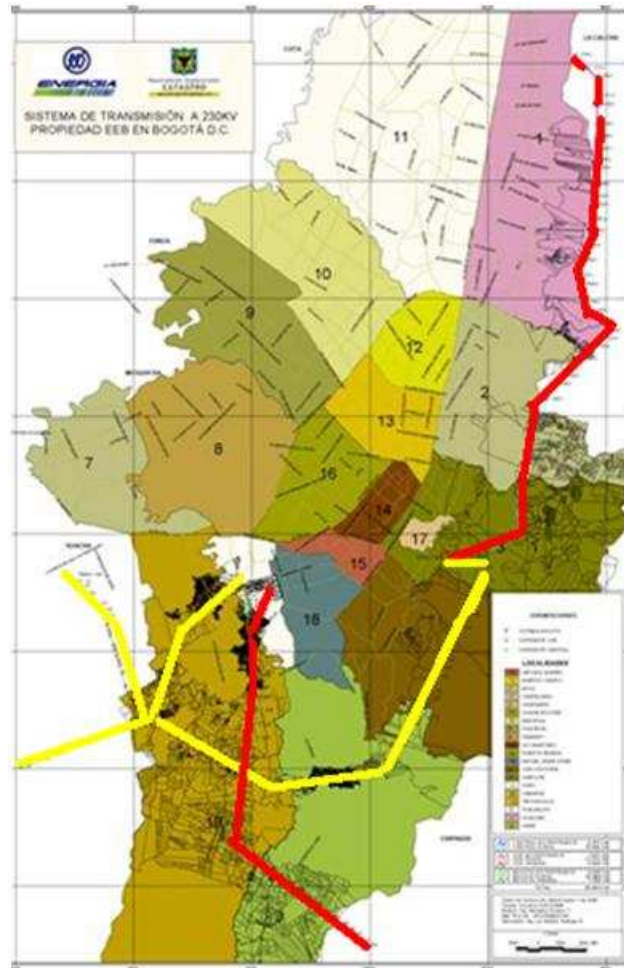
### **3.2 GESTIÓN SERVIDUMBRES DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN**

Actualmente el módulo de gestión de servidumbres es administrado por el Area de Recursos Físicos de la Vicepresidencia Administrativa, cuyo objeto es almacenar la información y documentación gráfica y alfanumérica de todos los predios que se encuentran afectados por el sistema de transmisión a 230kV propiedad de la EEB, el cual es un Sistema de Información Geográfica – SIG, con el cual se apoya el manejo y análisis de toda la información territorial, de la infraestructura.

A continuación se presenta la arquitectura establecida al componente S.I.G, donde se describe el desarrollo del Sistema de Información Geográfica, la estructura, el almacenamiento de la información, el diccionario de datos y la forma de consulta de los datos gráficos y tabulares en medios magnéticos.

Área de estudio: El área de esta aplicación SIG comprende las zonas de servidumbre de las líneas de transmisión a 230kV en Bogotá D.C. La aplicación administra información de lote, construcción, hidrografía entre otras. En la figura 9. Se muestra la ubicación de las líneas en Bogota D.C.

**Figura 9. Ubicación de las líneas de transmisión con respecto a las Localidades en Bogotá según información del DACD.**



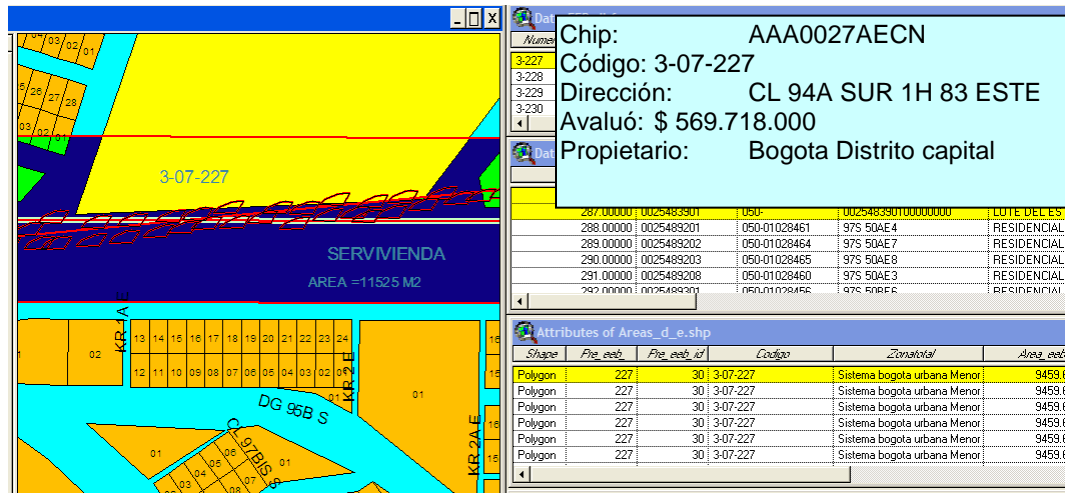
Fuente: Sistema de Información Geográfica de la EEB.

El SIG permite realizar consultas, análisis y reportes de las servidumbres en el área de influencia de la infraestructura; con ella se logra un avance en la forma de utilizar la información tabular y geográfica.

El sistema corre bajo plataforma Windows XP o Windows NT, con el software Arcview. Para la visualización, consulta y elaboración de mapas se utiliza el programa Arcview. Este software encadena la información almacenada en diferentes coberturas y tablas,

definidas más adelante, permite vistas dinámicas de información. Como se muestra en la figura 10.

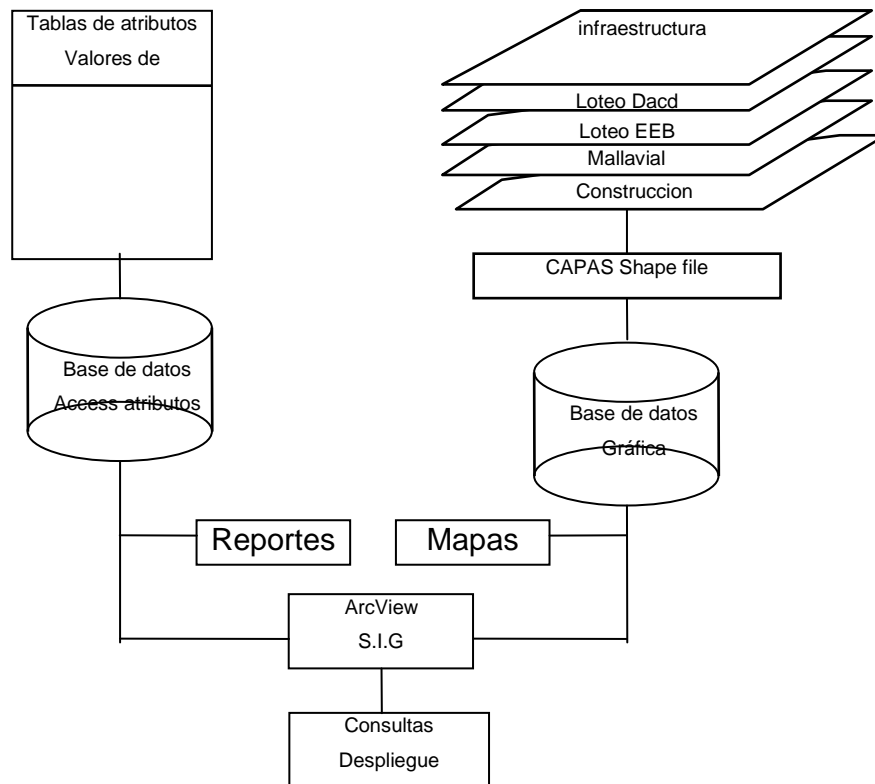
**Figura 10. Ejemplo de encadenamiento de la información tabular desde la base de datos Access y los datos gráficos en ArcView.**



Fuente: Sistema de Información Geográfica de la EEB.

Esquema o modelo funcional: El funcionamiento del Sistema de Información Geográfica, se basa fundamentalmente en un modelo relacional entre las tablas de atributos y las coberturas tipo vector. Las coberturas tipo vector pueden ser de elementos gráficos tipo punto, polígono o línea. A partir de estas relaciones y de la calificación de los elementos espaciales se obtienen unas nuevas superficies ya sea por superposición o álgebra de mapas. En general el sistema se compone de la captura digital, el almacenamiento, la manipulación y conversión de datos y por último el análisis y el reporte de resultados, tal como se muestra en la figura 11.

**Figura 11. Esquema de los elementos funcionales que componen del sistema SIG de servidumbre de EEB.**



Fuente: Sistema de Información Geografica de la EEB.

Descripción Funcional del Sistema de Gestión de Servidumbres de La EEB.

El acceso a la aplicación se hace a traves de un formulario, tipo Panel de control, donde se inicia la navegación sobre la aplicación, como se ilustra en la figura 3.

Figura 12. Panel de Control Servidumbres EEB.

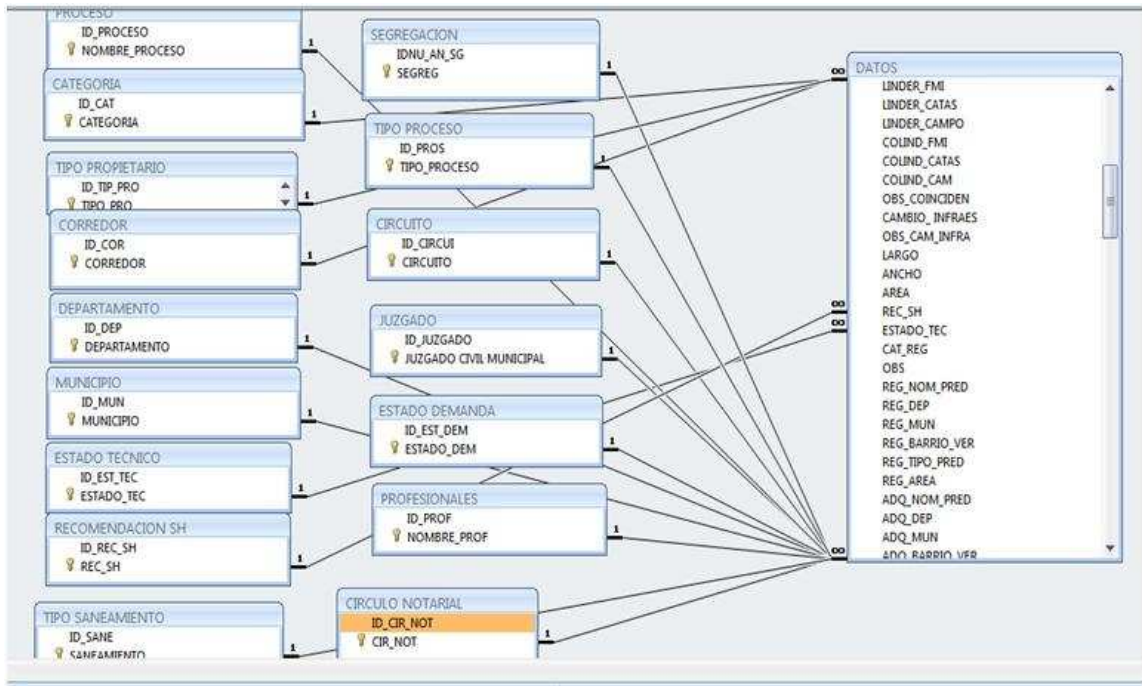


Fuente: Sistema de Información Geografica de la EEB.

Realizado el análisis de la estructura de datos del módulo Alfanúmerico, no se encontró una entidad o tabla que relacione los datos de servidumbre con la infraestructura o los equipos asociados; se encontró que dicha información está eventualmente como un atributo de la tabla Datos y es un campo tipo memo y no es obligatorio en la Base de Datos.

Sin embargo, en la estructura de datos se observa que presenta un minucioso despliegue de los aspectos legales que soportan dicha servidumbre y su correlación con los datos vectoriales de dicha franja de servidumbre, en la figura 3, se ilustra el modelo relacional y la estructura de datos del SIG.

**Figura 13. Modelo relacional y la estructura de datos del SIG**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

### 3.3 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL NEGOCIO DE TRANSMISIÓN.

La Empresa identificó la necesidad de una herramienta para realizar la gestión de sus activos y que se integrase a su vez con los módulos de la Gestión Financiera, administrativa de los mismos activos, es por eso que hacia el año 2008 inició la evaluación de diferentes herramientas entre las cuales se contemplaron; Cascade, Módulo PM de Sap, Mimcom Elipse, entre otros, en donde los requerimientos funcionales identificados se concentraban en poder tener ordenes de trabajo multitarea, sincronización con los activos fijos de la compañía, posibilidad de integración con el módulo de materiales de SAP, establecer puntos de medida y hojas de ruta de materiales y programas de mantenimiento preventivo.

Durante la evaluación de dichas herramientas se recomendó como la mejor alternativa

la implementación del módulo PM de Mantenimiento, dado que en su última versión se cubren la mayoría de los requerimientos sin necesidad de procesos de desarrollo complejos y de entrada, esta garantizada su integración con el resto de la compañía la cual opera sobre el ERP SAP.

Por tanto la ejecución de mantenimiento de los activos operativos del Sistema de Transmisión Nacional de propiedad de la EEB, se realiza a través de el módulo PM de SAP como se mencionó en el capítulo 1, y algunos aplicativos en Access, Excel y sharepoint.

### **3.3.1 Arquitectura módulo PM de SAP implementado en la Vicepresidencia de Transmisión.**

La estructura de PM requiere la división geográfica de las áreas para el Mantenimiento, lo cual para el caso de la EEB se modeló mediante los Centros de Emplazamiento (unidad organizativa donde toman lugar actividades de Mantenimiento). A su vez, los centros de emplazamiento se subdividen en emplazamientos (división física o lógica de los centros de emplazamiento) y estos en áreas.

