

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

ACTUALIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO BASADO EN EL SOFTWARE SMPROG EN EL ÁREA DE GENERACIÓN PARA UNA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA EMELNORTE S.A.

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico

Autor:

Enríquez Tulcanaza Sandro Bolívar

Director:

Ing. Ramiro Flores

Ibarra – Ecuador

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto repositorio digital institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	0401609961
Apellidos y Nombre	Enríquez Tulcanaza Sandro Bolívar
Dirección	San Isidro
E-mail	sandroenriquez@yahoo.es
Teléfono Fijo	062974-231
Teléfono Móvil	0989503099
DATOS DE LA OBRA	
Título	“ACTULIZACIÓN Y PUESTA E MARCHA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO SMPROG PARA UNA DE LAS CENTALES HIDROELÉCTRICAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA EMELNORTE S.A”
Autor	Enríquez Tulcanaza Sandro Bolívar
Fecha	Julio del 2017
Programa	Pregrado
Título porque se aspira	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
Director	Ing. Ramiro Flores

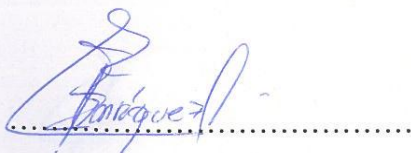
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, SANDRO BOLIVAR ENRIQUEZ TULCANAZA, con cédula de identidad Nro. 040160996-1 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia de la ley de Educación Superior artículo 144.

3. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, agosto del 2017



Sandro Bolívar Enríquez Tulcanaza

C.I. 0401609961

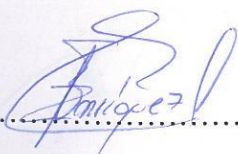


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, SANDRO BOLIVAR ENRÍQUEZ TULCANAZA, con cédula de identidad Nro. 040160996-1, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5, 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: “ACTULIZACIÓN Y PUESTA E MARCHA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO SMPROG PARA UNA DE LAS CENTALES HIDROELÉCTRICAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA EMELNORTE S.A”, que ha sido desarrollado para optar el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos concedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, agosto del 2017


.....

Sandro Bolívar Enríquez Tulcanaza

C.I. 0401609961



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Sandro Bolívar Enríquez Tulcanaza, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual, Reglamento y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Sandro Bolívar Enríquez Tulcanaza

C.I. 0401609961



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que la tesis “ACTUALIZACIÓN Y PUESTA E MARCHA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO SMPROG PARA UNA DE LAS CENTALES HIDROELÉCTRICAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA EMELNORTE S.A” ha sido realizada en su totalidad por el señor: SANDRO BOLIVAR ENRÍQUEZ TULCANAZA portador de la cédula de identidad número 040160996-1.

.....
Ing. Ramiro Flores

Director de Tesis

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mis padres que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional.

A mis hermanos y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la empresa eléctrica Emelnorte S.A. por haberme permitido realizar el presente trabajo de grado, a la universidad Técnica del Norte por aceptarme ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes y tutor que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Mi agradecimiento también va dirigido a la dirección de generación por el apoyo técnico, práctico en todos sus conocimientos y experiencias profesionales.

CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	iv
DECLARACIÓN	v
CERTIFICACIÓN	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
CAPÍTULO I.....	22
1. El problema de investigación	22
1.1. Antecedentes.....	22
1.1.1. Sistema de generación de emelnorte	23
1.2. Planteamiento del problema	24
1.3. Formulación del problema	24
1.4. Delimitación	25
1.4.1. Delimitación espacial	25
1.4.2. Ubicación de la central hidroeléctrica	25
1.4.3. Delimitación temporal	25
1.5. Objetivos.....	25
1.5.1. Objetivo general.....	25
1.5.2. Objetivos específicos.....	26
1.6. Justificación	26
1.7. Justificación legal.....	27
CAPÍTULO II.....	29
2. Marco teórico	29
2.1. Descripción de emelnorte s.a.	29
2.1.1. Organización de la empresa emelnorte s.a.	29
2.2. Organigrama de la dirección de generación	30
2.2.1. Generación de la central hidroeléctrica “san miguel de car”	31
2.3. Ingeniería de mantenimiento	31
2.3.1. Importancia del mantenimiento.....	33
2.4. Objetivos del mantenimiento.....	34
2.5. Tipos de mantenimiento	35

2.5.1. Mantenimiento rutinario	36
2.5.2. Mantenimiento preventivo	37
2.5.2.1. Funcionalidad del mantenimiento preventivo	37
2.5.2.2. Métodos en el mantenimiento preventivo	38
2.5.2.3. Ventajas.....	41
2.5.2.4. Desventajas	41
2.5.3. Mantenimiento predictivo	42
2.5.3.1. Procesos del mantenimiento predictivo	42
2.6.3.1.1. Actividades en el mantenimiento predictivo	43
2.5.3.2. Ventajas.....	45
2.5.3.3. Desventajas	45
2.5.4. Mantenimiento correctivo	46
2.5.4.1. Tipos de mantenimiento correctivo	47
2.5.4.1.1. Programado	47
2.5.4.1.2. No programado	47
2.5.4.3. Ventajas.....	48
2.5.4.4. Desventajas.....	48
2.6. Seguridad en el mantenimiento	49
2.6.1. Norma básica de seguridad	50
2.6.2. Equipos de protección obligatorios en las actividades de mantenimiento	50
2.7. Programa de mantenimiento asistido por computador	51
2.8. Descripción general del sistema de mantenimiento programado smprog ..	53
2.8.1. Objetivos de smprog.....	54
2.8.2. Funciones de smprog.	55
2.9. Generalidades del uso de base de datos	56
2.9.1. Objetivo de una base de datos	56
2.10. Configuración del sistema de mantenimiento programado (smprog).....	57
2.10.1. Descripción de la pantalla inicial.....	58
2.10.2. Selección de grupos y subgrupos.....	59
2.10.3. Alarmas visuales.....	59
2.10.4. Equipos resaltados	60
2.10.5. Cuadros de verificación	61
2.10.6. Panel de información y accesos directos.....	61
CAPÍTULO III.....	63
3. Metodología de la investigación.....	63
3.1. Tipo de investigación:	63
3.2. Métodos y técnicas de investigación	63

3.2.1. Inductivo – deductivo	63
3.2.2. Analítico – sintético	64
3.2.2. Empíricos:.....	64
3.3. Técnicas e instrumentos.-.....	64
CAPITULO IV	65
4. Propuesta	65
4.1. Título de la propuesta	65
4.2. Justificación e importancia.....	65
4.3. Fundamentación de la propuesta	66
4.4 objetivos	66
4.4.1. Objetivo general.....	66
4.4.2. Objetivos específicos	67
4.5. Desarrollo de la propuesta.....	67
4.5.1. Descripción y caracterización técnica de la central hidroeléctrica “san miguel de car”	67
4.5.2. Datos generales de la central	67
4.5.3. Parte mecánica.....	68
4.5.3.1. Turbina.....	68
4.5.3.2. Regulador de velocidad	69
4.5.3.3. Valvula de guardia	71
4.5.4. Parte eléctrica.....	73
4.5.4.1. Generador.....	73
4.5.4.2. Excitatriz	75
4.5.4.3. Disyuntor del generador.....	77
4.5.4.4. Regulador de voltaje	78
4.5.4.5. Tableros de control	79
4.5.5. Equipos principales de la subestación	80
4.5.5.1. Transformador de potencia.....	80
4.5.5.2. Seccionamientos	82
4.5.5.3. Disyuntor.....	83
4.5.6. Equipos auxiliares y otros	84
4.5.6.1. Transformador de servicio auxiliares de la central.....	84
.....	85
4.5.6.2. Sistema de corriente continua de la central	86
4.5.6.3. Puente grúa	88
4.5.7. Obras civiles:	88
4.5.7.1. Reservorio de regulacion diaria:	88

4.5.7.2. Tanque de presión:	89
4.5.7.3. Tubería de presión:	90
4.5.7.4. Casa de máquinas:	91
4.5.7.5. Canal de restitución:	91
4.6. Base de datos de la central hidroeléctrica “san miguel de car”	92
4.6.1. Grupo: grupo de generación n° 1	93
4.6.1.1. Subgrupo: parte eléctrica del grupo: grupo de generación n°1	94
4.6.1.2. Subgrupo: parte mecánica del grupo: grupo de generación n°1	97
4.6.2. Grupo: transmisión de energía en alta tensión	100
4.6.2.1. Subgrupo: subestación de elevación	101
4.6.3. Grupo: partes comunes	103
4.6.3.1. Subgrupo: sistemas auxiliares	104
4.6.4. Grupo: obras civiles	107
4.7. Frecuencia de actividades de mantenimiento preventivo, procedimientos de trabajo y seguridad.	109
4.8. Grupo: grupo de generación n° 1	111
4.8.1. Equipo: generador	111
4.8.2. Equipo: excitatriz	113
4.8.3. Equipo: interruptor/disyuntor	115
4.8.4. Equipo: regulador de voltaje	116
4.8.5. Equipo: tablero de control de generador	117
4.8.6. Equipo: tablero punto neutro generador	119
4.8.7. Equipo: tablero de control de línea	120
4.8.8. Equipo: turbina	122
4.8.9. Equipo: regulador de velocidad	124
4.8.10. Equipo: válvula de guardia	126
4.8.11. Equipo: sistema de lubricación de cojinetes	128
4.8.12. Equipo: sistema de refrigeración	129
4.8.13. Equipo: cojinete de excitatriz	131
4.9. Grupo: transmisión de energía en alta tensión	133
4.9.1. Equipo: transformador de potencia	133
4.9.2. Equipo: seccionador del transformador	136
4.9.3. Equipo: disyuntor	138
4.9.4. Equipo: seccionador con puesta a tierra	140
4.9.5. Equipo: barras de transmisión	141
4.10. Grupo: partes comunes	142
4.10.1. Equipo: fuente de corriente continua	143

4.10.2. Equipo: fuente de corriente alterna	144
4.10.3. Equipo: ménsula de sincronización	145
4.10.4. Equipo: luminarias	146
4.10.5. Equipo: tubería de presión.....	148
4.10.6. Equipo: puente grúa	150
4.11. Grupo: obra civil.....	152
4.11.1. Equipo: caminos de acceso	152
4.11.2. Equipo: captacion de agua	153
4.11.3. Equipo: casas de maquinas y revisores hidraulicos	155
CAPITULO V	156
5. Conclusiones y recomendaciones	156
5.1. Conclusiones	156
5.2. Recomendaciones	157
5.3. Bibliografía.....	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Centrales de Generación de energía eléctrica de Emelnorte.	23
Tabla 2 Descripción y características de la turbina.....	69
Tabla 3 Descripción y características del regulador de velocidad	70
Tabla 4 Descripción y características de la válvula de entrada	71
Tabla 5 Descripción y características de la unidad de potencia hidráulica.	72
Tabla 6 Descripción y características del generador.	74
Tabla 7 Descripción y características de la excitatriz.....	76
Tabla 8 Descripción y características del disyuntor principal del generador.....	77
Tabla 9 Descripción y características del regulador de voltaje.	79
Tabla 10 Descripción y características del transformador de potencia.	81
Tabla 11 Descripción y características del interruptor general.	83
Tabla 12 Descripción y características del transformador de servicios auxiliares ...	85
Tabla 13 Descripción y características del cargador de baterías.....	86
Tabla 14 Descripción y características del banco de baterías.....	87
Tabla 15 Clasificación y organización de, subgrupos, equipos del grupo de generación N° 1.	93
Tabla 16 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo generador. 94	
Tabla 17 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo excitatriz. .. 94	
Tabla 18 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo disyuntor del generador.....	95
Tabla 19 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo regulador de voltaje.....	95
Tabla 20 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo tablero de control del generador.	96
Tabla 21 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo tablero del punto neutro del generador.	96
Tabla 22 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo tablero de control de la línea.	97
Tabla 23 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo turbina.	97
Tabla 24 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo regulador de velocidad.	98
Tabla 25 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo válvula de guardia.	98
Tabla 26 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo sistema de lubricación de cojinetes.	99
Tabla 27 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo sistema de refrigeración.	99