#### **3.3.1.1 Estructura Organizacional PM**

Para entender el modelo organizacional creado para la EEB, es conveniente conocer las definiciones en el ERP SAP, de los siguientes conceptos:

- ✓ Centro de Emplazamiento: En un centro de emplazamiento se puede gestionar objetos técnicos y gremios ejecutores, considerado por SAP como un centro de producción o una sucursal dentro de una empresa.
  
- ✓ Centro Planificación de Mantenimiento. Es aquel que realiza tareas de planificación del mantenimiento, un centro de planificación del mantenimiento

también puede gestionar tareas de planificación para otros centros (centros de emplazamiento). También es en el que se definen hojas de ruta de mantenimiento para los centros de emplazamiento, se realiza una planificación de materiales sobre la base de listas de materiales en hojas de ruta y órdenes, se gestionan y programan planes de mantenimiento preventivo, se registran avisos de mantenimiento y se gestionan órdenes de mantenimiento.

- ✓ Emplazamiento. Un emplazamiento permite clasificar un centro siguiendo unos criterios espaciales y de ubicación. Los emplazamientos sirven exclusivamente para efectos de consulta.
  
- ✓ Área de Empresa. El área de empresa facilita la estructuración de un centro de emplazamiento desde el punto de vista de la responsabilidad del producto. El responsable del área de empresa es la persona de contacto para la coordinación entre producción y mantenimiento. El área de empresa se puede utilizar con fines de evaluación.
  
- ✓ Grupo Planificación de Mantenimiento. Los grupos de planificación de mantenimiento deben definirse por separado para cada centro de planificación de mantenimiento. Dependiendo del tamaño y la forma de organización de la empresa, puede que se trate de un departamento propio (preparación de trabajo central), o de un área de maestro o taller. Todo equipo y toda ubicación técnica pueden asignarse a un grupo de planificación de mantenimiento. El grupo de planificación de mantenimiento puede utilizarse con fines de evaluación.

Con lo anteriormente expuesto, el modelo organizacional establecido para la gestión de activos de la EEB se ilustra en la figura 14.

Figura 14. Estructura Organizacional Módulo PM.



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

### 3.3.1.2 Datos Maestros

Los datos maestros en el módulo PM de SAP, son la fuente central de información de la empresa. Todos los componentes SAP tienen acceso a estos datos. Al integrar los datos maestros en objetos de base de datos centrales, se evita la redundancia de datos. Los componentes SAP utilizan dichos datos de los registros maestros individuales para la mayoría de las operaciones. Los datos maestros contemplados para soportar los procesos de mantenimiento que se implementó en el SAP R/3 son los siguientes: Ubicaciones Técnicas, Equipos, Puestos de Trabajo, Hojas de Ruta, Planes de Mantenimiento, Puntos de Medida y Catálogos.

### **3.3.1.3 Conceptos Claves**

Ubicación Técnica: unidad organizacional dentro de Logística (estructura SAP), que estructura los objetos de Mantenimiento de una compañía, representando el lugar en dónde se realiza una tarea de mantenimiento.

Equipo: El equipo es un objeto móvil en el sistema SAP, para los cuales las tareas de Mantenimiento se ejecutan individualmente.

Listas de Materiales: Lista de los repuestos o componentes que constituyen un objeto técnico. La lista contiene los números de los objetos de los componentes individuales junto con su cantidad y unidad de medida.

Puesto de Trabajo responsable: Representa normalmente a una persona o a un departamento responsable de asegurar que el trabajo de mantenimiento de una orden se ejecuta en los puestos de trabajo que realizan las operaciones individuales.

Puesto de Trabajo de Ejecución: Representa normalmente a una persona o un grupo de personas que realiza el trabajo de mantenimiento en las operaciones de una orden.

Hoja de Ruta: Describe una serie de operaciones individuales y secuenciales de mantenimiento que se realizan frecuentemente en la Empresa, con el fin de estandarizar estos trabajos de repetición y planificarlos con mayor eficacia. Las hojas de ruta ayudan a reducir el esfuerzo de mantenimiento cuando las secuencias de trabajo estandarizadas se modifican, por ejemplo, como consecuencia de una nueva normativa legal.

Plan de Mantenimiento. Descripción de las medidas de mantenimiento preventivo y de inspección que se deben realizar en objetos de mantenimiento. Los planes de mantenimiento describen las fechas y el alcance de las medidas. Se pueden crear

planes de mantenimiento preventivo para los objetos técnicos de la empresa, asegurando de este modo que los objetos técnicos funcionan de manera óptima.

**Puntos de Medida:** Registran la medición y valores de contador para objetos técnicos en las siguientes situaciones: Documentar la condición de un objeto técnico en un momento determinado, realizar el mantenimiento en función del valor de contador, realizar el mantenimiento en función de condiciones.

**Catálogos:** Definen en forma uniforme y estandarizada la información referente a averías, síntomas de avería, causas, soluciones a problemas, correcciones de averías registrados antes, durante o después del diagnóstico realizado al problema reportado en el Aviso de Mantenimiento.

**UBICACIONES TECNICAS:** Teniendo en cuenta que la Ubicación técnica es un objeto técnico que representa un área del sistema en la que puede montarse otros objetos técnicos tales como los equipos, y teniendo en cuenta la estructura de tipo red de la infraestructura de transmisión de la EEB, se estructuró de la siguiente manera las ubicaciones Técnicas:

Para las Ubicaciones Técnicas de EEB, se definió el Indicador de estructura de una ubicación técnica determinada por la máscara de cinco niveles de la codificación de la ubicación técnica que se muestra en la tabla 1:

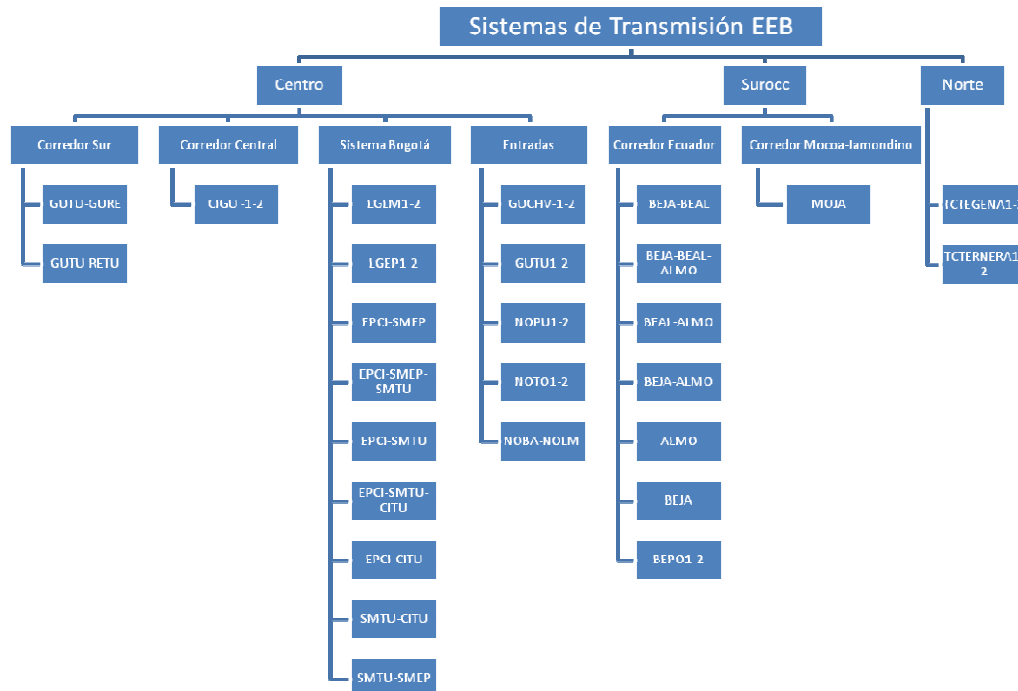
**Tabla 1. Mascara de Ubicaciones Técnicas Módulo PM- SAP**

<b>Indicador de estructura</b>	<b>AAA</b>	<b>AAAA</b>	<b>AAA</b>	<b>AAAAXXX</b>	<b>XXXX</b>
<b>Numero de nivel</b>	1	2	3	4	5
<b>Líneas</b>	EEB	LIN	ZONA	CORREDOR	TRAMO
<b>Subestaciones</b>	EEB	SUB	ZONA	S-E	BAHIA

Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

La estructura general de ubicaciones técnicas de los equipos de Líneas de transmisión de la EEB se muestra en la figura 15.

**Figura 15. Estructura ubicaciones técnicas.**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

EQUIPOS: equipo es un objeto físico e individual que se debe mantener de forma independiente. Se puede montar en una ubicación técnica o en otro equipo, formando una estructura de objetos técnicos, en el módulo se establecieron los siguientes tipos de equipos:

- Torre: Definido como estructura que puede ser metálica y/o hormigón, cuya función principal es dar soporte a los cables conductores de energía eléctrica.
- Faro: Se estableció el equipo faro, para los sistemas de señalización aeronáutica tipo faro, instalados en la

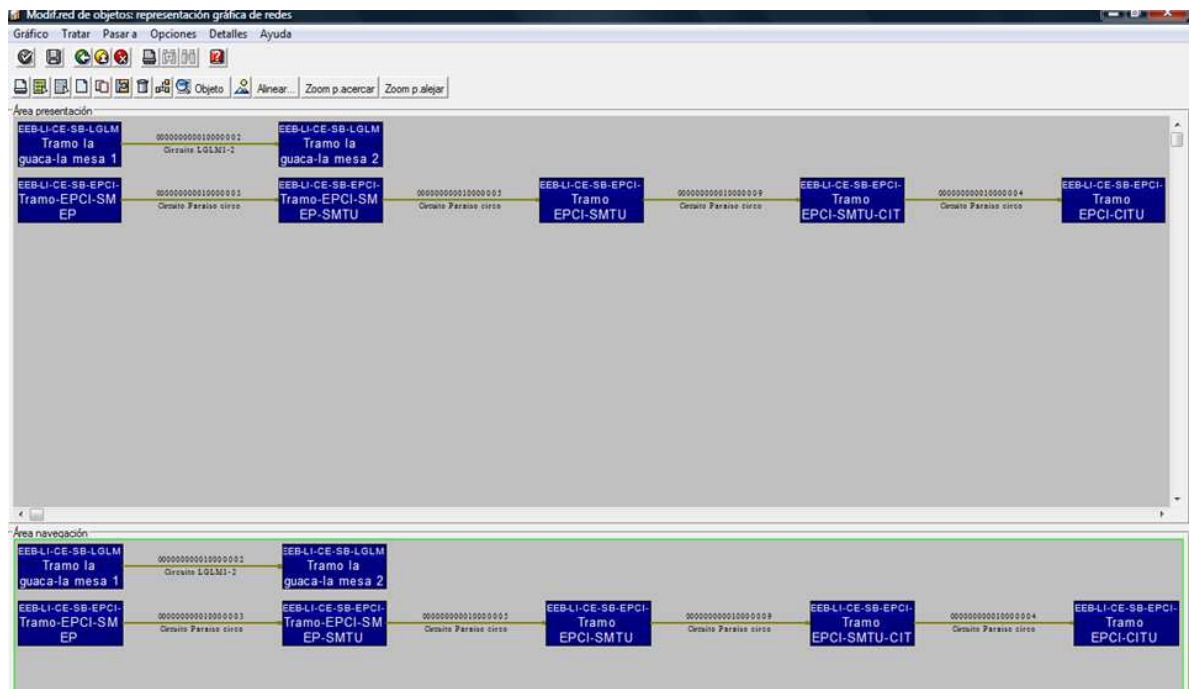
infraestructura en las zonas próximas a operaciones aéreas con el fin de advertir la presencia de la infraestructura eléctrica en la zona.

- Vanos: Se define como los conductores, herrajes, cables de guardia, franja de servidumbre entre torres.
- Potencia: Se refiere a los equipos del módulo de conexión, tales como Transformadores, Interruptores, Seccionadores, encargados de conectar y desconectar las líneas asociadas, o proveer un punto de transformación de 230 kv a 115kV.
- Control y Protección: Se refiere a los equipos que asociados al módulo de conexión para su control y protección, tales como Relés.
- Comunicaciones. Se refiere a los equipos y enlaces de comunicación necesarias para supervisar y coordinar los equipos de protecciones y control del sistema de transmisión.

**ENLACES:** Los enlaces de Objetos son elementos empleados para representar una red de objetos estructurando instalaciones de forma horizontal, esta característica fue aprovechada para simular el comportamiento de red de la infraestructura de la EEB.

Los enlaces de objetos unen equipos que se encuentran en ubicaciones técnicas iguales o distintas. Para la creación de un enlace, deberá indicarse el equipo de salida y el equipo de entrada.

**Figura 16. Representación gráfica de redes del modelo SAP de los enlaces propuestos en EEB.**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

### 3.3.1.4 Proceso del Plan de Mantenimiento

Planes de Mantenimiento: Para el soporte del proceso de mantenimiento preventivo se definió planes de mantenimiento, los cuales manejan las actividades periódicas que se realizan a los objetos técnicos así como su frecuencia.

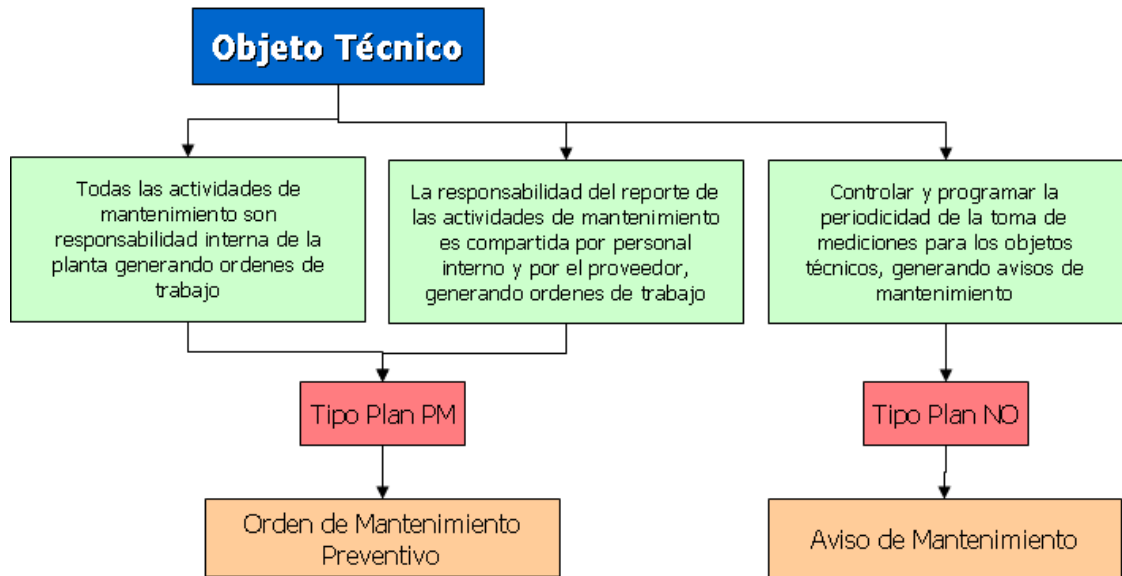
Los planes de mantenimiento establecidos en EEB son:

- **Tipo PM:** Son los planes de mantenimiento que generan automáticamente una orden de mantenimiento (externo en el caso de la Empresa) de acuerdo con los parámetros definidos en el plan.

- **Tipo NO:** Son los planes de mantenimiento que generan automáticamente avisos de mantenimiento, los cuales se gestionan generalmente a través del personal propio de la Empresa (ingenieros de mantenimiento y supervisores).

En resumen, los planes de mantenimiento se ilustran en la figura 17.

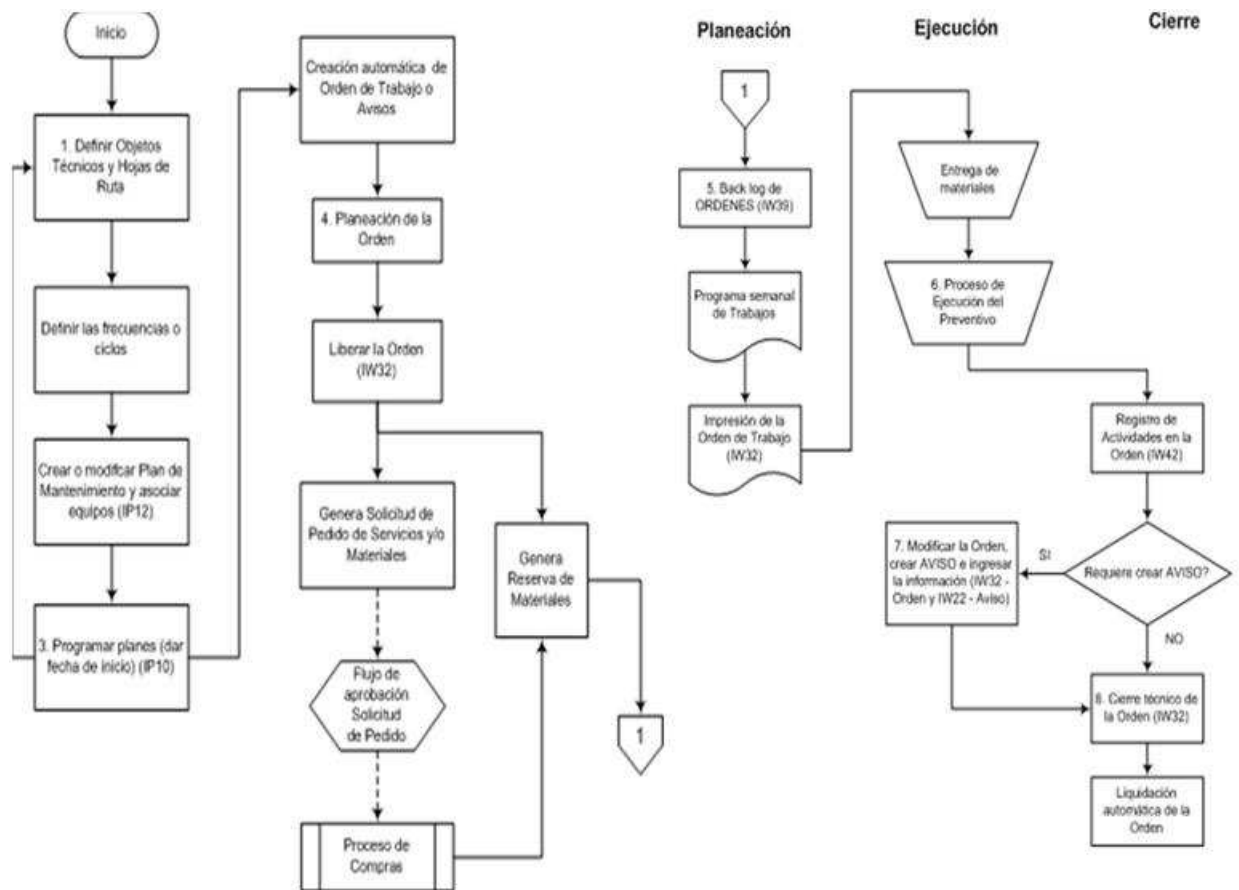
**Figura 17. Estructura planes de mantenimiento.**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

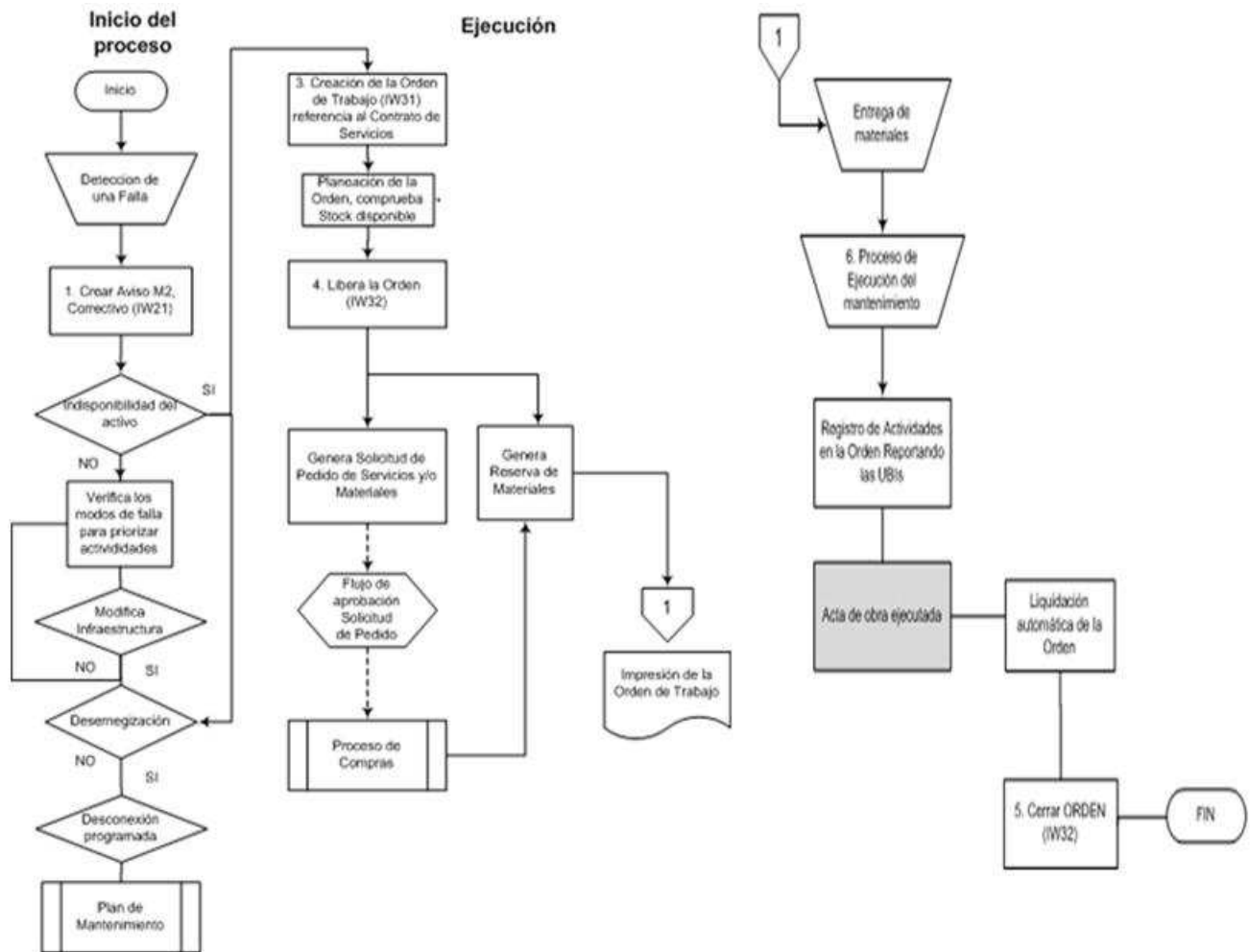
El desarrollo del plan de mantenimiento en el módulo PM y las actividades de intervención se presentan en los siguientes diagramas de proceso.

**Figura 18. Diagrama de Flujo actividades de Mantenimiento Preventivo**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

**Figura 19. Diagrama de Flujo Mantenimiento Correctivo.**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

Ordenes de Trabajo o de Mantenimiento: Las órdenes de mantenimiento, son las encargadas de materializar a nivel táctico las intervenciones sobre la infraestructura y, en general, es un documento que contiene las operaciones o actividades de mantenimiento que se deben ejecutar por parte del Contratista y que se vinculan directamente con las actividades y precios acordados en los contratos de mantenimiento de líneas de transmisión y Subestaciones, los cuales deben estar previamente incorporados en SAP en el módulo correspondiente a través de un contrato marco.

Los tipos de órdenes que se manejan son las siguientes:

- ❖ PM01: Mantenimiento Correctivo. Ordenes generadas para solucionar problemas urgentes.
- ❖ PM02: Mantenimiento Preventivo. Ordenes provenientes de un plan de mantenimiento preventivo.

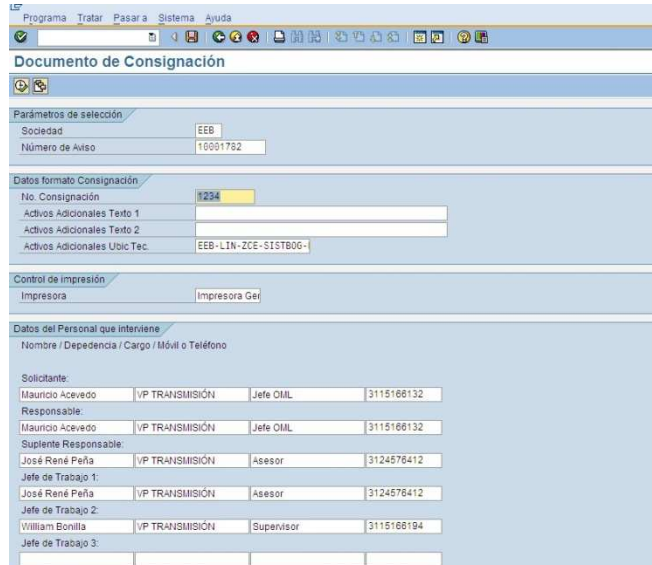
**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO:** La gestión del mantenimiento a través del módulo PM de SAP está compuesta básicamente por las siguientes etapas:

- ✓ Planificación de mantenimiento (para preventivo conforme a figura 6).
- ✓ Creación de avisos de mantenimiento.
- ✓ Creación de órdenes de mantenimiento y gestión de materiales.
- ✓ Liberación de órdenes de mantenimiento y solicitud de pedido.
- ✓ Modificación de la orden y de la solicitud de pedido después de la ejecución de las actividades de mantenimiento (si lo programado difiere de lo ejecutado).
- ✓ Realización del pedido y liquidación preliminar de la orden.
- ✓ Aceptación del servicio ejecutado de acuerdo al pedido.
- ✓ Cierre técnico y comercial de la orden de mantenimiento.

Adicionalmente dentro de las funcionalidades parametrizadas para los objetos técnicos se creó un aviso de mantenimiento para los enlaces y equipos de subestación, el cual tiene como objetivo solicitar ante el CCT el equipo o activo a trabajar conforme al PSM o si es una condición de emergencia para que éste realice el trámite pertinente ante XM (Expertos en Mercados), que es el operador del Sistema de Transmisión Nacional, el estado operativo del mismo el cual pueden ser desenergizaciones, riesgos de disparo y los orígenes de dichas condiciones operativas, conforme a las reglas establecidas por la regulación.

Por tanto dicho aviso de mantenimiento, permite la creación, visualización e impresión de una consignación ya sea nacional o regional, en la figura 7 se muestra dicho aviso en el Módulo PM

Figura 20. Documento de Consignación en el Módulo PM.