Tabla 28 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo cojinete de excitatriz.	100
Tabla 29 Clasificación y organización de, subgrupos, equipos del grupo de transmisión de energía en alta tensión.....	100
Tabla 30 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo transformador de potencia.	101
Tabla 31 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo seccionador de transformador.....	101
Tabla 32 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo disyuntor.	102
Tabla 33 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo seccionador con puesta a tierra.....	102
Tabla 34 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo barras de transmisión.....	103
Tabla 35 Clasificación y organización de, subgrupos, equipos del grupo: partes comunes.....	103
Tabla 36 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo fuente de corriente continua.....	104
Tabla 37 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo fuente de corriente alterna.	104
Tabla 38 Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo ménsula de sincronización.	105
Tabla 39 Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipos iluminación.	105
Tabla 40 Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipo tubería de presión.	106
Tabla 41 Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipo puente grúa.	106
Tabla 42 Clasificación y organización de, subgrupos, equipos del grupo de obras civiles.	107
Tabla 43 Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipo caminos de acceso.....	107
Tabla 44 Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipo captación de agua de generación.....	108
Tabla 45. Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipo captación de agua de generación.....	108
Tabla 46 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del generador.	112
Tabla 47 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la excitatriz.....	114
Tabla 48 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del disyuntor del generador.	116

Tabla 49 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del regulador de voltaje.	117
Tabla 50 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del tablero de control del generador.	118
Tabla 51 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del tablero del punto neutro del generador.	120
Tabla 52 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del tablero de control de la línea.....	121
Tabla 53 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la turbina.....	123
Tabla 54 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del regulador de velocidad.....	125
Tabla 55 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la válvula de guardia.....	127
Tabla 56 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del sistema de lubricación de cojinetes.	128
Tabla 57 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del sistema de refrigeración.....	130
Tabla 58 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del cojinete de excitatriz.	132
Tabla 59 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del transformador de potencia.	135
Tabla 60 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del seccionador del transformador.	137
Tabla 61 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del disyuntor.	139
Tabla 62 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del seccionador con puesta a tierra.....	141
Tabla 63 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de las barras de transmisión.....	142
Tabla 64 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la fuente de corriente continua.	143
Tabla 65 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la fuente de corriente alterna.	145
Tabla 66 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la ménsula de sincronización.....	146
Tabla 67 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de luminarias.	147
Tabla 68 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la tubería de presión.	149

Tabla 69 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del puente grúa.....	150
Tabla 70 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del camino de acceso.	152
Tabla 71 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de captación de agua de generación.....	153
Tabla 72 Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de casa de máquinas y revisor hidráulico.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Organigrama estructural del área de dirección de generación	30
Figura 2	Objetivos del departamento de mantenimiento en una instalación industrial	35
Figura 3	Verificación diaria de parámetros eléctricos	36
Figura 4	Inspecciones y verificaciones de temperaturas y niveles de aceite.....	39
Figura 5	Pruebas de vibraciones	41
Figura 6	Pruebas de análisis de termografía.....	45
Figura 7	Curvas de costo del mantenimiento con relación al tiempo	46
Figura 8	Equipos de seguridad en el mantenimiento.....	51
Figura 9	Programa de mantenimiento asistido por computador	52
Figura 10	Acceso de inicio al programa	53
Figura 11	Acceso de inicio al programa	53
Figura 12	Organización de la información para el programa.....	58
Figura 13	Pantalla inicial del programa	58
Figura 14	Nombres e imágenes de los grupos.....	59
Figura 15	Colores de alarmas	60
Figura 16	Descripción de los diferentes colores del programa.....	60
Figura 17	Panel de verificación	61
Figura 18	Accesos directos del programa	62
Figura 19	Vista principal de la central hidroeléctrica San Miguel de Car.....	68
Figura 20	Turbina Francis	69
Figura 21	Regulador de velocidad.....	70
Figura 22	Válvula mariposa.....	72
Figura 23	Unidad de potencia hidráulica	73
Figura 24	Generador	75
Figura 25	Excitatriz.....	76
Figura 26	Disyuntor principal del generador.....	78
Figura 27	Regulador de voltaje	79
Figura 28	Tableros de control del generador y de línea principal.....	80
Figura 29	Transformador de potencia de la subestación.....	82
Figura 30	Seccionamiento de apertura y aterrado	82
Figura 31	Disyuntor de protección del transformador.....	84
Figura 32	Transformador de servicios auxiliares	85
Figura 33	Rectificador cargador de baterías	86

Figura 34	Banco de baterías	87
Figura 35	Puente grúa.....	88
Figura 36	Vista del tanque de presión	90
Figura 37	Vista de la tubería de presión.....	91
Figura 38	Vista sin carcaza del generador	111
Figura 39	Vista interior de excitatriz	113
Figura 40	Vista interior del disyuntor	115
Figura 41	Vista interior del tablero de control del generador	118
Figura 42	Vista interior del tablero de control de la línea.....	121
Figura 43	Vista exterior e interior de la turbina.....	123
Figura 44	Válvula mariposa.....	126
Figura 45	Sistema de refrigeración.....	130
Figura 46	Vista exterior e interior del cojinete de excitatriz	132
Figura 47	Transformador elevador de potencia.....	135
Figura 48	Seccionamientos del transformador	137
Figura 49	Disyuntor del transformador	139
Figura 50	Seccionamientos con puesta a tierra	140
Figura 51	Tablero de control de las luminarias de emergencia	147
Figura 52	Tubería de presión	148

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo promover la utilización de tecnologías como, programas o software que nos brindan gran apoyo en el campo profesional. La empresa eléctrica Emelnorte S.A cuenta con un sistema de mantenimiento programado denominado SMProg, dicho software no estaba en marcha, teniendo esta problemática en el área de generación. Este programa sirve de apoyo en el control y monitoreo de equipos llevando un plan de mantenimiento preventivo. El tipo de investigación realizada es bibliográfica y de campo lo que permitió recolectar información para el desarrollo de una base de datos compuesta por: área, grupo, subgrupo, equipo, componentes y subcomponentes que conforman la central hidroeléctrica San Miguel de Car, determinando frecuencias y actividades de mantenimiento preventivo a cada uno de los equipos, teniendo como resultado un plan anual con fechas establecidas y actividades de mantenimiento preventivas de todos los equipos, componente y subcomponentes que conforman la central hidroeléctrica. Con el desarrollo de la base de datos y la puesta en marcha del programa SMProg se logra llevar un control de los equipos de manera organizada y planificada. Finalmente se exponen conclusiones y recomendaciones que han dado como resultado del estudio realizado, seguido de los anexos.

ABSTRACT

The present research aims to promote the use of technologies such as software or programs that give us great support in the professional field,, The electrical company Emelnorte S.A has a programmed maintenance system called SMProg, said software was not in progress, having this problem in the area of generation. This program serves as support in the control and monitoring of equipment carrying a preventive maintenance plan The type of research carried out is bibliographical and field, which allowed to collect information for the development of a database composed by of: area, group, subgroup, equipment, components and subcomponents that make up the hydroelectric power station San Miguel de Car, Determining frequencies and preventive maintenance activities for each of the equipment, resulting in an annual plan with established dates and preventive maintenance activities for all equipment, components and subcomponents that make up the hydroelectric power station With the development of the database and the start-up of the SMProg program, it is possible to take control of the equipment in an organized and planned way. Finally, conclusions and recommendations are given as a result of the study, followed by the annexes.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Actualmente el sistema eléctrico ecuatoriano juega un papel protagónico en el desarrollo económico y social del país, siendo necesario disponer de un plan maestro de energía eléctrica, cuyo objetivo fundamental sea integrar, normalizar y masificar la cobertura de este servicio.

La empresa eléctrica Emelnorte S.A. siendo una de las más importantes a nivel del país, tiene como misión: generar, distribuir y comercializar energía eléctrica de calidad para satisfacer las necesidades de sus clientes, con personal calificado y competitivo, contribuyendo con el desarrollo del norte del país.

1.1.1. SISTEMA DE GENERACIÓN DE EMELNORTE

La empresa eléctrica posee generación hidroeléctrica propia que se detalla en la tabla:

Tabla 1
Centrales de Generación de energía eléctrica de Emelnorte.

Nº	Nombre de central	Potencia instalada KW	Potencia efectiva KW	Año instalación	Tipo	Número de grupos	Ubicación
1	Ambi	8000	8000	1968	Turgo	2	Imbabura
2	San Miguel de Car	2950	2950	1987	Francis	1	Carchi
3	La Playa	1320	1050	1957	Francis	3	Carchi
4	Buenos Aires	980	930	2012	Francis	1	Imbabura

Los directivos encargados en el área de generación han planteado el mantenimiento piloto en esta área, donde los equipos se ven afectados por los paros imprevistos y los tiempos de reparación de cada una de las centrales hidroeléctricas, lo que se ha reflejado en pérdidas económicas, las mismas que hacen que los objetivos de esta área no se cumplan en su totalidad. No existe un procedimiento adecuado de un plan de mantenimiento para una inspección periódica de todos los equipos, por ello varias personas inspeccionan las variaciones a su propio criterio, lo que conlleva a que la actividad de mantenimiento no se realice adecuadamente, afectando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las centrales hidroeléctricas forman parte importante de todo el sistema eléctrico de la empresa eléctrica Emelnorte S.A., tomando en cuenta que son las de mayor costo económico, y que la continuidad del servicio depende en gran parte de ellas; es necesario aplicar un adecuado plan de mantenimiento, para revisar con cierta frecuencia el estado de los equipos para encontrar posibles fallas y corregirlos en sus primeras etapas, antes de que estas fallas puedan causar una interrupción o parada de los grupos de generación de las centrales y del servicio eléctrico.

Teniendo en cuenta los antecedentes descritos, el problema es la ausencia de un adecuado plan de mantenimiento, que permita elaborar una base de datos, sistema de órdenes de trabajo, con frecuencias establecidas para cada uno de todos los equipos de una de las centrales hidroeléctricas.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La aplicación del software de mantenimiento programado SMProg, permitirá incrementar la confiabilidad del funcionamiento de una de las centrales hidroeléctricas de la empresa eléctrica Emelnorte S.A.?

1.4. DELIMITACIÓN

1.4.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

Esta investigación se realizará en las provincias Carchi e Imbabura, dentro de las instalaciones de la central hidroeléctrica San Miguel de Car y de las oficinas del área de generación de la empresa eléctrica Emelnorte S.A.

1.4.2. UBICACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

La central hidroeléctrica San Miguel de Car, está ubicada en el cantón Tulcán, provincia del Carchi, a una distancia aproximada de 20 Km. desde la ciudad de Tulcán, y a 2.0 kilómetros de la vía Tulcán - Tufiño.

1.4.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL

La investigación tendrá una duración de seis meses iniciando desde el 15 de noviembre del 2016 hasta el 30 de junio del 2017.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Poner en marcha un sistema de mantenimiento programado basado en la actualización y utilización del software SMPROG, para una de las centrales hidroeléctricas de la empresa eléctrica Emelnorte S.A.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar una base de datos que permita realizar una descripción y caracterización técnica de los equipos de una de las centrales hidroeléctricas del área de generación de la empresa eléctrica Emelnorte S.A.
- Determinar los parámetros y actividades para cada uno de los equipos de una de las centrales hidroeléctricas.
- Determinar las frecuencias óptimas, procedimientos de trabajo y seguridad.
- Implementar la base de datos de una de las centrales hidroeléctricas al software de mantenimiento programado SMPROG.

1.6. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de implementar un plan de mantenimiento de las centrales hidroeléctricas de la empresa eléctrica Emelnorte S.A., nace de los objetivos trazados por las políticas de calidad y principalmente con el mejoramiento de la actualización y utilización de la tecnología. Este plan contará con una base de datos establecidos en el software SMProg de cada uno de los equipos de una de las centrales hidroeléctricas, esto nos ayudará a conocer su funcionamiento y trabajo que desempeña y con ello se logrará que el grupo de mantenimiento y los operadores encargados realicen un mantenimiento correcto y de mejor manera.

Además permitirá realizar una óptima planificación y programación del mantenimiento con parámetros y actividades adecuadas, con frecuencias establecidas para cada uno de los equipos de una de las centrales de generación, que permitirá la ejecución de las tareas pertinentes con mayor facilidad y precisión, lo que significará ahorro económico y junto con ello evitar pérdidas productivas perjudiciales para la empresa y para el país.