Programa Tratar Pasara Sistema Ayuda

Documento de Consignación

Parámetros de selección  
 Sociedad: EEB  
 Número de Aviso: 10001782

Datos formato Consignación  
 No. Consignación: 1234  
 Activos Adicionales Texto 1:  
 Activos Adicionales Texto 2:  
 Activos Adicionales Ubic Tec: EEB-LIN-ZCE-SISTB00-1

Control de impresión  
 Impresora: Impresora Gei

Datos del Personal que interviene  
 Nombre / Dependencia / Cargo / Móvil o Teléfono

Solicitante:  
 Mauricio Acevedo | VP TRANSMISIÓN | Jefe OML | 3115166132  
 Responsable:  
 Mauricio Acevedo | VP TRANSMISIÓN | Jefe OML | 3115166132  
 Suplente Responsable:  
 José René Peña | VP TRANSMISIÓN | Asesor | 3124576412  
 Jefe de Trabajo 1:  
 José René Peña | VP TRANSMISIÓN | Asesor | 3124576412  
 Jefe de Trabajo 2:  
 William Bonilla | VP TRANSMISIÓN | Supervisor | 3115166194  
 Jefe de Trabajo 3:

Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

Figura 21. Documento de Consignación de salida para su gestión en el Centro de Control de Transmisión.



Texto Tratar Pasara Sistema Ayuda

Visualizar impresión para Impresora General página 00001 de 00002

Archivar Dar salida y archivar

OST-F-PC-001  
DOCUMENTO DE CONSIGNACION



Fecha:	21 de Marzo de 2009	CONSIGNACION N°	10001782
Para:	<input checked="" type="checkbox"/> Centro de control de Transmisión	Consignación Nacional N°:	1234
De:	ERNESTO MORENO RESTREPO	Subestación o Corredor:	CORREDOR SISTEMA BOGOTÁ
		Activo (Bahía de Línea o Módulo o Circuito)	ENLACE LA GUACA-PARAISO 1
Consignación de Emergencia	<input type="checkbox"/> NO	Equipo Energizado	<input type="checkbox"/> Desenergizado <input checked="" type="checkbox"/> X
Incluida en el Plan Semestral	<input type="checkbox"/> SI	Riesgo de Disparo	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI
Modifica el Plan Semestral	<input type="checkbox"/> NO	Exposición	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI
		Instalación de Equipo Nuevo	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI

PERSONAL QUE INTERVIENE	NOMBRE	DEPENDENCIA	CARGO	Móvil o Teléfono
Solicitante	Mauricio Acevedo	VP TRANSMISIÓN	Jefe OML	3115166132
Responsable de la Consignación	Mauricio Acevedo	VP TRANSMISIÓN	Jefe OML	3115166132
Suplente Responsable de Consignación	José René Peña	VP TRANSMISIÓN	Asesor	3124576412
Jefe de Trabajo 1	José René Peña	VP TRANSMISIÓN	Asesor	3124576412
Jefe de Trabajo 2	William Bonilla	VP TRANSMISIÓN	Supervisor	3115166194

Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

### 3.4 SISTEMA NACIONAL DE CONSIGNACIONES

En este punto es importante aclarar que este es un sistema Externo de información, pero es de vital importancia su gestión porque es un requerimiento del Operador del Sistema Eléctrico Nacional. Actualmente dicha función está en Cabeza de la Firma XM, filial del grupo ISA, que en cumplimiento en lo dispuesto en la Resolución CREG 061 de 2000, realiza las actividades establecidas para el CND. Centro Nacional de Despacho, conforme a lo establecido en el Decreto 1171 de 1999, que en su artículo 1º dice: “ **ARTÍCULO 1o.** *Ordénese la creación de una empresa de servicios públicos en los términos establecidos en el parágrafo 1o. del artículo 167 de la Ley 142 de 1994. Para tal efecto el Ministerio de Minas y Energía deberá expedir los actos y promover la celebración de los acuerdos, convenios y actos que resulten necesarios para la creación y constitución de dicha empresa.*”

Conforme a lo anteriormente expuesto el Administrador del Sistema Eléctrico, en este caso XM, cumple las actividades del Centro Nacional de Despacho, por tanto dentro de sus funciones dicho CND, ha establecido conforme a la Regulación y al Centro Nacional de Operación la infraestructura física necesaria para el cumplimiento de sus funciones. Es por tanto en este escenario que ha establecido como mecanismo de coordinación y planeación de las desenergizaciones y condiciones operativas de los diferentes activos del sistema siendo responsable por la operación confiable del sistema ante todas las diferentes contingencias del sistema, desde sus intervenciones de mantenimiento hasta las condiciones de emergencia.

Dentro de los Sistemas de Información Implementados por dicho CND, se creó el SNC (Sistema Nacional de Consignaciones), el cual tiene como propósito, automatizar, y almacenar los Planes semestrales de Desconexiones de los diferentes agentes, creando las diferentes bases de Datos y realizando los seguimientos a las indisponibilidades conforme a lo establecido por la CREG 061 de 2000 y actualizadas por la CREG 011 de 2009.

Por tanto el proceso de carga de consignaciones se realiza manualmente o por archivo plano, sobre una plataforma WEB.

**Figura 22. Formulario de entrada al SNC.**

SNC  
Sistema Nacional de Consignaciones

LOS EXPERTOS EN MERCADOS xm

2009/07/29 14:38

Bienvenido

usuario

clave

[cambiar clave](#)

XM Compañía de Expertos en Mercados S.A. E. S. P. Medellín Colombia - Calle 12 Sur No.18-168 Bloque 2  
Pbx: 57(4) 3170989 Línea Clientes: 57 (4) 3172929 Correo Electrónico : [info@xm.com.co](mailto:info@xm.com.co) - [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

Fuente: XM compañía de Expertos en Mercados

**Figura 23. Formulario de Acceso al Sistema Nacional de Consignaciones.**

SNC  
Sistema Nacional de Consignaciones

LOS EXPERTOS EN MERCADOS xm

2009/07/29 14:40

Bienvenido

rol

Compañía

XM Compañía de Expertos en Mercados S.A. E. S. P. Medellín Colombia - Calle 12 Sur No.18-168 Bloque 2  
Pbx: 57(4) 3170989 Línea Clientes: 57 (4) 3172929 Correo Electrónico : [info@xm.com.co](mailto:info@xm.com.co) - [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

Fuente: XM compañía de Expertos en Mercados

De la figura 23, se observa el acceso a esta aplicación, la cual está habilitada solamente para los agentes del sistema, como generadores y transportadores de electricidad.

Al acceder a esta plataforma se acceden a los siguientes módulos:

- ✓ Módulo de Activos de Uso, Conexión, STR y otros.
- ✓ Módulo Generadores.
- ✓ Reportes.

En la figura 24, se muestra los módulos del SNC.

**Figura 24. Estructura módulos SNC.**



Fuente: XM compañía de Expertos en Mercados

Como se observa de la figura 8, en el Módulo de Activos de Uso, Conexión, STR y otros, se realizan las consultas y/o creación de las consignaciones de los activos que maneja básicamente la siguiente estructura de datos:

Los datos o columnas que se deben tener en cuenta al crear el archivo plano son los siguientes:

1. Referido. Este metadato identifica si la información del registro pertenece al

elemento principal “P”, aperturas del elemento principal “AP”, elementos adicionales “EA” o a riesgos de disparo “RD”.

2. Periodicidad. Esta columna indica la periodicidad con la cual se trabaja la fecha de inicio y la fecha fin del registro. Los valores que contendrá la columna son: “D” diario: Significa que se programarán aperturas todos los días a la misma hora inicio y hora fin, durante el tiempo comprendido entre la fecha de inicio y la fecha fin (El registro con referido “P” nunca puede llevar “D”, debe ir vacío).
3. Tipo. Se indicará el tipo de elemento a consignar (BahiaAcople, BahiaTrafo, BahiaLinea y otros).
4. Elemento. Según el contenido de la columna Referido. Esta columna indicará: el nombre del elemento a consignar, el nombre del elemento adicional, el nombre del elemento con riesgo de disparo. Hay que tener precaución de utilizar los mismos nombres de los existentes en la Base de Datos Central.
5. Origen. Se indica en esta columna el origen del mantenimiento (Normal, FzaMayor, MtoMayor, Terceros, Instrucción del CND, Expansión).
6. Fecha Inicio. Esta columna indica la fecha de inicio del mantenimiento (con formato “aaaa-mm-dd”). Para el caso de que se tenga una “D” en periodicidad, la fecha indicará el inicio del rango de tiempo donde existe una apertura diariamente.
7. Hora Inicio. Esta columna indica la hora de inicio del mantenimiento (Con formato “hh:mm”). Para el caso que se tenga una “D” en periodicidad, la hora indica el momento de inicio la apertura, para cada día, durante el rango de tiempo entre la fecha de inicio y la fecha de fin.
8. Fecha Fin. Esta columna indica la fecha de finalización del mantenimiento (con formato “aaaa-mm-dd”). Para el caso que se tenga una “D” en periodicidad, la fecha indica el fin del rango de tiempo donde existe una apertura diariamente.
9. Hora Fin. Esta columna indica la hora de finalización del mantenimiento (Con

formato “hh:mm”). Para el caso de que se tenga una “D” en periodicidad, la hora indica el fin de la apertura, para cada día, durante el rango de tiempo establecido entre la fecha inicio y la fecha fin.

10. Trabajos a efectuar. En esta columna se coloca la descripción de los trabajos a efectuar en la consignación. Sólo es necesario cuando la columna Referido tiene el valor “P”.

**Figura 25. Información tabular típica para consignación.**

Consecutivo	Referido	Periodo	Tipo	Elemento	Origen	Fecha Ini	Hora Ini	Fecha Fin	Hora Fin	Trabajos a Ejectuar
1	P	S	BahiaLinea	BL1 CTA (BELÉN) A TASAJERO	Normal	2004-04-15	08:00	2004-04-15	23:00	Trabajos de mantenimiento
1	AP	S	BahiaLinea	BL1 CTA (BELÉN) A TASAJERO		2004-04-16	08:00	2004-04-16	23:00	
1	AP	S	BahiaLinea	BL1 CTA (BELÉN) A TASAJERO		2004-04-17	08:00	2004-04-17	23:00	
1	AP	S	BahiaLinea	BL1 CTA (BELÉN) A TASAJERO		2004-04-18	08:00	2004-04-18	23:00	
1	EA	S	BahiaLinea	OCANA - AGUACHICA 1 115 kV		2004-04-16	08:00	2004-04-16	23:00	
1	RD	S	BahiaLinea	BAHÍA GENERACIÓN PAIPA 1-4		2004-04-16	08:00	2004-04-16	23:00	
2	P	D	BahiaLinea	BL1 CTA (BELÉN) A SAN MATEO	Normal	2004-04-15	04:00	2004-04-15	12:00	Trabajos de mantenimiento

Fuente: XM compañía de Expertos en Mercados

### 3.5 BASE DE DATOS EN ACCESS PARA LAS HOJAS DE VIDA DE LOS EQUIPOS DE MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

La siguiente Base de datos tiene como objetivo apoyar al gestor de mantenimiento de líneas de transmisión con un aplicativo sencillo donde se almacena y registra las intervenciones de mantenimiento, y la información técnica relativa a las estructuras de la EEB, la cual fue creada en el año 2003 y actualmente se usa de manera simultánea con el Módulo PM y corresponde al registro 7.2 Hojas de Vida de equipos de Líneas de Transmisión.

Las tablas que componen la Base de datos se resumen a continuación:

Hojas de vida: se registra las observaciones que se identifican en las inspecciones visuales.

Tabla de Torres. Registra los datos y características de las torres y/o apoyos de la infraestructura, diferenciando por circuito y línea de transmisión.

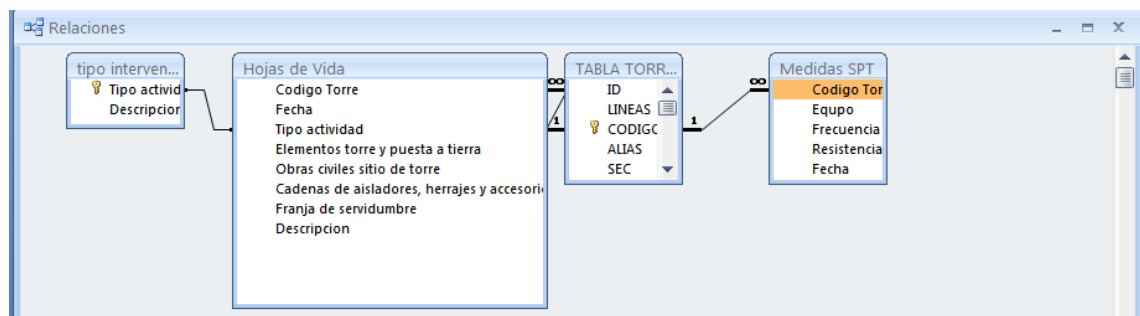
Medidas SPT: tiene como objeto registrar las mediciones de resistencia de puesta a tierra de las estructuras.

Municipios Infraestructura: se relaciona a cada torre los municipios y veredas donde se encuentran instaladas.

UBIS: esta tabla tiene todas las Unidades Básicas de Intervención con sus respectivos valores unitarios.

Las relaciones de las distintas tablas que conforman la base de datos se resumen con Figura 26, donde se ilustran las relaciones de las mismas:

**Figura 26. Estructura de Base de Datos Hojas de Vida.**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

Formularios: para navegar en la aplicación se inicia con un formulario denominado Control, el cual está cargado en el inicio de la Base de datos para así tratar de controlar la interacción del USUARIO con la aplicación, tiene tres botones que dan diferentes acciones y permite escoger la operación a realizar.

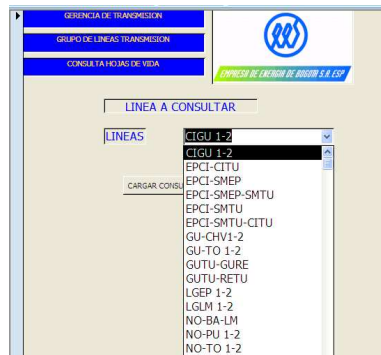
**Figura 27. Formulario de acceso a la aplicación.**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

El formulario Consulta Líneas permite elegir la línea a consultar el control de la elección se realiza con un cuadro combinado.