El presente proyecto contribuye con el plan nacional del buen vivir de acuerdo con los objetivos y políticas como:

Fortalecer la educación superior con visión científica y humanista, promoviendo programas de vinculación de la educación superior con la comunidad.

Promover la investigación el conocimiento científico, la revalorización de conocimientos y saberes ancestrales y la innovación tecnológica.

Mejorar y ampliar la cobertura del sistema eléctrico, promoviendo el aprovechamiento sustentable de los recursos renovables.

Fomentar un servicio público eficiente y competente, promoviendo la gestión de servicios públicos de calidad, oportunos, continuos y de amplia cobertura y fortalecer los mecanismos de regulación.

En el laboratorio de la carrera CIMANELE existen los medios necesarios para realizar la investigación y en el mismo se cuenta con cámaras termográficas, medios de computación, programas de apoyo. La carrera cuenta con profesores altamente capacitados para conducir adecuadamente el trabajo de grado.

1.7. JUSTIFICACIÓN LEGAL

En la elaboración del presente trabajo de investigación fue necesario conocer los aspectos legales, que justifican la ejecución del mismo, es así que partimos desde la resolución del ARCONEL– 049/15 emitida por el directorio del Consejo Nacional de Electricidad del Ecuador (CONELEC); la cual en su numeral dos, menciona la importancia del mantenimiento y actualización de mejoras en el uso de la tecnología

con el fin de cumplir con los parámetros de calidad el cual se lo cita en el siguiente numeral.

Mediante Resolución No. 064/12 de 04 de junio de 2012, el Directorio del CONELEC en el numeral 2 resuelve:

“Para las etapas de generación, transmisión y distribución, considerar, dentro del rubro de administración, operación y mantenimiento, las actividades de mantenimientos rutinarios, mantenimientos mayores, labores para la repotenciación de equipos y cualquier otra actividad que sea para incorporar nuevas tecnologías y prolongación de la vida útil de las instalaciones, con el propósito de cumplir con los parámetros de calidad, seguridad y confiabilidad del suministro de energía eléctrica; así como actividades relacionadas con la remediación y gestión ambiental y social. Para este efecto, las empresas publicas responsables de las etapas de la industria eléctrica: generación, transmisión y distribución, deberán presentar al CONELEC un plan en el cual incluyan las obras a desarrollar con sus correspondientes justificativos”.

Se determina que, la operación y mantenimiento, es una responsabilidad tanto de las empresas de la industria eléctrica: generación, transmisión y distribución, cumplir con las normas y reglamentos que establece el ente regulador ARCONEL, cabe mencionar que el departamento de generación está continuamente actualizado en avances tecnológicos como en programas y software referentes al: control, planificación, y ejecución de mantenimiento programado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. DESCRIPCIÓN DE EMELNORTE S.A.

La empresa eléctrica, es una de las 10 empresas eléctricas nacionales, cuya misión fundamental consiste en la distribución y comercialización de energía eléctrica, en un mercado cautivo, conformado por consumidores industriales, comerciales y residenciales, asentados en las áreas urbanas y rurales de las provincias de Imbabura y Carchi, así como en los cantones de Cayambe y Pedro Moncayo de la provincia de Pichincha y en el cantón Sucumbíos de la provincia del mismo nombre.

Mediante escritura pública otorgada en la ciudad de Ibarra, el 25 de noviembre de 1975, se constituyó la Sociedad Anónima, Civil y Mercantil “EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE, EMELNORTE”. Siendo esta una empresa líder en la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en la zona norte del país, que entrega servicios de calidad e impulsa el desarrollo industrial, comercial, social y turístico de la región.

2.1.1. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA EMELNORTE S.A.

La empresa eléctrica Emelnorte S.A. está constituida por nueve direcciones y veintidós departamentos, teniendo como principal función cumplir objetivos para promover el desarrollo y mejoramiento de la empresa de la zona norte del país, cabe recalcar que para la ejecución del presente trabajo de investigación se lo realizará en la dirección y departamento de generación.

2.2. ORGANIGRAMA DE LA DIRECCIÓN DE GENERACIÓN

La dirección de generación está constituida de la siguiente manera:

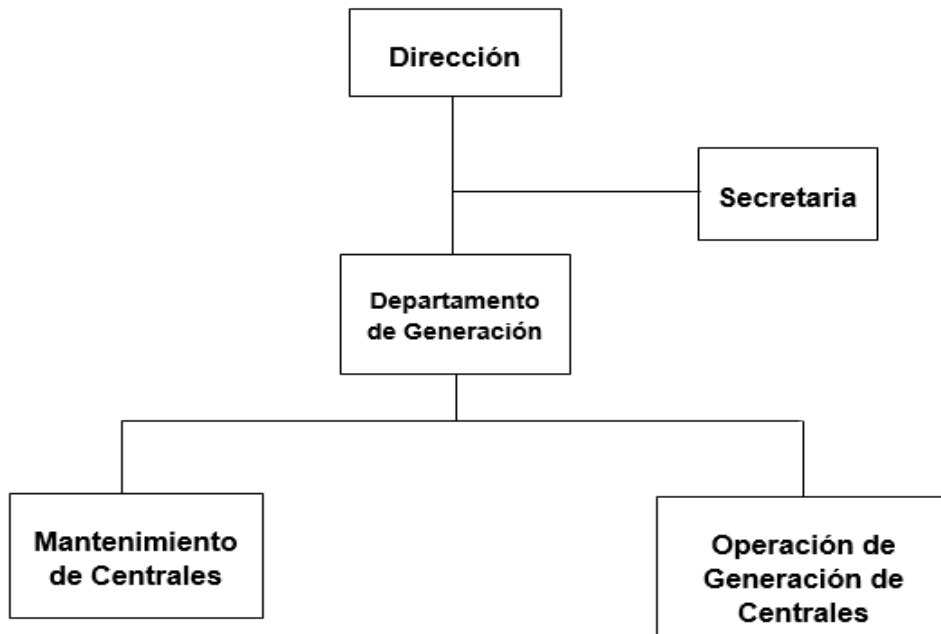


Figura 1 Organigrama estructural del área de dirección de generación

El profesional a cargo de la dirección de generación, tiene como función: planificar, ejecutar y evaluar actividades permanentes del personal que conforman dicha dirección y departamento.

Secretaria a cargo del departamento, una de sus funciones es: archivar, documentar y organizar la información permanente que se emite en la dirección y departamento.

El profesional a cargo del departamento de generación: tiene como función principal el mantenimiento de centrales programando, ejecutando y controlando el plan de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de los equipos electromecánicos y obras civiles, a fin de mantener en óptimas condiciones de funcionamiento las centrales de generación.

Los técnicos a cargo del mantenimiento de centrales, tienen como principal función: ejecutar los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos.

Los técnicos a cargo de la operación de centrales se encargan de: controlar y monitorear en tiempo real los grupos y equipos de generación.

2.2.1. GENERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “SAN MIGUEL DE CAR”

La empresa eléctrica Emelnorte S.A, posee generación propia de las cuales son cuatro centrales hidroeléctricas, el presente trabajo de investigación se lo realizará en una de ellas como es la central hidroeléctrica San Miguel de Car.

Esta central tiene una capacidad nominal de 3.690 KVA y una potencia nominal en turbina de 3010 KW. El equipamiento de esta central se encuentra conformado por una unidad hidrogeneradora, cuya turbina funciona con un caudal de 2.81 m³/s y una caída de 125 m. El nivel de tensión del generador es de 4.160 V y para efectos de transmisión, en la subestación de la central, se eleva la tensión a 34.500 V mediante un transformador de potencia 5.545 KVA de capacidad nominal.

2.3. INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

Podría definirse la Ingeniería del Mantenimiento (IM) como la disciplina o profesión que aplica los conocimientos, métodos o instrumentos de la ciencia al mantenimiento de estructuras, máquinas, aparatos, dispositivos o procesos (Garrido S. G., Volumen 6. Ingeniería del mantenimiento, 2009, pág. 5).

La ingeniería eléctrica es la aplicación de la tecnología eléctrica y electrónica a las necesidades cotidianas de la gente, y está relacionada con casi todos los aspectos de sus vidas y ocupaciones (Roadstrum & Wolaver, 1999).

La Ingeniería de Mantenimiento es importante porque se basa en los aspectos científicos, investigativos y técnicos, destinado a conservar máquinas, equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible.

La IM propone el uso de técnicas estadísticas, métodos de trabajo, análisis de comportamientos de equipos y materiales, que no pueden ser abordados por el técnico sumergido en el día a día de un departamento de mantenimiento. Así, la IM se ocupa entre otras de diferentes actividades:

- Elaboración de planes de mantenimiento
- Auditorías técnicas, que evalúan el estado de las instalaciones
- Auditorías de gestión, que evalúan la formación de gestionar el departamento de mantenimiento
- Análisis de fallos
- Implantación de modelos de gestión de mantenimiento, como RCM o TPM
- Implantación de sistemas de información

La ingeniería de mantenimiento se ayuda para cumplir con sus objetivos con la implementación de tecnologías de software dentro de los cuales podemos resaltar el programa SMProg el cual pasa a ser parte importante de la ingeniería en mantenimiento por ello es que en este trabajo de grado consideraremos su utilización.

Con las actividades antes expuestas cabe mencionar que la actualización de una base de datos para el software SMProg, forma parte importante de la ingeniería en mantenimiento, es por eso que en dicha base de datos se desarrollará las características y descripciones de cada uno de los elementos, como también las

frecuencias periódicas de mantenimiento que conforma una central hidroeléctrica en este caso la base de datos será desarrollada para la central San Miguel de Car.

La empresa eléctrica Emelnorte S.A. dentro de su estructura orgánica cuenta con un departamento de generación, este departamento adquirió el software de mantenimiento programado llamado SMProg, el cual pese a existir no cuenta con una base de datos que cumpla con su total funcionamiento como herramienta de apoyo.

El grupo de técnicos encargados de ejecutar el mantenimiento de las centrales hidroeléctricas requieren la actualización y puesta en marcha de dicho software, siendo uno de los objetivos de este trabajo de investigación.

2.3.1. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

Es muy normal prestar mucha importancia al mantenimiento de los equipos principales, y no preocuparse en la misma medida de todos los equipos adicionales o auxiliares. Desde luego es otro grave error, pues una simple bomba de refrigeración o un simple transmisor de presión pueden parar una planta y ocasionar un problema tan grave como un fallo en el equipo de producción más costoso que tenga la instalación (Garrido S. G., Volumen 6. Ingeniería del mantenimiento, 2009, pág. 7).

Con lo antes mencionado cabe recalcar que es importante en el mantenimiento estar pendiente del grupo de generación sin descuidar a los equipos auxiliares o secundarios como: sistema de refrigeración, sistemas de engranajes en compuertas entre otros; ya que en una falla de estos sistemas o equipos auxiliares podrían provocar una interrupción no deseada en el proceso de generación, con esto damos la importancia de un plan de mantenimiento no solo a los equipos más costosos sino a todos los que conforman la central hidroeléctrica San Miguel de Car.

Según Garrido un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los fallos posibles, y que ha sido diseñado para evitarlos.

Eso quiere decir que para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la planta (Garrido S. G., Volumen 6. Ingeniería del mantenimiento, 2009, pág. 7).

Es importante definir que un buen mantenimiento preventivo nos permitirá reducir y controlar posibles fallas que provoquen una parada innecesaria de generación no obstante esperar que ocurran daños para allí corregirlos.

2.4. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

El objetivo fundamental de mantenimiento no es pues reparar urgentemente las averías que surjan. El departamento de mantenimiento de una industria tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación (Garrido S. G., 2009, pág. 4).

Los objetivos mencionados anteriormente son fundamentales dentro de una empresa, por ende cada departamento realiza diferentes funciones por lo que se ha determinado objetivos medibles y alcanzables.



Figura 2 Objetivos del departamento de mantenimiento en una instalación industrial

En el departamento de generación de la empresa eléctrica Emelnorte S.A., existen profesionales encargados del mantenimiento, siendo una de sus principales funciones, ejecutar actividades programadas en su total confiabilidad y productividad de las centrales hidroeléctricas y equipos que las conforman.

2.5. TIPOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento se define como el conjunto de todas las acciones y procedimientos encaminados a mantener una instalación en un estado que permita que pueda realizar la función para la que fue diseñada (Santiago, 2013, pág. 126).