**Figura 28. Formulario de cargue de línea a consultar**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

El formulario Órdenes de Trabajo, toma la información relativa de las Órdenes de trabajo sobre la Infraestructura.

**Figura 29. Formulario Órdenes de Trabajo.**

Codigo Torn	Codigo de Ir	Fecha ejecu
*		

Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

De la tabla Hojas de Vida, la estructura de datos se describe a continuación:

- ✓ Código Torre: Identifica la torre o el equipo al cual se le hace ingreso de información al sistema, en este punto difiere del Módulo SAP pues la Torre y el Vano están modelados como un sólo equipo el metadato está creado por la siguiente mascara; Tramo corredor 1/Tramo Corredor 2/Identificación torre, ejemplo: GUTU-GURE/128, en el cual se interpreta que hace referencia a la torre 128 de los tramos Guavio-Tunal y Reforma-Tunal a 230 kV.
- ✓ Fecha: Fecha de la intervención y/o observación.
- ✓ Tipo actividad, informa que tipo de intervención hace referencia el registro ingresado puede adoptar los siguientes valores:

**Tabla 2. Actividad Tipo Base de Datos Hojas de Vida Líneas**

<b>Tipo actividad</b>	<b>Descripción</b>
D	Diagnóstico
IC	Inspección Contratista
IC - MP	Inspección Contratista Y mantenimiento Preventivo
IE	Inspección empresa
IE - MP	Inspección Empresa e intervención de Mantenimiento
IE-IC	Inspección conjunta empresa y contratista
IE-IM	Inspección conjunta cooperativa y contratista
MC	Mantenimiento correctivo
ME	Mantenimiento de emergencia
MP	Mantenimiento preventivo

Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

- ✓ Elementos torre y puesta a tierra: Registra todas las observaciones relativas a dichos conjuntos estructurales de los apoyos, está definido como un campo tipo memo.
- ✓ Obras civiles sitio de torre: Registra todas las observaciones relativas al estado de los sitios de torre y las obras asociadas al mismo, está definido como un campo tipo memo.
- ✓ Cadenas de aisladores, herrajes y accesorios. Registra todas las observaciones relativas al estado de las cadenas de aislamiento y los herrajes, está definido como un campo tipo memo.
- ✓ Franja de servidumbre: Registra todas las observaciones relativas a la franja de servidumbre de la infraestructura, también es un campo tipo memo.
- ✓ Observaciones: Registra aspectos globales de manera general sobre la torre y su entorno, es un campo tipo memo.

### 3.6 SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN

La Vicepresidencia de Transmisión, en su esfuerzo de gestionar la información del negocio, ha trabajado en el desarrollo de un Sistema Integrado de Información, para garantizar la centralización de todo tipo de información de la Vicepresidencia como también la administración de los informes de operación los cuales recopilan la información necesaria para gestionar el negocio, en dicho desarrollo se ha creado un módulo de Mantenimiento de Líneas, dentro del cual se destaca la administración de registros fotográficos para los equipos de líneas de transmisión. Dicha herramienta está construida en una plataforma Share Point, es accesible por Internet, clasificando la información de los registros fotográficos y/o documentos creados o relacionados con un equipo en los siguientes Campos: Zona, Corredor, Línea, Torre, Acción, Fecha de Registro, Responsable, Fecha de ingreso como se ilustra en la figura 30.

**Figura 30. Registros fotográficos Sistema Integrado de Información.**

Sistema Integrado de Información > Mantenimiento Líneas > e-Registros Fotográficos

Configuración Edición Consultas Reportes Ayuda Salir

CONSULTAR REGISTROS FOTOGRAFICOS																							
#	ZONA	CORREDOR	LINEA	TORRE	ACCION	FECHA REGISTRO	RESPONSABLE	FECHA INGRESO	REPORTE														
+	ZONA CENTRO	CORREDOR CENTRAL	CIGU 1-2	1B	INSPECCION	11/11/2008	Flavio Tamayo	14/11/2008															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Fotografías</th> <th colspan="2">Documentos</th> </tr> <tr> <th>NOMBRE FOTO</th> <th>NOMBRE ARCHIVO</th> <th>TIPO FOTO</th> <th>OBSERVACIONES</th> <th>IMAGEN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Foto-Torre1B-135</td> <td>135-IMG_8593a.jpg</td> <td>CADENAS DE AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS</td> <td>GRAPA DE CABLE DE GUARDA DESPLOMADA 20 CMS HACIA ADELANTE.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Fotografías		Documentos		NOMBRE FOTO	NOMBRE ARCHIVO	TIPO FOTO	OBSERVACIONES	IMAGEN	Foto-Torre1B-135	135-IMG_8593a.jpg	CADENAS DE AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS	GRAPA DE CABLE DE GUARDA DESPLOMADA 20 CMS HACIA ADELANTE.	
Fotografías		Documentos																					
NOMBRE FOTO	NOMBRE ARCHIVO	TIPO FOTO	OBSERVACIONES	IMAGEN																			
Foto-Torre1B-135	135-IMG_8593a.jpg	CADENAS DE AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS	GRAPA DE CABLE DE GUARDA DESPLOMADA 20 CMS HACIA ADELANTE.																				
+	ZONA CENTRO	CORREDOR CENTRAL	CIGU 1-2	1B	INSPECCION	17/02/2009	Flavio Tamayo	19/02/2009															
+	ZONA CENTRO	CORREDOR CENTRAL	CIGU 1-2	1B	OBRA	08/05/2009	Flavio Tamayo	13/05/2009															
+	ZONA CENTRO	CORREDOR CENTRAL	CIGU 1-2	1A	INSPECCION	08/10/2008	Rodrigo Garcia	20/01/2009															

Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

La estructura de datos con la cual se diseñó la aplicación se tomó de manera literal de la Base de datos de Hojas de Vida de Mantenimiento descrito en el presente capítulo, los cuales son: Código Torre, Fecha de la intervención y/o observación, Tipo actividad, Elementos torre y puesta a tierra, Obras civiles sitio de torre, Cadenas de aisladores, herrajes y accesorios, Franja de servidumbre, Observaciones.

De esta aplicación se generan reportes, donde se presenta el registro fotográfico, con la descripción alfanumérica de lo que pretende ilustrar dicha imagen y/o documento, y se encuentran categorizadas por los elementos de la infraestructura establecidos en el diseño de datos, tales como: Elementos torre y puesta a tierra, Obras civiles sitio de torre, cadenas de aisladores, herrajes y accesorios, Franja de servidumbre, Observaciones, en la figura 11 se ilustra un reporte tipo e dicha herramienta.

Figura 31. Informe aplicativo Registros

 **ENERGIA**  
*de Bogotá* **VICEPRESIDENCIA DE TRANSMISION**

**OFICINA MANTENIMIENTO LINEAS DE TRANSMISION**

**REGISTRO FOTOGRAFICO - CONTROL INSPECCION DE LINEAS DE TRANSMISION**

Zona:	ZONA CENTRO	Corredor:	CORREDOR CENTRAL
Línea:	CIGU 1-2	Torre:	1B
Acción:	INSPECCION	Fecha:	11/11/2008

**1. ELEMENTOS DE LA TORRE Y PUESTA A TIERRA**

**2. OBRAS CIVILES EN SITIO DE TORRE**

**3. CADENAS DE AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS**

	Nombre: Foto-Torre1B-135 Descripción: GRAPA DE CABLE DE GUARDA DESPLOMADA 20 CMS HACIA ADELANTE.
---	--

**4. FRANJA DE SERVIDUMBRE**

**5. PANORAMICAS - INSPECCIONES GEOTECNICAS**

### Fotográficos.

Fuente: Oficina de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de la EEB.

Dicho reporte puede ser impreso o exportado a los siguientes formatos; XML, CSV, Tiff, PDF, Web y Excel.

Con respecto a la gestión de los activos de equipos para subestación el Sistema Integrado de Información ha desarrollado el Módulo para mantenimiento de subestaciones. En dicha aplicación dentro de las funcionalidades relevantes, se destaca las hojas de vida de la infraestructura de subestaciones en plataforma Sharepoint la cual tiene una estructura de base de datos que corresponde a la siguiente Arquitectura.

Asociación geográfica de la agrupación de equipos de subestación por zonas geográficas las cuales son:

- ✓ Zona CE, corresponde a la infraestructura comprendida en los departamentos del Meta y Cundinamarca.
- ✓ Zona CU, corresponde a la infraestructura de equipos de subestación en la ciudad de Cúcuta.
- ✓ Zona NO, Corresponde a la infraestructura de equipos de subestación en la ciudad de Cartagena.
- ✓ Zona SU, Corresponde a la infraestructura de equipos de subestación en los departamentos de Huila, Cauca, Nariño y Putumayo.

**Figura 32. Visualización Módulo Mantenimiento de Subestaciones.**

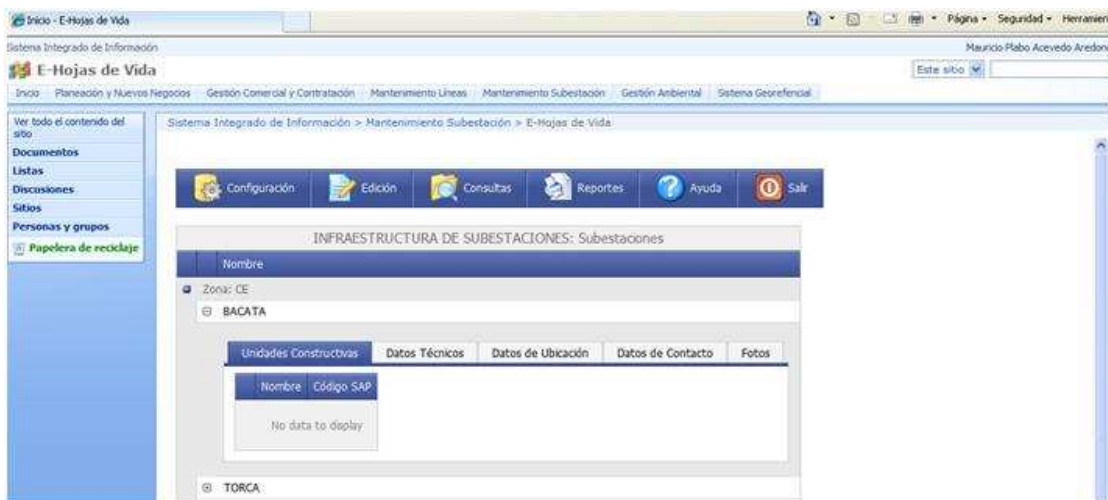


Fuente: Oficina de Mantenimiento de Subestaciones de la EEB.

En un segundo nivel permite desplegar la Zona donde aparecen las subestaciones asociadas a dicha zona bajo y dentro del tercer nivel de subestación se tienen asociados las Unidades Constructivas asociadas con la siguiente estructura de datos:

- Unidad Constructiva
- Código Sap.
- Datos técnicos
- Datos de ubicación
- Datos de Contacto
- Fotos.

**Figura 33. Detalle de estructura de datos tercer nivel E-Hojas de Vida.**



Fuente: Oficina de Mantenimiento de Subestaciones de la EEB.

Como hecho relevante se destaca la incorporación a la estructura de datos del código Sap de los equipos parametrizados en el módulo Sap.

La Oficina de Mantenimiento de Subestaciones de manera adicional lleva unos documentos en Excel denominados Hojas de Vida de las subestaciones, donde se registran las intervenciones y observaciones sobre los equipos intervenidos durante la ejecución de los planes de mantenimiento, la estructura de dicho registro documental se describe a continuación:



Los campos generales dentro de las Hojas de vida son:

- ✓ Fecha reporte.
- ✓ Descripción de la falla
- ✓ Reportada por
- ✓ Equipo intervenido
- ✓ Trabajo realizado
- ✓ Fecha de mantenimiento
- ✓ Repuestos utilizados
- ✓ Tipo de mantenimiento: tipo preventivo o correctivo
- ✓ Realiza el trabajo

La estructura de base de datos no mantiene integridad referencial, filtros o consultas desarrolladas y tampoco macros para automatizar la gestión de la información almacenada. Tampoco hay integración con el Módulo de Sap y tampoco con el módulo de mantenimiento del Sistema Integrado de Información.

La información de tipo gráfico como planos de taller para las estructuras de soporte de las líneas de transmisión, diagramas unifilares, planos de cableado de control, planos de planta perfil, de herrajes y cadenas de aisladores, la mayoría se encuentra en papel y son almacenados en Planotecas, algunos planos han sido digitalizados, pero no existe un sistema de gestión documental de dichos archivos y no existe control de vigencia del plano y control de modificaciones.



#### **4. ANALISIS CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN VIGENTE EN LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSMISIÓN**

En el capítulo 3 se desarrolló un inventario y caracterización de las herramientas y en general del sistema de Información con el cual se gestiona la información relativa a la gestión de mantenimiento enmarcadas en las tres variables identificadas para la gestión integral de activos de transmisión de energía eléctrica propiedad de la EEB, las cuales son; gestión de Mantenimiento, gestión de Servidumbres y gestión Ambiental.

Teniendo en cuenta que para la propuesta de una arquitectura para el diseño del sistema de Información de la gestión de mantenimiento de los activos objetivo de la presente monografía, es importante establecer de alguna manera donde estamos, en el presente documento se propone una metodología de valoración del nivel de desarrollo de dicho sistema de información en marco de lo expuesto en el capítulo 2 “Marco teórico”, tratando de dar una calificación del nivel de desarrollo de la herramienta conforme a la clasificación de los niveles de gestión de la información conforme a lo propuesto para las Características de los Sistemas de Información Contemporáneos.