Aunque existen diversos tipos de mantenimiento, se van a destacar en el trabajo de investigación los siguientes:

- Mantenimiento rutinario
- Mantenimiento preventivo.

- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento correctivo.

2.5.1. MANTENIMIENTO RUTINARIO

Es el más elemental de los mantenimientos, como su nombre lo indica, es una actividad diaria con el objeto de mantener la limpieza, la lubricación y relevar las novedades observadas en los equipos, máquinas e instalaciones en servicio, como así también el cuidado y limpieza de los espacios comunes y no comunes de la planta. El personal que lo practica no requiere de mucha especialización técnica, pero informa novedades de todo tipo y también en cuanto a verificación de niveles de agua, aceite, ruidos y vibraciones (Calloni, Mantenimiento Eléctrico y Mecánico para pequeñas y medianas empresas, 2009, pág. 18)

Cabe recalcar que el mantenimiento rutinario de la central hidroeléctrica San Miguel de Car es primordial, ya que los operadores a cargo del funcionamiento de la central inspeccionan y verifican cada hora y de manera diaria los diferentes parámetros como son: voltajes, amperajes, frecuencias, temperaturas, presiones, niveles de aceite entre otras. Además de realizar la limpieza de todos los grupos de generación y limpieza general, es por eso la importancia de dicho mantenimiento rutinario.



Figura 3 Verificación diaria de parámetros eléctricos

2.5.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo consiste en elaborar un plan funcional de inspecciones para los distintos equipos de una planta industrial a través de una planificación, programación, ejecución y control (Calloni, Mantenimiento Preventivo, 2011, pág. 17).

El mantenimiento preventivo se realizara de manera sistemática y periódica, aunque no exista ninguna avería conocida, con el objetivo de reducir la posibilidad de que se produzcan, así como de minimizar el impacto de estas (Santiago, 2013, pág. 126).

Cabe mencionar que un buen mantenimiento preventivo sobre central hidroeléctrica San Miguel de Car conlleva a realizar inspecciones periódicas frecuentes de todos los equipos ya que su disponibilidad de generación y funcionamiento es constante sin tener mayores interferencias de generación.

2.5.2.1. FUNCIONALIDAD DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Calloni expresa las siguientes funcionalidades del preventivo:

- Es necesaria una planificación porque ella importa un análisis o estudio previo para cumplir un objetivo perfectamente determinado y definido, a través de lo cual se fijara cual es el camino óptimo a seguir en el plan de trabajo.
- Es necesaria una programación para determinar cómo, cuándo y por qué, con los materiales, mano de obra y demás posibilidades económicas, se concretara ese camino óptimo que se ha planificado y que se ejecutara con los elementos disponibles.

- Es necesario un control porque de muy poco servirá que se haya planificado, programado y puesto en marcha un plan de mantenimiento preventivo, si después no se realiza la suficiente y necesaria supervisión técnica para avalar los resultados del programa de trabajo trazado (Calloni, Mantenimiento Preventivo, 2011, pág. 17).

La finalidad del mantenimiento preventivo es, lograr que todas las máquinas y equipos de la central hidroeléctrica San Miguel de Car proporcionen su máximo rendimiento en las mejores condiciones de funcionamiento.

La parada de un grupo de generación representa pérdida de tiempo, de dinero, de mano de obra y materiales, elementos que poseen un suceso de enorme importancia en los costos de generación.

El responsable del mantenimiento preventivo debe cumplir la función de planificar, programar, controlar y proteger el capital invertido destinado a la generación de energía eléctrica.

2.5.2.2. MÉTODOS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Según Elola, Tejedor, & Lacabrera, los métodos más usuales que utiliza el mantenimiento preventivo para el conocimiento de los equipos los podemos resumir en:

➤ Inspecciones visuales

Consiste en verificar posibles defectos o anomalías superficiales que vayan apareciendo en diferentes elementos del equipo. La inspección puede ser interna o externa. Para la externa puede realizarse a simple vista o con ayuda de lupas. Para

la interna se utilizan aparatos como los boroscopios y flexiscopios, capaces de acceder a zonas difíciles del interior del equipo.

Es importante registrar y llevar a cabo este método de inspección visual ya que en la central hidroeléctrica San Miguel de Car hay operadores encargados de su funcionamiento el cual ayudarán con mayor comodidad el registro frecuente de este método evitando así una posible avería.



Figura 4 Inspecciones y verificaciones de temperaturas y niveles de aceite

➤ **Medición de temperaturas**

La temperatura no puede medirse directamente. La variación de temperatura puede ser determinada por la variación de otras propiedades físicas de los cuerpos volumen, presión, resistencia eléctrica, fuerza electromotriz, intensidad de radiación (M., pág. 6).

Puede detectar anomalías que van acompañadas de generación de calor como rozamientos o mala lubricación, fugas en válvulas y purgadores e incluso permite

determinar el estado de los equipos mediante termografías superficiales, mediciones con termómetros convencionales y laser.

✓ **Control de la lubricación**

Los lubricantes son materiales puestos en medio de partes en movimiento con el propósito de brindar enfriamiento (transferencia de calor), reducir la fricción, limpiar los componentes, sellar el espacio entre los componentes, aislar contaminantes y mejorar la eficiencia de operación (Luis).

El análisis de los aceites de las máquinas permite determinar el contenido de hierro o cualquier otro metal, el grado de descomposición, la posible presencia de humedad o cualquier otro compuesto que altere su funcionamiento. Con estos análisis podemos determinar los grados de desgaste de los elementos lubricados (Elola, Pastor Tejedor, & Mugaburu Lacabrera, 1997, pág. 33).

➤ **Medición de vibraciones**

Esta técnica del mantenimiento predictivo se basa en la detección de fallos en equipos rotativos principalmente, a través de los estudios de los niveles de vibración. El objetivo final es obtener la representación del espectro de las vibraciones de un equipo en funcionamiento para su posterior análisis (Garrido S. G., La contratación del mantenimiento industrial, 2010, pág. 77).

Es importante definir que las mediciones de vibraciones de la central hidroeléctrica San Miguel de Car, permitirán como mantenimiento preventivo llevar un control exhaustivo de los niveles de vibraciones determinando y analizando estos valores por un periodo de tiempo, con el objetivo de obtener una confiabilidad del funcionamiento de los equipos que conforman los grupos de generación.



Figura 5 Pruebas de vibraciones

2.5.2.3. VENTAJAS

El mantenimiento preventivo es una garantía de calidad y seguridad en el funcionamiento de la máquina, ya que la revisión periódica de la misma evita averías y desperfectos. Importante reducción de paradas imprevistas en equipos.

Solo es adecuado cuando, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.

2.5.2.4. DESVENTAJAS

Puede que no aproveche en su totalidad la vida útil de los elementos o máquinas, puesto que a veces los mismos se sustituyen estando en buen estado.

Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.

2.5.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

En el mantenimiento predictivo, se realiza un seguimiento continuo de ciertas variables que indican el estado de funcionamiento de las máquinas. Los resultados de este seguimiento se comparan con una serie de patrones conocidos y esta comparación mostrará el momento óptimo para realizar la consiguiente reparación (Pérez J. G., 2012, pág. 230).

Con lo antes mencionado se resume en que se inspecciona el equipo o máquina y se repara justo cuando va a comenzar a fallar, pero con la suficiente anticipación para evitar las paradas de generación de energía eléctrica o provocarlas en la menor medida posible; Este mantenimiento, se anticipa a la falla por medio de un seguimiento para predecir el comportamiento de una o más variables de una máquina o equipo, valiéndose de datos estadísticos.

2.5.3.1. PROCESOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Se basa, en un proceso de mediciones con la máquina funcionando, tratando de minimizar el tiempo de “equipo detenido” y poder detectar:

- La evolución de una falla y tomar la anticipación necesaria.
- Prolongar la factibilidad del funcionamiento, aún con la existencia de una falla, hasta permitir una inspección programada.

2.6.3.1.1. ACTIVIDADES EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Los puntos anteriores, conllevan, el cumplimiento de las siguientes pautas laborales:

➤ **Diferencia de presiones anormales**

Los presostatos que gobiernan contactores abriendo o cerrando circuitos de alimentación eléctrica a motocompresores, etc., controlan las adecuadas y preestablecidas presiones de trabajo de aspiración y descarga en procesos de refrigeración, calefacción, ventilación, aire acondicionado, etc. donde no sólo interesa el confort, sino mantener condiciones de humedad y temperatura preestablecidas para ambientes críticos de producción (computación, procesos productivos especiales, laboratorios de especialidades medicinales, etc.). Los valores anormales de presión diferencial, permiten detectar posibles fallas en la circulación de líquidos y/o fluidos varios por filtros, conductos, cañerías, etc, en donde las presiones diferenciales pueden tener su origen en fugas, filtraciones y/u obturaciones.

➤ **Verificación de espesores**

Con la ayuda de sondas de ultrasonido es posible predecir fallas al comprobar o verificar espesores de chapa de calderas (máquinas que trabajan a presión de vapor variable), donde las incrustaciones del agua de alimentación puedan haber causado abrasión u oxidación de la chapa, alterando su espesor hasta límites inseguros. La oxidación e incrustaciones, también pueden alterar el funcionamiento de válvulas y cañerías, afectando filtros, asientos de válvulas, etc.

➤ **Nivel de ruido**

El ruido puede ser controlado en su fuente, a lo largo de las trayectorias que recorre a través del aire o de las estructuras y en los oídos del receptor. La industria utiliza hoy técnicas que incluyen los tratamientos de ruido en la fuente y los de las

trayectorias de transmisión. El equipo protector personal, como las orejeras o tapones para los oídos suelen ser útil y eficaz para reducir la dosis de ruido diario del trabajador, aun cuando no es un sustituto para el control de ruido por medio de la ingeniería. A menudo existen métodos que no necesitan modificaciones de las maquinas o adiciones que frecuentemente se pasan por alto (Robledo, 2007, pág. 53).

El mantenimiento predictivo, detecta intuitivamente desniveles de intensidad sonora informados por el oído humano. El empleo del decibelímetro, informa los niveles aceptables de ruido para distintas actividades, determinando el nivel (amplitud) y altura (frecuencia) de las ondas sonoras. El registro del nivel de ruido ayuda a seguir la evolución del trabajo de un equipo a lo largo de las horas de su funcionamiento operativo. El ruido y las vibraciones son diríamos, efecto y causa de alguna falla que avisa sobre la necesidad de una inspección cuidadosa. El ruido lo medimos a distancia y la vibración mecánica por contacto.

➤ **Cámara de termografía**

Según Iglesias menciona que la termografía infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

Las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para « ver » en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto. (Iglesias, 2015, pág. 3.8.1)



Figura 6 Pruebas de análisis de termografía

2.5.3.2. VENTAJAS

La ventaja principal del mantenimiento predictivo son los buenos resultados que proporciona a la industria, ya que se maximiza la vida útil de las máquinas y sus elementos y, a su vez, se garantiza una máxima calidad y seguridad en el proceso productivo.

Por otro lado, otra ventaja es que, al analizar continuamente las variables de las máquinas, se puede descubrir no solo la avería sino la causa que lo provoca y, por lo tanto, no solo se pueden sustituir las piezas defectuosas, sino que es posible modificar las condiciones de funcionamiento de las máquinas para evitar el mayor desgaste de dichas piezas y, de este modo, evitar la avería. Ejecución sin interrupción el funcionamiento normal de equipos e instalaciones.

2.5.3.3. DESVENTAJAS

El principal inconveniente es que no es fácil implantarlo en las industrias. Esto es debido a que habrá que hacer una fuerte inversión inicial en equipos de medida y comprobación y en formar a los técnicos que lleven a cabo dichas medidas.

No es viable una motorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de vigilancia.

Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.