Se propone la siguiente tabla de valoración dependiendo de los resultados del capítulo 3, con respecto al inventario y características de las herramientas y procedimientos existentes para la gestión integral de la información en las variables identificadas.

**Tabla 3. Calificación Cualitativa del nivel de desarrollo de la administración de la Información.**

CALIFICACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE DESARROLLO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN	Calificación
Nivel de administración de la información Manual de la información bajo	1
Nivel de administración de La Información de nivel intermedio, puede mejorar	3
Nivel de administración de la información suficiente y adecuado	5

El procedimiento propuesto involucra calificar cada uno de los niveles de la gestión de la información descritos en la figura 6 y los cuales son:

- ✓ Sistemas de Procesamiento de Operaciones (SPO)
- ✓ Sistemas de automatización de la oficina (SAO) y del Trabajo Para el Conocimiento (STC)
- ✓ Sistemas de información para la administración (SIA)
- ✓ Sistemas para el Soporte de Decisiones (SSD)
- ✓ Sistemas de Soporte Gerencial (SSG)

Aplicada la presente Metodología propuesta se encontraron los siguientes resultados:

Para la variable de gestión de Mantenimiento, se estimó de un desempeño general del orden de 3,2 sobre un máximo de 5, encontrándose un fuerte desarrollo al nivel Sistemas de Procesamiento de Operaciones (SPO), dado que existe un fuerte desarrollo para registrar Información sobre eventos en la infraestructura y las intervenciones sobre la misma, que actualmente se realiza mediante el Módulo

PM-SAP, y Herramientas en Excel para el caso de subestaciones y Motores de Bases de Datos en ACCESS para el caso de líneas de transmisión.

En cuanto a los niveles de Sistemas de automatización de la oficina (SAO) y del Trabajo Para el Conocimiento (STC), Sistemas de información para la administración (SIA), se encontró deficiencia con respecto a la gestión documental de planos y documentos técnicos en general, dado que su administración en términos generales es realizada de manera manual y no se encuentra digitalizada ni hay establecidas bases de datos para consultar dicha información en sus repositorios físicos.

Para los Sistemas de información para la administración Informes de rutina (SIA); se encontró modelos sencillos de nivel bajo de análisis, que se encuentran disponibles en las funcionalidades del Módulo PM SAP, Las Herramientas de Hojas de Vida de equipos no están integradas con el Módulo SAP, y adicionalmente se utiliza el SNC que es de un cliente externo y no existe control sobre la misma pero si acceso a consulta e ingreso de solicitudes. Por tanto se consideró un nivel intermedio, dado que es posible que se pueda mejorar a través de la construcción de consultas y filtros adecuados de esta información que a la fecha no existen pero que se pueden crear a partir de lo vigente.

Con respecto a Sistemas para el Soporte de Decisiones (SSD) y Sistemas de Soporte Gerencial (SSG) no se encuentran herramientas diseñadas y enfocadas para dar cumplimiento a estas necesidades. Actualmente se obtienen de manera manual por lo que se considera un nivel de desarrollo bajo y que debe mejorar para atender las necesidades de la alta gerencia.

Para la gestión Ambiental se encontró un nivel de 2,4 sobre una calificación general de 5, encontrándose cierto nivel de desarrollo en los Sistemas de Procesamiento de Operaciones (SPO), pues se permite enlistar requerimientos ambientales. Para combinar, fusionar y actualizar información, se utiliza por lo general las Herramientas de Microsoft office y se archiva en parte en el SII. En los otros niveles la información es muy incipiente ejecutando muchas actividades de manera manual y sin ningún nivel de integración con el módulo de Mantenimiento.

Para la gestión de servidumbres se encontró un nivel de 3,6 sobre una calificación general de 5, teniendo un fuerte desarrollo Sistemas de Procesamiento de Operaciones (SPO), Sistemas de automatización de la oficina (SAO) y del Trabajo Para el Conocimiento (STC), Sistemas de información para la administración (SIA). Esto como consecuencia de los desarrollos generados en Arcview y las aplicaciones del SIGEEB y Sistema de Gestión de Servidumbres de la EEB; sin embargo adolece de integración con el módulo SAP, y presenta un desarrollo bajo o con respecto a los niveles Sistemas para el Soporte de Decisiones (SSD) y Sistemas de Soporte Gerencial (SSG) el cual puede mejorar.

Figura 35. Estructura de datos de la Gestión de Mantenimiento

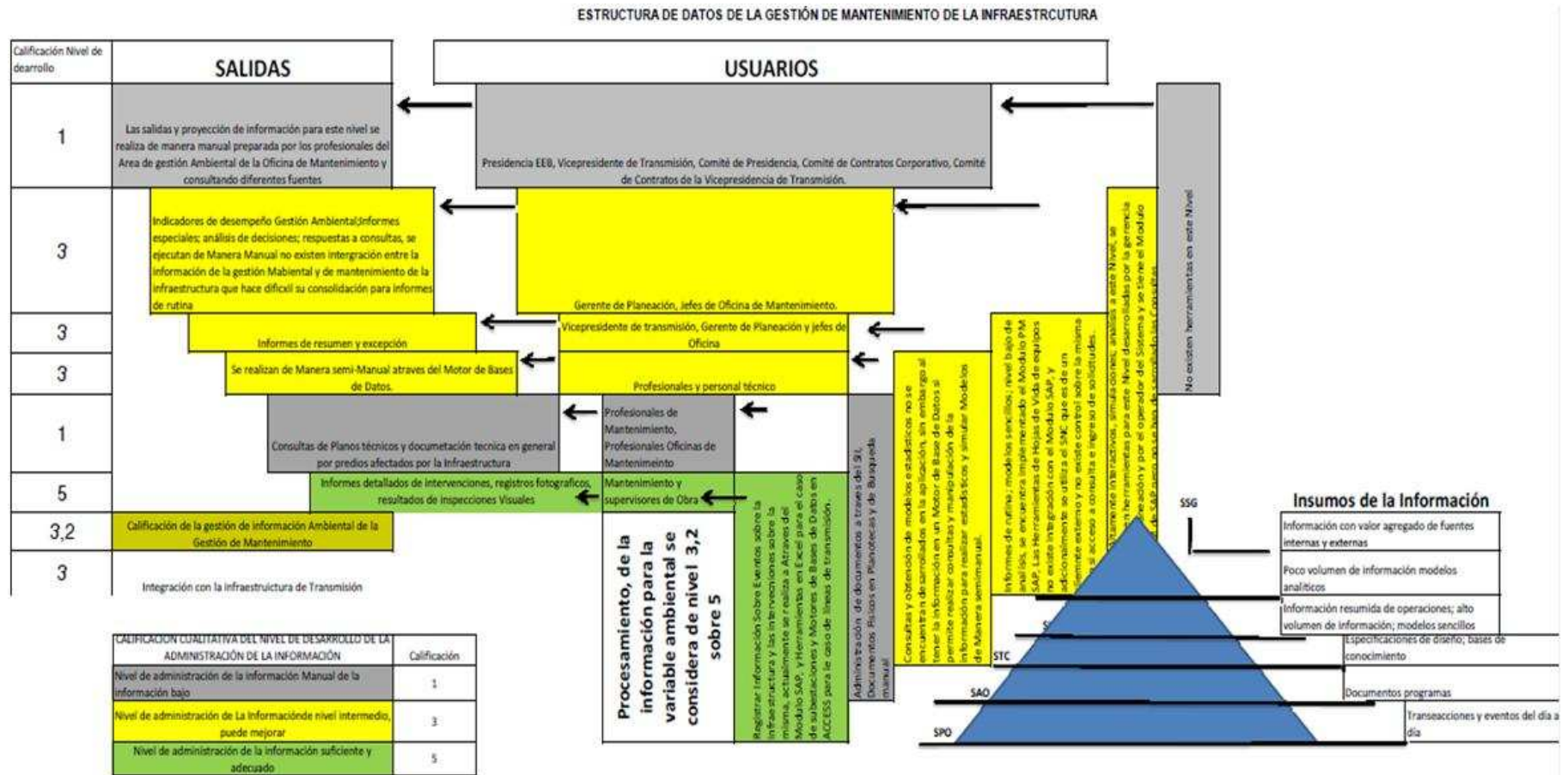


Figura 36. Estructura de Datos de la gestión de Servidumbres para la gestión de Mantenimiento

ESTRUCTURA DE DATOS DE LA GESTIÓN DE SERVIDUMBRES PARA MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA

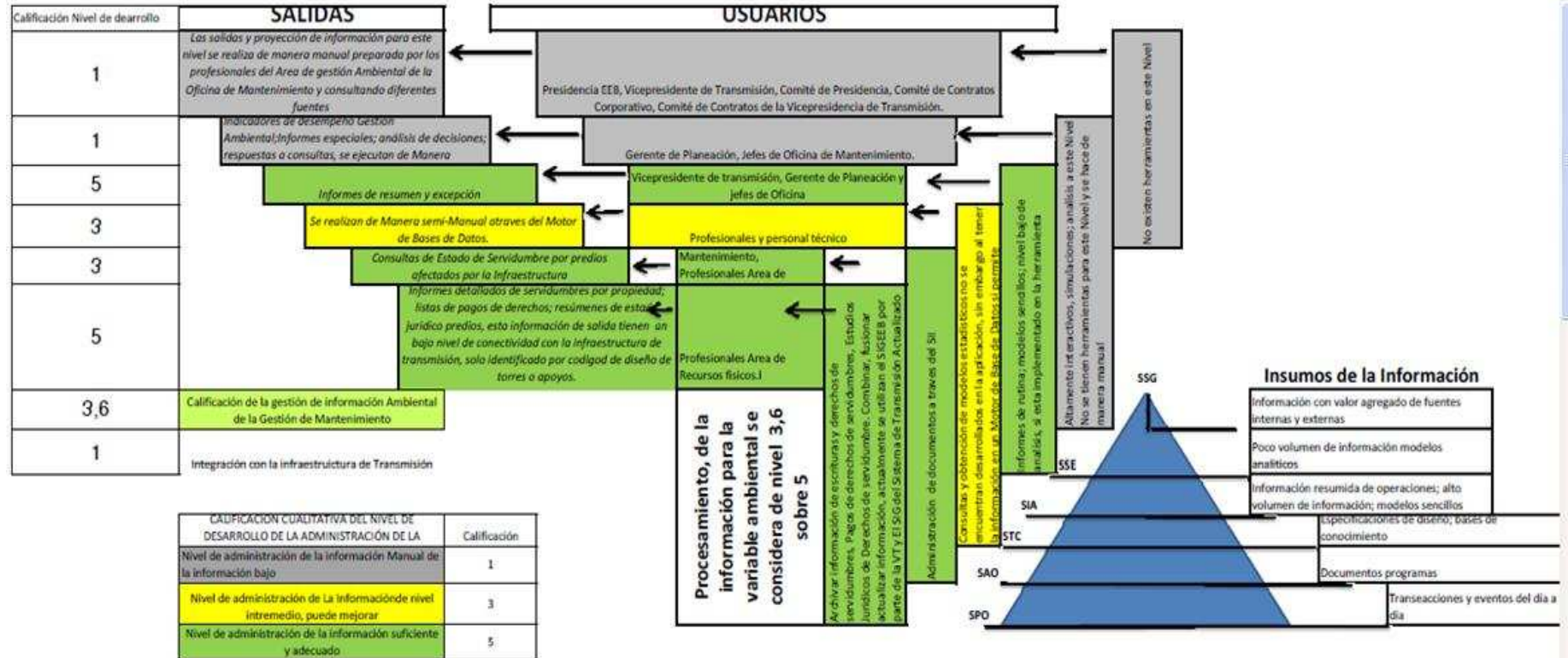
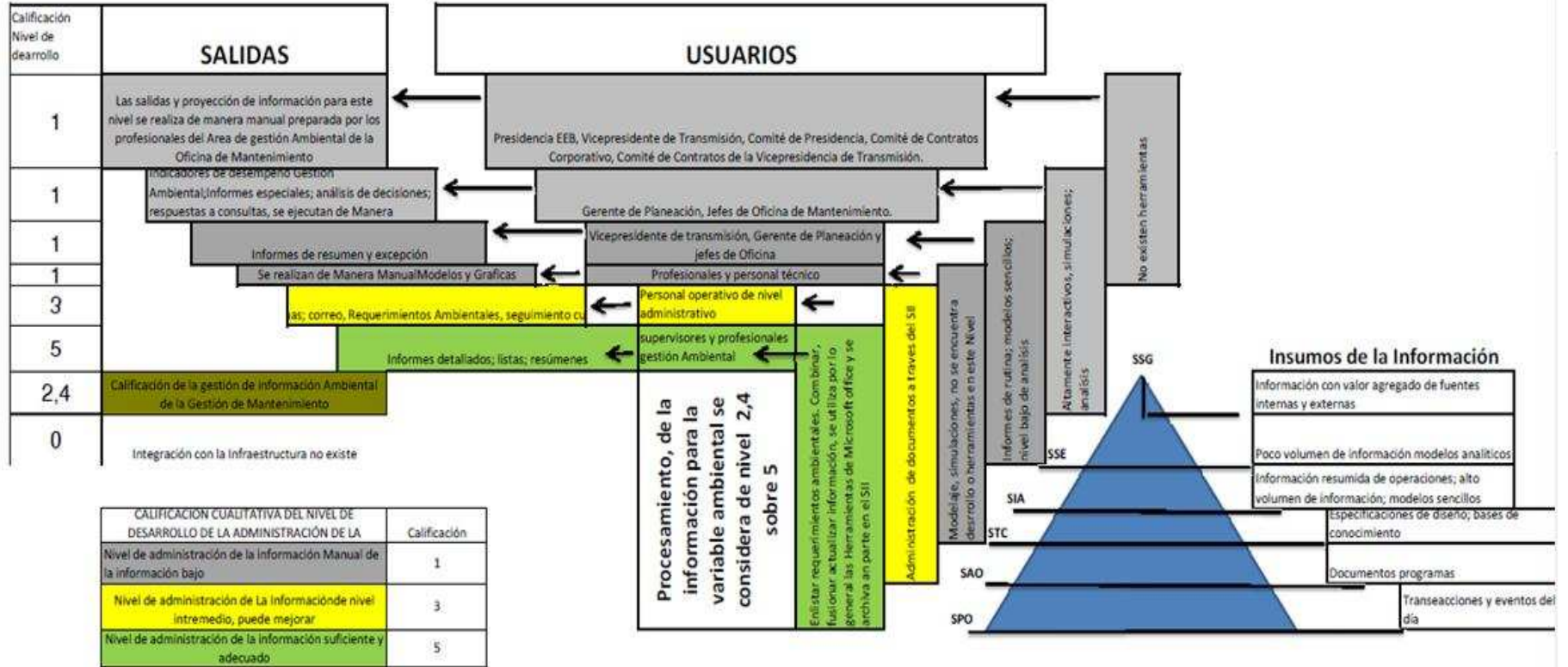


Figura 37. Estructura de Datos de la gestión de Servidumbres para la gestión de Mantenimiento.

ESTRUCTURA DE DATOS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL PARA MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA



## **5. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA EEB**

En el presente capítulo, se propone de manera conceptual la arquitectura de un sistema de información para soportar la gestión de mantenimiento de la infraestructura de transmisión de energía eléctrica de la EEB en sus diferentes procesos.

Por tanto para lograr el objetivo propuesto en la presente monografía, se planteó un esquema metodológico consistente en:

- I. Descripción del problema de gestión de la información para la infraestructura de transporte de energía eléctrica, donde se encontró que para la gestión de activos de manera integral de este tipo de infraestructura, es necesario integrar la información de la Gestión Ambiental, Servidumbres y propiamente la información de mantenimiento, tema que se desarrolló en el capítulo 1 del presente documento.
- II. Se investigó desde el punto de vista teórico, los principios y conceptos contemporáneos de los sistemas de información y el estado del arte de los mismos.
- III. Se desarrolló un cuidadoso y exhaustivo inventario de las distintas herramientas y aplicaciones disponibles para la gestión de la información objeto de estudio, con lo que se logró caracterizar el Sistema de Información objeto de análisis.
- IV. A partir de los elementos obtenidos en los pasos I al III, se encontró en el análisis de la caracterización realizada al Sistema de Información, el estado de desarrollo en los diferentes categorías de sistemas de información dando un diagnóstico interesante del desarrollo de la pirámide de los Sistemas de Información, la cual en este caso en particular se encuentra fuertemente desarrollada en la base.

- V. Los requerimientos del sistema de información para la gestión de mantenimiento se obtuvieron mediante entrevistas directas al Vicepresidente de Transmisión, Gerente de Planeación, Jefes de las Oficinas de Mantenimiento de Líneas y Subestaciones, teniendo en cuenta que en el desarrollo del proyecto se encontró que la pirámide de la información para el caso de estudio, tiene un nivel bajo de desarrollo en los niveles de soporte a las decisiones, soporte para la administración y gerencial.
- VI. A partir de todos los elementos tomados en los pasos anteriores, se llegó a la propuesta de diseño conceptual para la arquitectura del sistema de información para la gestión de mantenimiento de la EEB, cuyos resultados se desarrollan a continuación.

### **5.1 REQUERIMIENTOS AL SISTEMA DE INFORMACIÓN.**

Para este paso se procedió a realizar entrevistas de consulta de expectativas para el sistema de información para la gestión de mantenimiento de la EEB.

En el caso del Vicepresidente de Transmisión, ante la pregunta; Usted que información espera que pueda soportar el Sistema de Información para facilitar su trabajo?

La respuesta se puede resumir en el siguiente listado de funcionalidades esperadas:

1. Permitir el seguimiento de la Ejecución presupuestal con la ejecución física de los programas de mantenimiento.
2. Entregar informes resumen de la distribución de costos de Mantenimiento para toda la infraestructura.
3. Informes de seguimiento a situaciones críticas de fallas potenciales o pendientes de mantenimiento críticos y por modo de falla.
4. Distribución de costos por Modo de falla para la infraestructura en general.

5. Poder consultar de manera sencilla los indicadores más relevantes de la gestión integral de los activos de la EEB, tanto de carácter de ingeniería de mantenimiento, Indicadores de calidad, Indicadores de cumplimiento ambiental y gestión de servidumbres.

Como respuesta a la pregunta anterior los Jefes de Oficinas de Mantenimiento tanto de líneas como de subestaciones encontraron los siguientes requerimientos:

1. El Sistema debe soportar el seguimiento a las novedades o reportes de fallas o acciones de mantenimiento de los equipos, para evitar el olvido de la programación de pendientes y consultar las intervenciones ejecutadas a través del tiempo sobre los equipos.
2. El Jefe de la Oficina de mantenimiento de subestaciones considera clave que el sistema soporte los tiempos de intervención sobre la infraestructura en sus diferentes avisos de mantenimiento y poder establecer el número de horas hombre necesarias para colocar el Sistema al 100%.
3. El sistema debe permitir generar alarmas para el cumplimiento de las actividades de mantenimientos preventivos.
4. Con respecto a la gestión ambiental se considera conveniente que los requerimientos ambientales de las autoridades ambientales pudieran manejarse como avisos de mantenimiento que generaran su plan de atención en el Sistema con su consecuente esquema de alarmas y consulta de pendientes.
5. Los Jefes de las Oficinas de Mantenimiento, consideran importante que las alarmas y eventos detectados por el CCT, sean registrados en una herramienta donde se almacenen los datos propios de las falla, longitud de la misma, equipo o activo afectado, acciones ejecutadas e informes generados sobre el mismo.
6. Importante poder observar de manera detallada el indicador de salidas forzadas por activo y generar alarma si sobrepasan el parámetro de calidad establecido.

7. Se considera importante que el sistema permita realizar consultas ágiles sobre temas relacionados con estadísticas de atentados y en general sobre la distribución de los modos de falla.
8. Se considera muy importante poder tener de manera detallada una distribución de costos por modo de falla a nivel de cada activo o unidad constructiva.
9. Se considera pertinente generar un módulo que permita almacenar y administrar información digital de las especificaciones técnicas de los equipos y unidades constructivas, estudios de ingeniería, planos de taller, planos de obra, informes de ejecución de los contratistas que actualmente se encuentran en archivos administrados por los diferentes profesionales de la Vicepresidencia de Transmisión.
10. Se considera como un requerimiento interesante poder realizar una integración entre la información de los modos de falla de la infraestructura y poder los representar de manera espacial a través del SIG.

Como respuesta a la pregunta anterior el Gerente de Planeación planteó los siguientes requerimientos:

1. El sistema debe soportar consultas de seguimiento de costos globales por activo.
2. El sistema debe permitir consulta de indicadores técnicos del mantenimiento, tales como cumplimiento de los planes de mantenimiento, efectividad del mismo, desempeño técnico de los mismos como tasas de falla y disponibilidad.
3. El sistema debe permitir acceso a las hojas de vida de los equipos.
4. El sistema debe soportar consultas especializadas como; Informes de ejecución del mantenimiento, indicador de costos, indicador de mantenimientos preventivos contra correctivos.
5. El sistema debe soportar un módulo de la inteligencia del negocio, donde se registre información y documentos tales como:
  - a. Análisis Causa Raíz.
  - b. Criterios de mantenimiento.

- c. Esquemas, planos, problemas presentados, costos durante las soluciones técnicas implementadas en condiciones de emergencia.
6. Es importante que el sistema soporte un módulo de integración donde se administran las diferentes claves de los diferentes procesos para garantizar la integridad referencial de la información del Sistema, donde se pueda encontrar la relación de un equipo a través de los diferentes procesos, tales como Gestión de Servidumbres, Gestión de Mantenimiento, Gestión Ambiental, Gestión Financiera y Operación.
7. Se considera importante que la administración y gestión del módulo de gestión Geográfica de la infraestructura, sea administrado por la Vicepresidencia de Transmisión, teniendo en cuenta que en ciertos módulos se tendrán usuarios con perfiles diferentes como en el caso de la gestión predial de servidumbres y ambiental.

## **5.2 CRITERIOS PARA ARQUITECTURA BASE SISTEMA DE INFORMACIÓN.**

Como se planteó a lo largo del presente documento, el sistema de Información de gestión de mantenimiento para la infraestructura de la EEB debe tener como mínimo los siguientes módulos: Módulo Gestión Ambiental, Módulo Gestión de Mantenimiento, Módulo de Gestión de Servidumbres.

Adicionalmente de lo inferido en los capítulos 3 y 4 se debe considerar un nivel de integración de estos módulos con la infraestructura la cual en concepto del autor debe estar en cabeza del módulo PM-SAP,

### **5.2.1 Módulo de gestión ambiental**

Teniendo en cuenta que dentro de la evaluación realizada al sistema de información objeto de estudio, se determinó que el nivel de desarrollo del módulo de gestión ambiental es bastante bajo en todo lo relativo a soporte

para la toma de decisiones, con un desarrollo aceptable en la parte de procesamiento de operaciones.

Por lo anteriormente expuesto se considera que el nuevo módulo debe tener la siguiente arquitectura:

Base de Datos “Requerimientos Ambientales”, donde se registren los requerimientos que llegan de las diferentes autoridades, con la siguiente estructura de datos:

- ✓ Proyecto: Usualmente las autoridades estructuran los requerimientos y actuaciones con base en lo establecido en el decreto 1220 de 2005, que lo hace por proyecto o PMA dependiendo del caso.
- ✓ Expediente: Las actuaciones sobre los proyectos, son clasificadas en un solo expediente.
- ✓ Autoridad: Los requerimientos pueden venir de diferentes autoridades dependiendo de su competencia si es de nivel regional o nacional etc.
- ✓ Descripción del requerimiento.
- ✓ Fecha de notificación.
- ✓ Fecha de vencimiento para cumplimiento.
- ✓ Ubicación (es) técnicas: busca relacionar las ubicaciones técnicas descritas en el módulo PM de SAP con los requerimientos ambientales.
- ✓ Estado de ejecución: descripción del evento.
- ✓ Cierre técnico del requerimiento: este campo busca generar la información que describa si el requerimiento ha sido gestionado y se ha cerrado por la autoridad ambiental, en este por lo general se debe registrar los autos administrativos donde las autoridades dan por cumplido un requerimiento.

#### **5.2.1.1 Módulo de Gestión Documental-Ambiental:**

Dicho módulo en términos generales será un submódulo de la Gestión Documental para la categoría ambiental que debe tener las siguientes categorías:

- Informes de cumplimiento ambiental, clasificados por zona geográfica de la infraestructura y expediente.
- Informes de aprovechamiento forestal, clasificados por zona geográfica de la infraestructura y expediente.
- Resoluciones y autos administrativos, clasificados por zona geográfica de la infraestructura, autoridad ambiental y expediente.
- Proyectos, clasificados por clasificados por zona geográfica y proyecto donde se registren; Estudios de Impacto Ambiental, Diagnostico Ambiental de Alternativas.
- Módulo Información para el soporte de decisiones y gerencial integrador con SAP, este módulo tendrá como objetivo crear un lazo directo con SAP para permitir obtener informes rutinarios y estadísticos con la información almacenada en SAP tales como:
  - Costos ambientales: Por expediente y ubicación técnica.
  - Ejecución presupuestal.
  - Niveles de aprovechamiento, lo cual obliga al módulo PM de mantenimiento a entregar la información sobre intervenciones y cantidades de aprovechamientos, como por ejemplo talas y podas durante la ejecución del plan de mantenimiento de la franja de servidumbre.
- Módulo gráfico, donde se registra y almacenan los planos y coberturas de caracterización ambiental y geográfica de la infraestructura de transmisión, en un últimas un submódulo del SIG, donde se deben manejar las coberturas descritas en el capítulo 3 y que actualmente están en instaladas en el SIGEEB, sin embargo, no se encuentra conveniente el módulo alfanumérico pues duplica información del módulo PM de SAP y los desarrollos de hojas de vida de la infraestructura, adicionalmente se debe realizar la actualización tecnológica de desarrollo del Sigeeb.

## **5.2.2 Módulo de gestión servidumbres**

Como se ha expuesto en el desarrollo del capítulo 4, el nivel de desarrollo de este módulo es relativamente alto, tanto al nivel SPO y STC, sin embargo, hay todavía mucho por hacer para el soporte en la toma de decisiones y al nivel gerencial por tanto en el presente diseño se tienen las siguientes consideraciones.

En cuanto a la estructura tanto alfanumérica como del SIG desde el punto de vista cartográfico, predial y jurídico se encuentran con un desarrollo interesante y bastante completo, por lo cual se le debe incluir un menú de informes y consultas orientadas al nivel más alto de la pirámide de los sistemas de información, pero teniendo en cuenta que los módulos predial y jurídico están orientadas a los procesos de apoyo, se propone que estos se conviertan en módulos del SIG, en el cual se debe crear un módulo central que lo integre con el Sistema de Información en su módulo de Gestión de Mantenimiento, por tanto de manera conceptual se considera conveniente que dicha aplicación sea administrada por la Vicepresidencia de Transmisión, con acceso para las áreas administrativas y jurídicas de la compañía.

Con respecto a la representación gráfica de polígonos prediales conforme a lo expuesto en el capítulo 3, se considera que la estructura es adecuada, pero con el fin de integrar la información se propone que el módulo predial y de servidumbres se conviertan en un submódulo del SIG con el fin de compartir la plataforma cartográfica del SIG.