2.5.4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo (Garrido S. G., Volumen 4. Mantenimiento Correctivo, 2009, pág. 5)

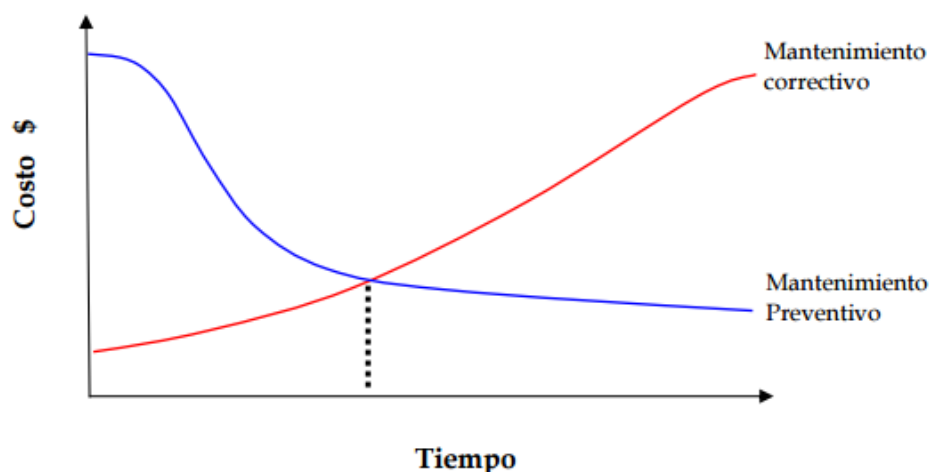


Figura 7 Curvas de costo del mantenimiento con relación al tiempo

Sobre lo mencionado, el mantenimiento correctivo de la central hidroeléctrica San Miguel de Car, obliga en gran medida la parada total o parcial del grupo de generación, reparando y corrigiendo fallas o averías cuando estas se presentan durante la generación de energía eléctrica de tal manera que se refleja en pérdidas económicas para la empresa eléctrica.

Las funciones y actividades del mantenimiento correctivo de la central hidroeléctrica San Miguel de Car e instalaciones las realiza el personal encargado de mantenimiento de centrales.

2.5.4.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En el mantenimiento correctivo se determina los siguientes tipos:

2.5.4.1.1. PROGRAMADO

El mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

2.5.4.1.2. NO PROGRAMADO

Por tanto, mientras el mantenimiento correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

Afecta a un indicador llamado 'Fiabilidad'. No incluye las paradas planificadas (en general, las que se pueden programar con más de 48 horas de antelación).

2.5.4.3. VENTAJAS.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos

2.5.4.4. DESVENTAJAS.

No obstante, algunas empresas olvidan que el mantenimiento correctivo también tiene importantes inconvenientes:

- La producción se vuelve impredecible y poco fiable. Las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento. Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en plantas con un alto valor añadido del producto final, en plantas que requieren una alta fiabilidad, las que tienen unos compromisos de producción con clientes sufriendo importantes penalizaciones en caso de incumplimiento o las que producen en campañas cortas (industria relacionada con la agricultura).
- Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes.
- La vida útil de los equipos se acorta

- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Por ello, la avería puede repetirse una y otra vez.
- Los seguros de maquinaria o de gran avería suelen excluir los riesgos derivados de la no realización del mantenimiento programado indicado por el fabricante del equipo.
- Las averías y los comportamientos anormales no sólo ponen en riesgo la producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente.

En la mayor parte de las empresas difícilmente las ventajas del mantenimiento correctivo puro superarán a sus inconvenientes. La mayor parte de las empresas que basan su mantenimiento en las tareas de tipo correctivo no han analizado en profundidad si esta es la manera más rentable y segura de abordar el mantenimiento, y actúan así por otras razones. (Garrido S. G., Volumen 4. Mantenimiento Correctivo, 2009, págs. 5,10)

2.6. SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

La seguridad y salud en el trabajo son dos premisas esenciales a la hora de desarrollar los trabajos, son el propio trabajo y la salud los que se encuentran entrelazados para poder desarrollarse hoy día en nuestras sociedades industrializadas (Padilla, 2012, pág. 7).

El trabajo de mantenimiento sirve para proteger los componentes individuales contra daños y para mantener las centrales hidroeléctricas en buenas condiciones de operación durante el mayor tiempo posible.

Todo el trabajo de mantenimiento o reparación del equipo eléctrico debe ser llevado a cabo únicamente por personal autorizado y debidamente capacitado. Cada vez que se realice un trabajo de mantenimiento o reparación, se deberá cumplir con un amplio chequeo por un técnico cualificado y competente antes de que el equipo sea puesto en servicio de nuevo.

2.6.1. NORMA BÁSICA DE SEGURIDAD

El Real Decreto 614/2001 constituye la normativa complementaria y específica enmarcada dentro de la ley de prevención de riesgos laborales (LPRL). En él se encuentran las obligaciones específicas para la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (Pérez & Zubiaurre, 2015, pág. 231).

Para evitar accidentes por movimientos inadvertidos o por descuido, la válvula mariposa, la válvula By-pass y la turbina debe estar mecánicamente bloqueada. Para llevar a cabo el proceso de mantenimiento se contará con los equipos de protección obligatorios adecuados.

2.6.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN OBLIGATORIOS EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Es obligatorio utilizar equipos de protección para todas las actividades de mantenimiento, en la siguiente imagen tenemos el equipo de protección con su respectivo significado.



Figura 8 Equipos de seguridad en el mantenimiento

2.7. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADOR

Una tendencia en el mundo de la gestión del mantenimiento asistido por computadora es la creciente sofisticación del mantenimiento basado en el estado del objeto a mantener. El uso del computador mejorará la labor del personal de mantenimiento, reducirá el tiempo muerto de los equipos, hará más exacta la información, identificará rápidamente las variaciones, apoyará la planeación, organización, ejecución y control; reducirá los costos y se podrán realizar análisis detallados y estadísticos.

Esto nos permite disponer de un historial de cada equipo, maquina o componente, tanto de características técnicas, como de averías, revisiones,

sustituciones, fechas de las últimas incidencias o averías, personal, horas y materiales utilizados en la solución de los problemas.

Al mismo tiempo, nos permitirá programar en función de los parámetros que decidimos, las revisiones preventivas y predictivos, generando los listados correspondientes para las tareas de los técnicos, según los plazos programados.

Las funciones principales de un software de mantenimiento son:

- La gestión de toda la información relacionada con el mantenimiento de forma que pueda ser accesible en cualquier momento.
- Permitir la planificación y control del mantenimiento, incluyendo las herramientas necesarias para realizar esta labor de forma sencilla.
- Suministro de información procesada y tabulada de forma que pueda emplearse en la evaluación de resultados y servir de base para la correcta toma de decisiones.

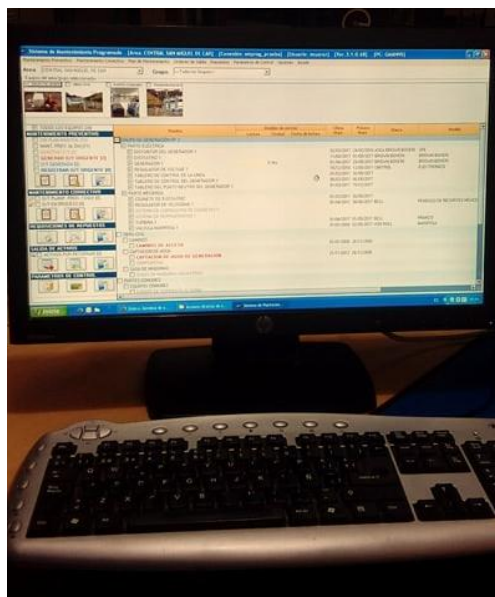


Figura 9 Programa de mantenimiento asistido por computador

2.8. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO SMPROG

La empresa eléctrica Emelnorte S.A, en el departamento de generación cuenta con la licencia de funcionamiento del programa SMProg (mantenimiento asistido por computador) versión V. 3.1.0.66C, el mismo que constituye una herramienta fundamental y está en la capacidad de administrar las tareas de mantenimiento del departamento en forma eficiente.

SMProg es una solución para el control de mantenimiento computarizado, ofrece las herramientas necesarias para producir las reparaciones de urgencia, controlar y planear el mantenimiento preventivo, controlar el mantenimiento correctivo.



Figura 10 Acceso de inicio al programa



Figura 11 Acceso de inicio al programa

El programa es ideal para todo tipo de empresa que está comprometida en obtener un nivel de rendimiento óptimo de sus activos. Puede generar órdenes de trabajo, históricos de mantenimiento de equipo, registro de inventarios, con los beneficios siguientes:

- Aumentar la calidad y capacidad productiva
- Cumplir con certificaciones de calidad
- Reducir reparaciones costosas imprevistas

Según lo señalado, la utilización como herramienta de apoyo asistido por un programa informático como es el software SMprog, permitirá al personal de mantenimiento del área de generación controlar y planificar el mantenimiento preventivo de tal manera que se controlará el mantenimiento correctivo de la central hidroeléctrica San Miguel de Car, ya que este sistema de mantenimiento programado SMProg, previo a su actualización e implementación de toda la información necesaria y configuración de este software, generará ordenes de trabajo con frecuencias establecidas para todos los equipos y máquinas de la central hidroeléctrica y cumplir con los objetivos establecidos.

2.8.1. OBJETIVOS DE SMPROG

Desarrollar un plan integral para control del mantenimiento de equipos con la finalidad de:

- Organizar los activos de la empresa sujetos a mantenimiento.
- Sistematizar el mantenimiento preventivo/correctivo.
- Planificar tareas de mantenimiento.
- Reducir costos y paralizaciones imprevistas derivados de no realizar tareas de mantenimiento a tiempo.

Ante los objetivos expuestos se podría denominar como parte principal para el funcionamiento completo del software SMprog, la actualización e implementación de una base de datos, esta base de datos estará organizada jerárquicamente en niveles agrupándose de mayor a menor, los niveles que utiliza este software SMProg son: área, grupo, subgrupo, equipos, componentes, que permitirá definir y caracterizar todos los elementos que conforman la central hidroeléctrica sistematizando el tipo de mantenimiento y planificando las tareas de mantenimiento.

2.8.2. FUNCIONES DE SMPROG.

Módulo de mantenimiento:

- Se basa en el método RCM (releability centered maintenance).
- Desarrollado para facilitar la certificación de las normas ISO-9002, relativas a mantenimiento.
- Permite el control sistematizado del mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

Módulo de seguridad:

- Permite controlar el acceso a las funciones y procedimientos del sistema con la asignación de permisos por usuarios del mismo.
- Mantiene un registro de todas las actividades realizadas por los usuarios dentro del sistema.
- Mantiene un registro de los posibles errores del sistema el mismo que facilita la corrección y actualización del software.

Otras funciones de SMProg

Fichas técnicas: una amplia base de datos está disponible para crear archivos históricos con las especificaciones técnicas de equipos, incluyendo fotos, gráficos, planos y cualquier tipo de archivo convertible a plataforma electrónica.

Solicitud de trabajos a distancia: SMProg puede ser utilizado por todos los funcionarios de las instituciones conectados de manera remota a un servidor.

Planificar pedido de materiales: para asegurar su disponibilidad a tiempo cuanto se requiera realizar el mantenimiento preventivo.

Transferencia de bienes: permite controlar el movimiento de activos desde y hacia diferentes puntos del país. (S.A., s.f.)

2.9. GENERALIDADES DEL USO DE BASE DE DATOS

Un sistema gestor de bases de datos (SGBD) consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos. La colección de datos, normalmente denominada base de datos, contiene información relevante para una empresa (Silverschatz, Korth, & Sudarshan, 2002, pág. 1).

Con lo antes expuesto, una base de datos permite recolectar gran cantidad de información y a la vez organizarla, de acorde al sistema de mantenimiento programado SMprog.

2.9.1. OBJETIVO DE UNA BASE DE DATOS

El objetivo principal de un SGBD es proporcionar una forma de almacenar y recuperar la información de una base de datos de manera que sea tanto práctica como eficiente (Silverschatz, Korth, & Sudarshan, 2002, pág. 1).

El sistema de Mantenimiento programado (SMProg), para su total funcionamiento como parte esencial necesita una base de datos que contenga específica y detallada de cada uno de los equipos que conforma la central hidroeléctrica San Miguel de Car.

Este software permitirá actualizar e implementar información organizada de forma jerárquica con el objetivo de proporcionar un mantenimiento basado en la confiabilidad y productividad de generación.