## **5.2.3 Módulo de gestión de mantenimiento.**

Como se identificó en los capítulos 3 y 4, este módulo presenta un desarrollo aceptable a nivel SPO e incluso se presentan desarrollos interesantes a nivel STC y SAO, pero conforme a lo expuesto en la

caracterización del mismo se considera que algunas herramientas son redundantes como el caso de las hojas de vida infraestructura de líneas de transmisión con los Registros fotográficos del Sistema Integrado de Información, para lo cual se deberán crear los informes y consultas para emular el motor de bases de datos de la aplicación original y aumentar el alcance de esta aplicación incluyendo las funcionalidades de las hojas de vida de la infraestructura.

Con respecto a la planeación y programación de la gestión de mantenimiento se considera pertinente sincronizar el SNC con el Módulo PM de SAP. Teniendo en cuenta que el SNC es un aplicativo de entrada operado y administrado por un tercero.

Con respecto a las herramientas de los equipos para subestación, se considera conveniente migrar la información de archivos Excel a una base de datos, pero desde el punto de vista de diseño se considera conveniente, tomar la estructura de Hojas de Vida de la infraestructura de líneas de transmisión, y unificar todo en el Sistema Integrado a través de una sola aplicación con dos submódulos, líneas y Subestaciones.

#### **5.2.4 Sistema de información para la gestión de mantenimiento**

Con respecto al módulo central de gestión de activos el de mantenimiento, conforme a lo expuesto en el capítulo 2 podemos encontrar los CMMs y los ERP, teniendo siempre claro que en el ERP es una solución estándar para la industria y los CMMs en cambio si están desarrollados específicamente para este tipo de gestión.

Sin embargo para el caso concreto el nivel de desarrollo del Módulo SAP de la EEB en este momento se encuentra con una estructura funcional y en operación de reciente parametrización. Para propósitos de esta monografía la propuesta de diseño se realizó tomando como base el módulo PM de SAP, sin embargo los CMMs, pueden ser considerados como herramientas también adecuadas para este módulo, aunque como se planteó en el

capítulo 3, la Empresa en su implementación inicial consideró como la mejor alternativa del Módulo PM de SAP.

Como se logró identificar en las entrevistas con los jefes de oficina es muy importante verificar qué puede ofrecer el módulo PM, y verificar qué se requiere para dar respuesta al requerimiento de las oficinas de mantenimiento, que en términos generales las funcionalidades descritas las soporta el módulo, en la tabla se muestra el análisis pertinente del soporte de SAP sobre el requerimiento y qué se requiere para lograr su soporte en general se concluyó:

Se requieren hacer desarrollos en lenguaje abap para obtener los informes tipo solicitados por el Vicepresidente y sus jefes de oficina, pero en esencia el módulo soporta la información por ellos solicitada.

A continuación se presenta el análisis de soporte del Módulo PM.

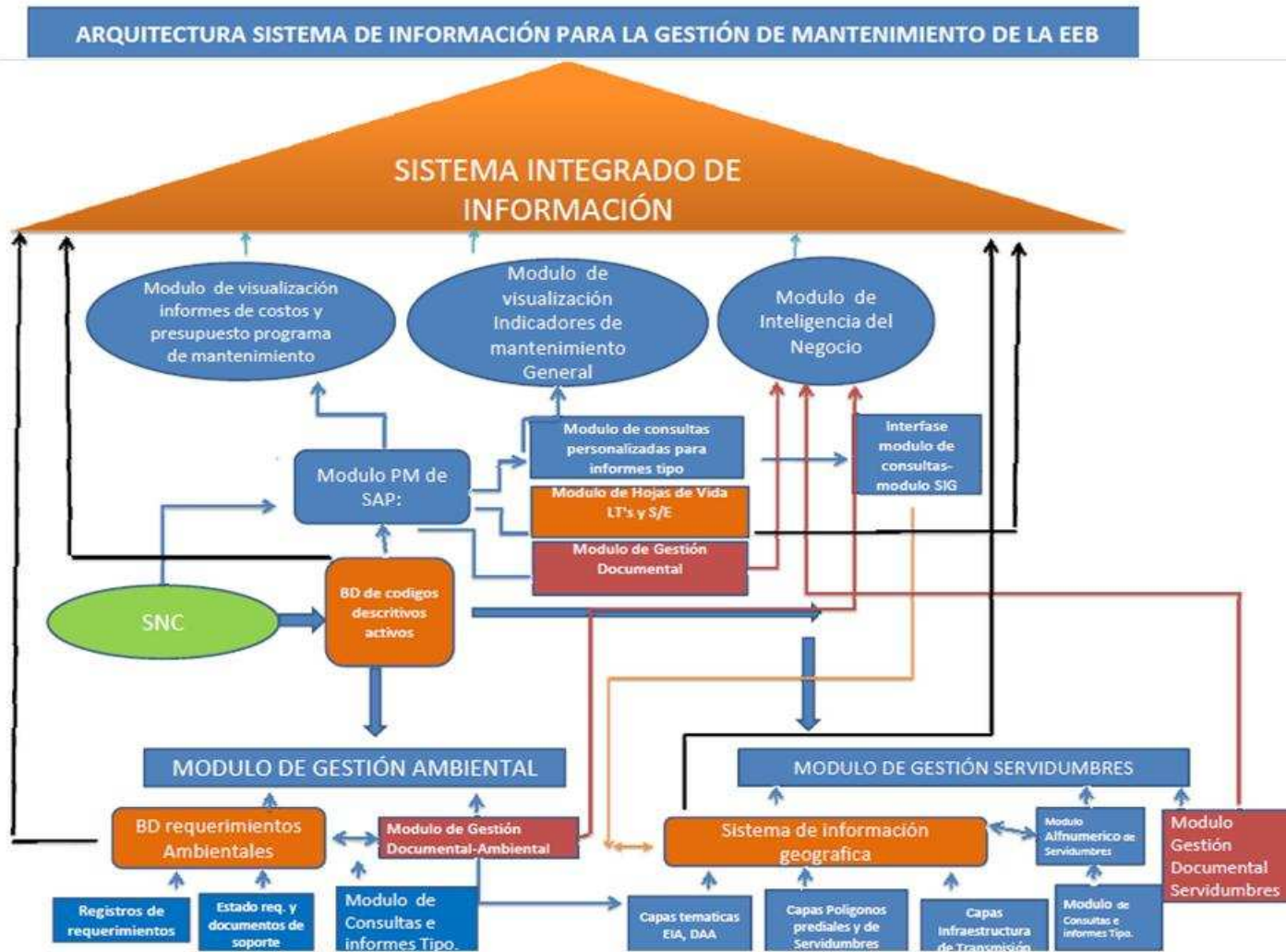
- ✓ Para el requerimiento número 1 de los jefes de oficina: SAP lo soporta, a través de la gestión de avisos de mantenimiento y la visualización de los mismos mediante la transacción IW23, adicionalmente con respecto al requerimiento 3 del Vicepresidente, se requiere diseñar informes personalizados en SAP, el módulo actual no tiene informes o consultas específicas.
- ✓ Con respecto al numeral 2, este tipo de información de tiempo de duración estimado de intervención por aviso, existe un campo disponible al crear el aviso, sin embargo, se puede evaluar una “Hoja de Ruta” que de manera preestablecida, según el modo de falla establezca tiempo de intervención, así en la parametrización del campo tiempo estimado del aviso de mantenimiento, este debe ser obligatorio.
- ✓ Con respecto al requerimiento 5, 6, 7 y 8 de los Jefes de Oficina, SAP lo soporta, pero requiere: implementación Workflow que actualmente no se encuentra parametrizado para la generación de alarmas. A través del

módulo se pueden generar avisos de mantenimiento a nivel de los circuitos, el módulo SAP permite visualizar costos asociados por modo de falla en las visualizaciones tipo del módulo, se propone generar un desarrollo en ABAP para informes tipo y Detallados para soportar los requerimientos 1 y 2 del Vicepresidente.

- ✓ El módulo PM de SAP no soporta los requerimientos 3 y 4.
- ✓ Para el Sistema de información es fundamental la integración entre las diferentes herramientas y teniendo en cuenta el hecho que se están manejando diferentes códigos para referirse a la infraestructura, por tanto se debe crear una entidad que registre y relacione los diferentes códigos, para establecer los esquemas relacionales entre los diferentes módulos y submódulos.
- ✓ Con respecto a la información administrada en papel, se considera pertinente implementar un módulo alfanumérico para su administración, y se considera pertinente evaluar su digitalización para permitir su consulta a través del módulo de gestión documental para el módulo de Gestión de mantenimiento que debe tener como mínimo las siguientes categorías, esto va en línea con el módulo de inteligencia del negocio planteado en el numeral 7 de los requerimientos del Gerente de Planeación y debe soportar como mínimo las siguientes categorías.
  - Información técnica.
  - Control de versiones de plano y modificaciones.
  - Estudios específicos.
  - Informes de Obras y como quedo construido.
  - Informes de ejecución de órdenes de trabajo.
  - Informes de soporte a derechos de petición y servidumbres
- ✓ Con respecto a los requerimientos 1, 2 y 4 de la Gerencia de Planeación, se considera que es soportado por la plataforma standard de SAP.

En la Figura 38 se presenta la arquitectura propuesta para el Sistema de Información para la gestión de mantenimiento.

FIGURA 38. Arquitectura S.I. Gestión de Mantenimiento de la EEB



## 6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

### 6.1 GENERALES

- La estructuración de una arquitectura coherente de un sistema de información para la gestión de mantenimiento en empresas del sector eléctrico, requieren una visión más global que pueda considerar todos los procesos del negocio, por lo que todos los procesos están orientados a interpretar una infraestructura que presenta impactos a nivel jurídico, comercial, regulatorio y operativo, por tanto un sistema de información para la EEB, debe considerar de manera integral todas estos procesos.
- El Sistema de Información actualmente en uso en la Vicepresidencia de Transmisión, presenta un desarrollo bajo en los niveles de la información orientados al soporte de las decisiones, al nivel gerencial y de gestión del conocimiento, lo que requiere orientar la arquitectura del sistema a cumplir estas necesidades para dar valor agregado a la información de nivel operacional.
- Se encontró el uso de diferentes aplicaciones y herramientas informáticas de manera aislada que no permiten obtener de manera simple valor agregado de la información, por tanto se recomienda que los diferentes módulos de los sistemas de información que atienden los diferentes procesos de la gestión integral de activos, se relacionen con integridad referencial sobre los equipos y activos que componen la infraestructura de la EEB.
- En general, no diseñar un Sistema de Información rígido y no escalable para las organizaciones contemporáneas, dada la complejidad de la información en sus diferentes facetas, por tanto lo ideal es partir de herramientas disponibles en el mercado y seleccionadas con base en los requerimientos de la organización para integrarlas de manera armónica y en donde se considere necesario realizar el diseño de herramientas a la medida, sin embargo para esta implementación es muy importante que la organización se preocupe de manera previa de identificar la respectiva arquitectura del sistema de información para lograr un proceso planeado de implementación de un Sistema de Información.

## 6.2 ESPECIFICAS.

- El sistema de información para gestión de mantenimiento de la EEB, requiere un alto nivel de integración, el cual se requiere para permitir una “minería de datos”, mas automatizada que permita interpretar datos de los diferentes módulos del sistema y entregar los reportes e informes que requieren los niveles de la información con mayor valor agregado.
- El módulo PM-SAP de mantenimiento para la gestión de activos de la Empresa, soporta la mayoría de los requerimientos del nivel medio de la organización, sin embargo es necesario realizar algunos desarrollos o mejoras en la parametrización para el nivel de la información orientado a soporte de decisiones y a usuarios de nivel gerencial.
- La gestión documental para el caso de estudio del presente documento es la gran falencia a corregir con la propuesta de arquitectura del Sistema de Información para la EEB, es recomendable evaluar herramientas en el mercado especializadas en este tipo de gestión, dado el alto impacto en el proceso de mantenimiento y en general en la organización.
- En la caracterización de las herramientas de la gestión de la información de la EEB en su proceso de mantenimiento, se encontró una gran cantidad de herramientas y soluciones a medida dependiendo del usuario que han originado un Sistema de Información con un nivel de integración bajo o casi inexistente, pues esta se concentre solamente en el ERP SAP, lo que está fuera del ERP no obedece a un diseño de la información planeado.
- Para la propuesta de arquitectura del Sistema de Información, se considera que con las herramientas y soluciones informáticas de la Vicepresidencia de Transmisión, es posible realizar los ajustes de diseño pertinentes para lograr un Sistema más robusto, teniendo en mente siempre el concepto de escalabilidad del sistema, por consideraciones económicas y operativas.

## BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO ARREDONDO, Mauricio Pablo y PEREZ SUAREZ, Guillermo. Gestión de Activos de Líneas de Transmisión Aplicable al Sistema de Transmisión de La Empresa de Energía de Bogotá. Bogotá. Universidad de Los Andes, 2004, 91 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Santafé de Bogotá D.C: ICONTEC, 1996, 126 P. NTC 1486.
- LAUDON, Keneth C y LAUDON P, Jane. Administración de los Sistemas de Información. Tercera edición. México. Prentice Hall, 1996, 885 p.
- SHIM, Jae K y SIEGEL, Joel G. Respuestas Rápidas Para Sistemas de Información. México. Prentice Hall, 1999, 357 p.
- URIBE OTALORA, Víctor Armando. Sistemas de Información. Vol. 1. Bucaramanga. Corporación Universitaria de Investigación y Desarrollo, 2006. 65 p.
- URIBE OTALORA, Víctor Armando. Sistemas de Información. Vol. 2. Bucaramanga. Corporación Universitaria de Investigación y Desarrollo, 2006. 65 p.