2.10. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO (SMPROG)

La organización de información para el funcionamiento del SMProg estará organizada de la siguiente manera:

- Áreas
- Grupo
- Subgrupo
- Equipos
- Componentes
- Subcomponentes

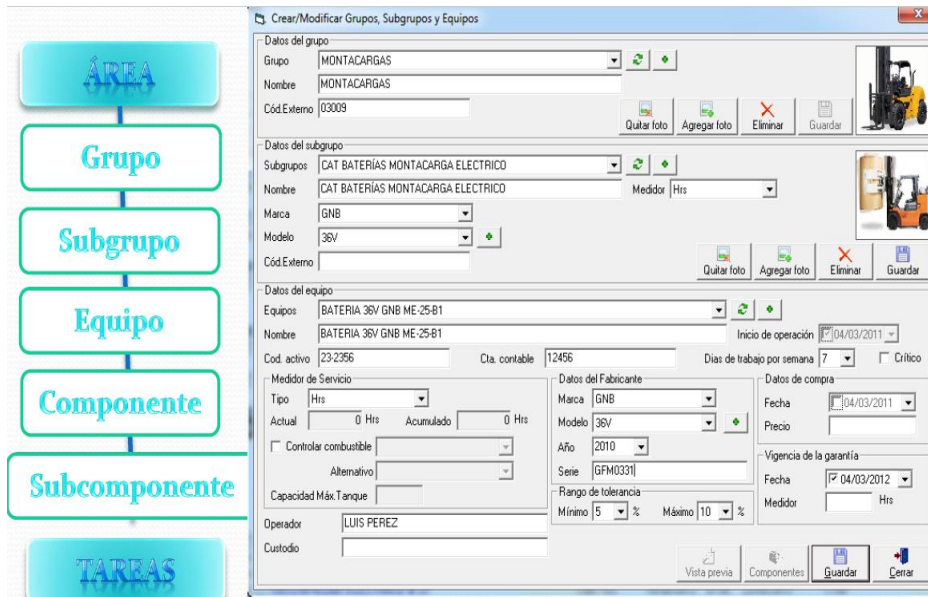


Figura 12 Organización de la información para el programa

2.10.1. DESCRIPCIÓN DE LA PANTALLA INICIAL

Esta ventana es la que por omisión aparece y muestra toda la planta según haya sido dividida previamente en áreas, grupos, subgrupos, y por cada subgrupo los distintos equipos asociados entre sí.

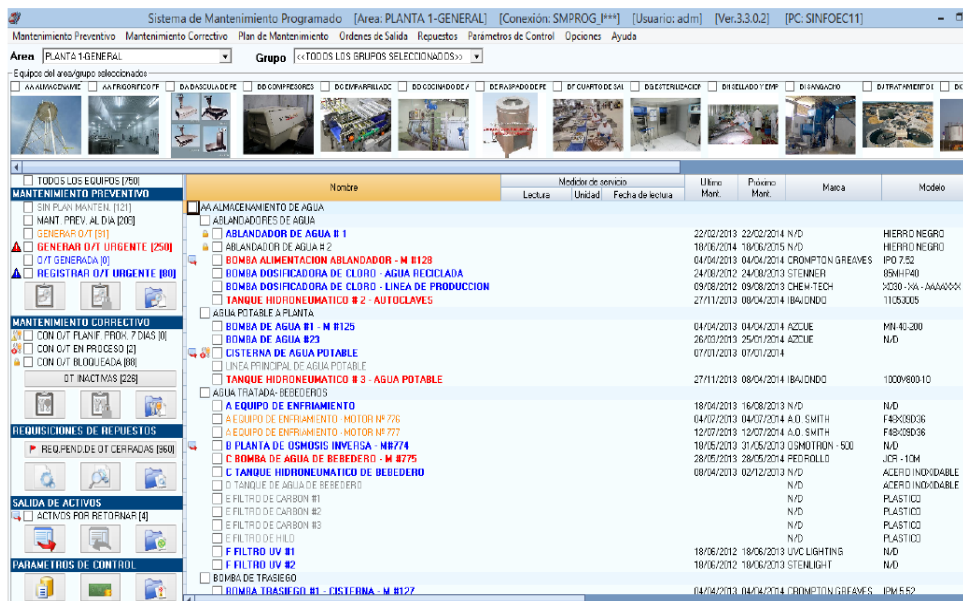


Figura 13 Pantalla inicial del programa

En esta ventana observamos en la parte superior las opciones de Menú, un panel superior con las fotos de los grupos o sub grupos de los equipos que están en el área seleccionada, un panel izquierdo con los accesos directos de las opciones más utilizadas en SMProg, y el panel derecho con los equipos del área o grupo seleccionado.

2.10.2. SELECCIÓN DE GRUPOS Y SUBGRUPOS

Se puede navegar por los distintos tipos y modelos de los equipos ingresados en la base de datos; con el ratón puede seleccionar entre las fotos o imágenes que aparecen en la parte superior de la ventana y haciendo “clic” sobre la imagen seleccionada el programa mostrará los equipos pertenecientes a ese grupo (esta opción es ideal cuando la cantidad de equipos es tal que no se logra apreciar toda la planta) o si se ha configurado el SMProg para visualizar las fotos de los subgrupos, se seleccionaran los mismos.



Figura 14 Nombres e imágenes de los grupos

2.10.3. ALARMAS VISUALES

En el panel izquierdo se muestran alarmas visuales que nos ayudan a identificar los equipos con órdenes por registrar u órdenes pendientes de generar. Estas alarmas son presentadas en función del Rango de Tolerancia.

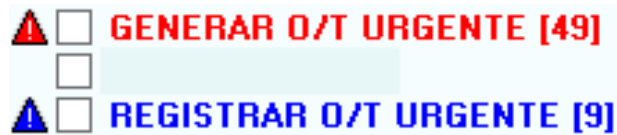


Figura 15 Colores de alarmas

SMProg presenta dos alarmas:

Alarma roja visual de órdenes de trabajo preventivas pendientes.-cuando existen órdenes de trabajo preventivas pendientes que vencieron en su rango de tolerancia máximo de mantenimiento, usted observará en la parte lateral izquierda de la pantalla cuantas órdenes necesitan **generar o/t urgente** entre paréntesis.

Alarma azul visual de órdenes de trabajo atrasadas.-esta alarma se prende cuando se han emitido las órdenes de trabajo y ha transcurrido quince días sin que se reporte el trabajo realizado en el equipo.

2.10.4. EQUIPOS RESALTADOS

SMProg utiliza un código de colores para indicar el estado del mantenimiento preventivo de los equipos. La codificación es la siguiente:

COLOR	DESCRIPCIÓN
Color gris	Equipos sin plan de mantenimiento.
Color negro	Equipos con plan de mantenimiento al día.
Color Naranja	Equipos que entraron en el <u>RANGO DE CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO</u> . Se debe emitir la orden de trabajo preventiva para que se listen las actividades de mantenimiento preventivo a realizar.
Color Rojo Resaltado	Equipos cuyo <u>RANGO DE CUMPLIMIENTO</u> se ha excedido. Se debe emitir la orden de trabajo preventiva con carácter urgente. Puede ocurrir también con equipos cuyo mantenimiento se realizó de manera parcial, en cuyo caso el sistema mostrará todas las actividades de mantenimiento que les tocan hacerse especificando las que están como urgente y las que están normales.
Color Azul	Equipos que tienen generada orden de trabajo
Color Azul Resaltado	Equipos cuyas órdenes de trabajo ya se han generado y que no se han registrado como realizadas en un periodo de dos semanas o fueron emitidas cuando el equipo estaba en color rojo resaltado

Figura 16 Descripción de los diferentes colores del programa

2.10.5. CUADROS DE VERIFICACIÓN

Otro facilitador importante en todo el programa son los cuadros de verificación, ellos permiten la selección de elementos al hacer doble clic, por ejemplo al dar doble clic en el recuadro **azul o rojo** se seleccionan todos los equipos que aparecen de color azul o rojo respectivamente.



Figura 17 Panel de verificación

2.10.6. PANEL DE INFORMACIÓN Y ACCESOS DIRECTOS




Está ubicado en la parte izquierda de la pantalla principal del SMProg, muestra datos sobre el estado del mantenimiento del área seleccionada o la planta al mismo tiempo que tiene iconos de Accesos Directos que nos ayuda con las tareas más comunes a realizarse. En la parte superior nos muestra el total de equipos que están ingresados en el área seleccionada.

Esta barra de información se divide en secciones de:

1. Mantenimiento Preventivo
2. Mantenimiento Correctivo
3. Solicitudes De O/T
4. Requisiciones De Repuestos
5. Salida De Activos Y
6. Varios

MANTENIMIENTO PREVENTIVO




- SIN PLAN MANTEN. [73]
- MANT. PREV. AL DIA [29]
- GENERAR O/T [11]
- GENERAR O/T URGENTE [28]**
- O/T GENERADA [0]
- REGISTRAR O/T URGENTE [125]**

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- CON O/T PLANIF. PROX. 7 DIAS [0]
- CON O/T EN PROCESO [10]
- CON O/T BLOQUEADA [0]

OT INACTIVAS [4]




  

SOLICITUDES DE O/T

S.O.T SIN ASIGNAR [0]




S.O.T PARA APROBACION [3]

REQUISICIONES DE REPUESTOS

SALIDA DE ACTIVOS

- ACTIVOS POR RETORNAR [0]

PARAMETROS DE CONTROL




  

Figura 18 Accesos directos del programa

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Los tipos de investigación a realizarse en el proyecto son:

Documental.- Se basa en la utilización de diferentes tipos de fuentes como: libros, documentos, revistas, Internet, manuales, archivos, los cuales serán de apoyo para la elaboración y desarrollo del proyecto de investigación.

Tecnológico.- La utilización del programa SMPROG siendo una herramienta de apoyo tecnológico en el campo profesional de mantenimiento que permitirá la ejecución del presente trabajo de investigación.

3.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Los métodos y técnicas de investigación a utilizarse para la realización de este trabajo de grado son teóricos y empíricos mencionados a continuación.

3.2.1. INDUCTIVO – DEDUCTIVO

Este método permite partir de conceptos generales ya conocidos, para inferir en las consecuencias particulares expresadas de una manera clara y concisa, mismo que se utilizará para la investigación conceptual y la elaboración del marco teórico.

3.2.2. ANALÍTICO – SINTÉTICO

Nos ayuda a sintetizar la información adquirida de textos, para una mejor conceptualización, este método se lo emplea para la elaboración del marco teórico donde es necesario que se consulten varios documentos para ser analizados y sacar la idea central de cada concepto referido al tema.

3.2.2. EMPÍRICOS:

Dentro de lo empíricos se emplea el método del diseño tecnológico el cual permite la determinación de las características del sistema de mantenimiento programado SMProg y sus elementos.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.-

Serán de gran utilidad para esta investigación, el empleo y elaboración de tablas descriptivas que permitan recolectar y ordenar la información obtenida de los diferentes equipos de la central hidroeléctrica, para facilitar la comprensión e información para una base de datos y la puesta en marcha del programa SMProg.

Se utilizará instrumentos de medición tales como: cámara termográficas, voltímetros, amperímetros, analizador de redes entre otros.

CAPITULO IV

4. PROPUESTA

4.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA

PONER EN MARCHA UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO BASADO EN LA ACTUALIZACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE SMPROG, PARA LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN MIGUEL DE CAR DE LA EMPRESA ELÉCTRICA EMELNORTE S.A.

4.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En el área de generación los directivos encargados han planteado el mantenimiento piloto en esta área, donde los equipos se ven afectados por los paros imprevistos y los tiempos de reparación de la central hidroeléctrica San Miguel de Car, lo que se ha reflejado en pérdidas económicas, las mismas que hacen que los objetivos de esta área no se cumplan en su totalidad.

Un correcto procedimiento de mantenimiento que permita una inspección periódica y actividades específicas con órdenes de trabajo de todos los equipos, evitará que varias personas inspeccionan las variaciones a su propio criterio, lo que conlleva a que la actividad de mantenimiento no se realice adecuadamente, afectando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

El presente estudio permitirá realizar una óptima planificación y programación del mantenimiento con parámetros y actividades adecuadas, con frecuencias

establecidas para cada uno de los equipos de la central hidroeléctrica San Miguel de Car, que permitirá la ejecución de las tareas pertinentes con mayor facilidad y precisión obteniendo una gran confiabilidad en el funcionamiento de todos los equipos de la central, lo que significará ahorro económico y junto con ello evitar pérdidas productivas perjudiciales para la empresa y para el país.

4.3. FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

El diseño de una base de datos, basada en una investigación técnica, documental de campo y experiencias del profesional encargado del departamento de mantenimiento de centrales ayudará a generar información de todo los equipos de la central hidroeléctrica San Miguel de Car, que permitirá poner en marcha la actualización del software sistema de mantenimiento programado SMProg de tal manera este programa emitirá órdenes de trabajos con actividades de mantenimientos preventivos en frecuencias de tiempo establecidas para cada uno de los equipos de la central hidroeléctrica San Miguel de Car, dicho programa como herramienta de apoyo evitará posibles fallas que conllevan a paradas innecesarias de generación de energía eléctrica que se reflejan en pérdidas económicas para la empresa. Mejorando el control de mantenimiento preventivo y ejecutando las actividades ya establecidas por el grupo de mantenimiento de centrales.

4.4 OBJETIVOS

4.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una base de datos, frecuencias de tiempo y actividades de mantenimientos preventivos de la central hidroeléctrica San Miguel de Car.

4.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una descripción y caracterización técnica de los equipos de la central hidroeléctrica San Miguel de Car.
- Determinar la frecuencia de mantenimientos preventivos para los equipos de la central hidroeléctrica San Miguel de Car.
- Configurar del software SMProg que facilite el manejo e implementación de la base de datos.
- Poner en marcha el software de mantenimiento SMprog.

4.5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El desarrollo de la propuesta es realizada y ejecutada en base a los objetivos planteados en el capítulo uno.

4.5.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “SAN MIGUEL DE CAR”

La descripción y caracterización de la central hidroeléctrica está desarrollada para todos los equipos que conforma dicha central, información técnica importante para la puesta en marcha del software SMProg.

4.5.2. DATOS GENERALES DE LA CENTRAL

Esta central tiene una capacidad nominal de 3.690 KVA y una potencia nominal en turbina de 3010 KW. El equipamiento de esta central se encuentra conformado por una unidad hidroeléctrica, cuya turbina funciona con un caudal de 2.81 m³/s y una caída de 125 m. El nivel de tensión del generador es de 4.160 V y

para efectos de transmisión, en la subestación de la central, se eleva la tensión a 34.500 V mediante un transformador de potencia 5.545 KVA de capacidad nominal.

La energía producida por la central es evacuada a través de una línea de transmisión trifásica de 34.5 KV, de aproximadamente 12 Km de longitud, que se dirige hacia la subestación El Rosal ubicada en la ciudad de Tulcán.



Figura 19 Vista principal de la central hidroeléctrica San Miguel de Car

4.5.3. PARTE MECÁNICA

El sistema mecánico básicamente está constituido por: turbinas, reguladores de velocidad, unidades de potencia hidráulica, válvulas de turbina, cuyas características generales se dan a continuación:

4.5.3.1. TURBINA

La turbina existente, es del tipo Francis de eje horizontal, de fabricación Suiza marca BELL, año 1982, de potencia 3010 KW, que funciona con un caudal de 2.81m³/seg, una altura de caída de 125 metros, velocidad de 720 R.P.M y año de fabricación 1.982, entre las características sobresalientes.

Tabla 2

Descripción y características de la turbina

Turbina	
Marca:	BELL
Procedencia:	Suiza
Número:	2086
Tipo:	FRANCIS
Velocidad:	720 rpm
Velocidad de embalamiento	1200 rpm
Caída:	125 m
Caudal:	2,81 m ³ /s
Potencia:	3010 KW
Altura instalación:	2.993 msnm
Año fabricación:	1.982
Fecha instalación	1.986



Figura 20 Turbina Francis

4.5.3.2. REGULADOR DE VELOCIDAD

La turbina de la central dispone de un regulador de velocidad del tipo hidromecánico, de la marca Suiza BELL, año de fabricación 1982, tipo A500, de capacidad 5000 Nm, entre las características más relevantes.

Fundamentalmente, el regulador de velocidad, dispone de dos partes principales: el mecanismo del motor de péndulo y la bomba de aceite. El péndulo que controla la velocidad de la turbina.

Tabla 3

Descripción y características del regulador de velocidad

Regulador de velocidad	
Marca:	BELL
Procedencia:	Suiza
Serie:	1200
Tipo:	A500
Capacidad:	5000 Nm
Presión:	16 bar
Tiempo cierre mín:	1 seg.
Tiempo apertura:	15 seg.
Velocidad entrada:	1200 rpm
Año fabricación:	1.982
Fecha instalación	1.986



Figura 21 Regulador de velocidad

4.5.3.3. VALVULA DE GUARDIA

La turbina dispone de una válvula de entrada de agua, es tipo mariposa, de aproximadamente 1100 mm de diámetro, marca VON ROLL, de accionamiento hidráulico manual y automático con contrapeso para el cierre, para una presión estática de 12.5 bar y caudal de servicio de 3 m³/seg.

La válvula de entrada de agua a la turbina, para su accionamiento de apertura y cierre, dispone principalmente de una unidad hidráulica de control.

Tabla 4

Descripción y características de la válvula de entrada

Válvula de entrada	
<i>Marca:</i>	VON ROLL
<i>Procedencia:</i>	Suiza
<i>Caudal:</i>	3 m ³ /s
<i>Tipo:</i>	mariposa
<i>Presión:</i>	26,5 bar
<i>Ancho:</i>	700 mm
<i>Longitud:</i>	500 mm
<i>Tiempo apertura:</i>	30 seg.
<i>Tiempo cierre:</i>	20 - 45 seg.
<i>Año fabricación:</i>	1.982
<i>Fecha instalación</i>	1.986



Figura 22 Válvula mariposa

Tabla 5

Descripción y características de la unidad de potencia hidráulica.

Unidad de potencia hidráulica	
<i>Marca:</i>	Oelhydraulik
<i>Procedencia:</i>	Suiza
<i>Caudal:</i>	13 lt/s
<i>Tipo:</i>	SA234-31A
<i>Número</i>	28063
<i>Presión:</i>	85 bar
<i>Potencia bomba:</i>	2,2 KW
<i>Voltaje motor:</i>	2 x 220 VAC
<i>Frecuencia:</i>	60 Hz
<i>Año fabricación:</i>	1.982
<i>Fecha instalación</i>	1.986



Figura 23 Unidad de potencia hidráulica

4.5.4. PARTE ELÉCTRICA

El sistema eléctrico básicamente se compone de: generador, excitatriz, tableros de control, equipos de la subestación, sistema de corriente continua, sistema de monitoreo y control de caudales de aceite y temperaturas de cojinetes, cuyas características técnicas son las siguientes:

4.5.4.1. GENERADOR

El generador de la central San Miguel de Car, es una máquina sincrónica trifásica, construido con eje horizontal y con brida para acoplamiento rígido con la turbina Francis, cuyas características sobresalientes son las siguientes: Potencia nominal de 3690 KVA, voltaje de generación $4160\text{ V} \pm 208\text{ V}$, factor de potencia 0.8, velocidad 720 RPM, frecuencia de 60 Hz, voltaje-corriente de campo 84 VDC-330 ADC, marca BROWN BOVERI de procedencia Suiza y año de fabricación aproximadamente 1982.

El generador dispone de un rotor del tipo de polos salientes. El número de polos del rotor es de 10, por lo que el tamaño físico del generador es relativamente grande.

Tabla 6
Descripción y características del generador.

Generador	
Marca:	Brown Boveri
Procedencia:	Suiza
Tipo:	WA111-74-10
Número:	HT250034
Nº fases	3
Conexión:	Y
Potencia:	3690 KVA
Voltaje:	4160 V
Corriente:	530 A
Factor de potencia:	0.8
Frecuencia:	60
Velocidad:	720 rpm
Datos campo CC	84 V - 330 A
Tipo de aislamiento:	Clase F
Nº polos del rotor	10
Fecha fabricación:	1981
Fecha instalación	1986



Figura 24 Generador

4.5.4.2. EXCITATRIZ

La alimentación de corriente continua al campo del generador, se la obtiene de una máquina excitatriz sin escobillas, que es una máquina trifásica de corriente alterna con diodos rotativos que alimentan directamente el campo polar. Este conjunto se encuentra montado fuera del generador y acoplado al eje general, en el lado opuesto al acople turbina-generador.

Esta máquina excitatriz sin escobillas, es de marca BROWN BOVERI, de 35.5 KW de potencia, voltaje alterno de 75V, corriente alterna de 374 A, parámetros del campo 81 VDC-13.8 ADC, velocidad de 720 RPM, año de fabricación 1981 entre las características sobresalientes.

Tabla 7
Descripción y características de la excitatriz.

Excitatriz	
Marca:	Brown Boveri
Procedencia:	Suiza
Tipo:	WFSb5610 A D1
Número:	HM 265 141
Potencia:	35.5 KW
Voltaje:	95 V
Corriente:	374 A
Datos campo CC	81 V - 13,8 A
Velocidad:	720 rpm
Tipo de aislamiento:	F
Frecuencia:	60 Hz
Nº polos del rotor	10
Grado protección:	IP20
Fecha fabricación:	1981
Fecha instalación	1986



Figura 25 Excitatriz

4.5.4.3. DISYUNTOR DEL GENERADOR

La unidad de generación dispone de un disyuntor de carga del tipo corredizo, en vacío, de la marca Suiza BROWN BOVERI, trifásico, corriente nominal de 800 A, voltaje nominal de 12 KV, capacidad de cortocircuito 250 MVA, 60Hz, que trabaja con dos bobinas de disparo, una de cierre y otra para la operación de apertura del disyuntor, que operan con corriente continua y voltaje de 110 VDC.

Tabla 8

Descripción y características del disyuntor principal del generador.

Disyuntor principal del generador		
Marca:	ABB (ASEA BROWN BOVERI)	
Tipo:	VD 12.06.31 C	
N° de pedido:	305537	
N° HA:	4001	
Fecha:	18.10.2004	
Corriente nominal:	630 A	
Corriente de cortocircuito:	31,5 KA	
Tensión Nominal:	12 KV	
Tensión de ensayo de choque :	1,2/50 uS	75 KV
Simétrica:	a 4,16 KV, 31.5 KA	
Asimétrica:	a 4,16 KV, 34.2 KA	
Ciclo nominal:	0 -3´- CO - 3´- CO	
Medio de extinción:	Vacío	
Frecuencia:	60 Hz	
Fases:	3	
Potencia:	2.25 MVA	
Motor:	120 VDC/AC, +10% - 15%,	



Figura 26 Disyuntor principal del generador

4.5.4.4. REGULADOR DE VOLTAJE

El control del voltaje de salida del generador, se lo realiza utilizando un regulador automático de voltaje, de estado sólido, que originalmente vino con estos equipos y que se encuentra instalado en la parte frontal del tablero de control del generador.

El regulador de voltaje electrónico fue suministrado por Brown Boveri, es del tipo UNITROL 3212 E, voltaje de entrada 110 VAC, frecuencia de 60 Hz.

Tabla 9

Descripción y características del regulador de voltaje.

Regulador voltaje	
Marca:	Brown Boveri
Serie:	
Tipo:	UNITROL 3212 E
Voltaje de entrada:	110 VAC
Corriente:	
Frecuencia:	60 Hz
Fecha fabricación:	1981
Fecha instalación	1986



Figura 27 Regulador de voltaje

4.5.4.5. TABLEROS DE CONTROL

El Tablero de control principal, es de tipo modular, tiene dos módulos claramente identificados: un módulo para control del generador y el otro para el control del transformador de elevación de la subestación. Adicionalmente, existe adosado a un extremo del módulo de control del transformador una ménsula de sincronización.



Figura 28 Tableros de control del generador y de línea principal

4.5.5. EQUIPOS PRINCIPALES DE LA SUBESTACIÓN

La central San Miguel de Car, dispone del equipamiento de una subestación de elevación 4.16/34.5 KV, dispuesta sobre un área cubierta en su perímetro de malla metálica, de aproximadamente 19 x 11 m de área, adyacente a la casa de máquinas de la central. Entre los equipos importantes que conforman la subestación podemos citar los siguientes:

4.5.5.1. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Transformador trifásico de potencia, para elevar la tensión de la central, de 5545 KVA de capacidad, marca BBC SECHERON, año de fabricación 1981, conexión YNd11, relación de voltaje 34500/4160 V., 60 Hz.

Tabla 10*Descripción y características del transformador de potencia.*

Transformador de potencia	
Marca:	BBC SECHERON
Procedencia:	Suiza
Serie:	HST16139-1-1
Tipo:	S6300K
Nº fases	3
Conexión:	YNd1
Potencia:	5545 KVA
Voltaje:	34.5/4.16 KV
Corriente:	92.8/770 A
Frecuencia:	60 Hz
Taps:	de + - 2 x 2.5 %
Impedancia:	7.15 %
Norma fab.	IEC
Tipo enfriamiento	autorefrigerado
Medio aislante:	aceite
Peso Total:	5800 Kg
Peso aceite:	2590 Kg
Peso núcleo:	5370 Kg
Fecha fabricación:	1981
Fecha instalación	1986



Figura 29 Transformador de potencia de la subestación

4.5.5.2. SECCIONAMIENTOS

Seccionador barra, trifásico, con cuchilla de puesta a tierra, de operación manual y 400 A de capacidad en el lado de 34.5 KV.



Figura 30 Seccionamiento de apertura y aterrado

4.5.5.3. DISYUNTOR

Interruptor trifásico en SF6, tipo pedestal, compuesto de 3 unidades unipolares, marca BBC, de 25 KA de capacidad de ruptura, 2000 A de corriente nominal, voltaje de 34.5 KV, BIL 45 KV, 60 Hz.

Tabla 11

Descripción y características del interruptor general.

Interruptor general	
Marca:	BBC
Procedencia:	Suiza
Tipo:	ELF72.5nc1b
Números:	1907317/8/9
Tipo:	Pedestal
Capacidad ruptura	25 KA
Corriente nominal	2000 A
Voltaje:	34.5 KV
Frecuencia:	60 Hz
Bil:	45 KV
Nº de unidades	3
Medio aislante:	SF6
Volumen SF6 a 20°C	86 dm3
Motor accionamiento:	110 VDC
Fecha fabricación:	1981
Fecha instalación	1986



Figura 31 Disyuntor de protección del transformador

4.5.6. EQUIPOS AUXILIARES Y OTROS

4.5.6.1. TRANSFORMADOR DE SERVICIO AUXILIARES DE LA CENTRAL

La central dispone de un transformador trifásico, del tipo convencional, marca BBC, de procedencia Suiza, de 63 KVA de capacidad, diagrama vectorial, Dyn5, voltaje de 4160/230-133 V, para alimentar los servicios auxiliares de la central como son: Motores del puente grúa, cargador de baterías, sistema de comunicación, iluminación, equipos conectados a toma corrientes, etc.

Tabla 12

Descripción y características del transformador de servicios auxiliares

Transformador de servicios auxiliares	
Marca:	BBC
Procedencia:	Suiza
Serie:	HST16139-2-1
Tipo:	S63K
Potencia:	63 KVA
Conexión:	Dyn5
Voltaje AT:	4160 V
Voltaje BT:	230/130 V
Corriente:	8,74/158 A
Factor de potencia:	0.8
Frecuencia:	60 Hz
Nº de fases:	3
Impedancia:	4.07 %
Taps:	2 x 2.5 %
Peso total :	750 Kg
Peso aceite:	190 Kg
Fecha fabricación	1981
fecha instalación	1986



Figura 32 Transformador de servicios auxiliares

4.5.6.2. SISTEMA DE CORRIENTE CONTINUA DE LA CENTRAL

Otro equipamiento considerado dentro de los equipos auxiliares de la central se refiere al sistema de corriente continua, que se halla conformado por un cargador de baterías, y un banco de baterías tipo plomo-ácido.

Tabla 13

Descripción y características del cargador de baterías.

Cargador de baterías	
Marca:	U y G
Procedencia	Colombia
Serie:	98316264
Modelo:	CB125305 220
Voltaje de entrada:	220 VAC
Corriente de entrada:	28 A
Frecuencia:	60 Hz
Voltaje salida:	125 VDC
Corriente salida:	30 ADC
Capacidad de cierre:	22.3 KA
Año de fabricación	1.998



Figura 33 Rectificador cargador de baterías

Tabla 14

Descripción y características del banco de baterías.

Banco de baterías	
Marca:	ANDINA
Procedencia:	Colombia
Modelo:	EHGS-7
Tipo:	Plomo-ácido
Nº Unidades:	60
Capacidad:	198.9 A-h, en 10 H
Voltaje:	120 VDC
Gravedad espec.	1.215 a 20°C
Voltaje min. Celda	1.75 Vfpc
Año de fabricación:	1.998



Figura 34 Banco de baterías

4.5.6.3. PUENTE GRÚA

El puente grúa consta de una doble viga, compuesta por perfiles y platinas metálicas, de luz $L= 12$ m. Su capacidad máxima es de 20 toneladas, de fabricación Suiza, marca DEMAG 85249050, de accionamiento automático por medio de motores eléctricos de corriente alterna, tanto para la operación del tecele en la operación del levantamiento de la carga, como para los desplazamientos laterales y longitudinales del puente grúa.



Figura 35 Puente grúa

4.5.7. OBRAS CIVILES:

4.5.7.1. RESERVORIO DE REGULACION DIARIA:

Aguas abajo del tanque de convergencia y separados por la compuerta de control, se ha construido una estructura de gran capacidad, que almacena aproximadamente 30.000 metros cúbicos de agua, reserva diaria que facilita una generación ininterrumpida de la central.

Adyacente a la margen izquierda del reservorio, se ha construido un canal by pass embaulado, de sección circular, diámetro interior de 1.50 metros, L=330 metros, destinado a transportar el caudal de diseño, directamente hacia el tanque de presión.

4.5.7.2. TANQUE DE PRESION:

En la abscisa 0+658.59 se inician las estructuras correspondientes al el tanque de presión, el cual está construido de hormigón armado y cuenta con un diseño geométrico particular, destacándose el vertedero de excesos localizado al costado izquierdo y con una longitud de 8.0 metros.

La cota superior del tanque se encuentra a 3.092,06 m.s.n.m., sus dimensiones son: L= 30 metros, Hmax. = 4.5 metros, B=4.0 metros. Las alturas de los muros laterales varían de 2.40 metros en la parte inicial, luego de la transición, a 5.0 metros en la parte del extremo final.

El tanque de presión cuenta con la rejilla metálica de L= 2.80 m., H= 2.80 m.



Figura 36 Vista del tanque de presión

4.5.7.3. TUBERIA DE PRESION:

La tubería metálica, de diámetro igual a 1.200 mm, se aloja en una estructura de hormigón que está constituida por 56 apoyos intermedios y 2 bloques de anclaje.

En todo su desarrollo se cuenta con una longitud de 394.75 metros en tres tramos de diferentes pendientes y expuesta a cielo abierto, hasta su ingreso a casa de máquinas por medio de un bifurcador.

La tubería nace en el bloque de anclaje superior 3.092.06 m.s.n.m. y se desarrolla hasta el nivel de casa de máquinas 2.967.03 m.s.n.m., lo que permite contar con una caída bruta de 125 metros.



Figura 37 Vista de la tubería de presión

4.5.7.4. CASA DE MAQUINAS:

La casa de máquinas tiene un área de construcción de 538.00 metros cuadrados, las dimensiones totales son: L= 23.60, B= 18.0, H=9.0 metros y consta de una sola sala destinada a alojar los equipos electromecánicos.

En la parte exterior sur de la casa de máquinas se ha montado la estructura de subestación, construida con bases de hormigón, piso lastrado y cerramiento de malla.

4.5.7.5. CANAL DE RESTITUCIÓN:

Las aguas turbinadas salen por intermedio de una transición de forma trapezoidal, directamente al canal de restitución de sección rectangular, construido de hormigón armado, cuyas dimensiones son las siguientes: L= 80.00 metros de largo, B= 2.0 m., H= 2.50 m., luego del cual se entrega las aguas turbinadas al río Bobo.

Dicha información técnica ya mencionada, de los equipos, descripción y características de la central hidroeléctrica San Miguel de Car, son de suma importancia para el diseño y actualización de una base de datos que posteriormente servirá de gran ayuda en la organización de información y puesta en marcha del programa SMProg, de igual manera llevar información técnica de todos los equipos en el programa SMProg, herramienta de apoyo profesional en el mantenimiento de centrales hidroeléctricas de la empresa eléctrica Emelnorte y departamento de generación.

4.6. BASE DE DATOS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “SAN MIGUEL DE CAR”

La información de la base de datos para el funcionamiento del software SMProg estará organizada de la siguiente manera:

- Áreas
- Grupo
- Subgrupo
- Equipos
- Componentes
- Subcomponentes

En donde el **área** se ha denominado como **CENTRAL SAN MIGUEL DE CAR.**

Dentro de esta área tenemos los siguientes grupos:

- **GRUPO DE GENERACIÓN N° 1**
- **TRANSMISIÓN DE ENERGÍA EN ALTA TENSIÓN**
- **PARTES COMUNES**
- **OBRAS CIVILES**

Dentro de cada uno de estos grupos mencionados anteriormente se clasifican en subgrupos, equipos, componentes y subcomponentes, a continuación se detallada toda la clasificación de quipos en las siguientes tablas divididas en grupos ya mencionados:

4.6.1. GRUPO: GRUPO DE GENERACIÓN N° 1

Tabla 15

Clasificación y organización de, subgrupos, equipos del grupo de generación N° 1.

GRUPO:	GRUPO DE GENERACION N° 1
SUBGRUPO:	PARTE ELÉCTRICA
EQUIPOS:	GENERADOR EXCITATRIZ DISYUNTOR DEL GENERADOR REGULADOR DE VOLTAJE TABLERO DE CONTROL DEL GENERADOR TABLERO DEL PUNTO NEUTRO DEL GENERADOR TABLERO DE CONTROL DE LA LINEA
SUBGRUPO:	PARTE MECÁNICA
EQUIPOS:	TURBINA REGULADOR DE VELOCIDAD VALVULA DE GUARDIA SISTEMA DE LUBRICACION DE COJINETES SISTEMA DE REFRIGERACION COJINETE DE EXCITATRIZ

4.6.1.1. SUBGRUPO: PARTE ELÉCTRICA DEL GRUPO: GRUPO DE GENERACIÓN N°1.

Tabla 16

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo generador.

EQUIPO:			
1	GENERADOR		
COMPONENTES DEL EQUIPO			
1.1	1.2	1.3	1.4
<i>Carcaza del generador</i>	<i>Estator del generador</i>	<i>Rotor del generador</i>	<i>Instrumento de medida</i>
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO			
<i>Tapa superior</i>	<i>Devanado</i>	<i>polos magnéticos</i>	<i>Rtds</i>
	<i>Bornes</i>	<i>Ventilador</i>	
	<i>Bobinados</i>		

Tabla 17

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo excitatriz.

EQUIPO:		
2	EXCITATRIZ	
COMPONENTES DEL EQUIPO		
2.1	2.2	2.3
<i>Carcaza de excitatriz</i>	<i>Estator de excitatriz</i>	<i>Rotor de excitatriz</i>
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO		
<i>Tapas laterales</i>	<i>Polos magnéticos</i>	<i>Devanados</i>
<i>Carcaza central</i>	<i>Bornes</i>	<i>Rectificador de corriente AC a DC</i>
<i>Filtro de aire</i>		<i>Sensor de sobre velocidad</i>

Tabla 18

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo disyuntor del generador.

EQUIPO:			
3 DISYUNTOR DEL GENERADOR			
COMPONENTES DEL EQUIPO			
3.1	3.2	3.3	3.4
<i>Topes</i>	<i>Borneras de contactos</i>	<i>Bobinas de accionamiento</i>	<i>Carcaza del disyuntor</i>
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO			
<i>Fijos</i>	<i>Borneras para bobinas, contactos auxiliares</i>	<i>Bobina de cierre</i>	<i>carcasa</i>
<i>Móviles</i>		<i>Bobina de apertura</i>	

Tabla 19

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo regulador de voltaje.

EQUIPO:			
4 REGULADOR DE VOLTAJE			
COMPONENTES DEL EQUIPO			
4.1	4.2	4.3	4.4
<i>Regulador</i>	<i>Reóstatos</i>	<i>Aparatos de medida</i>	
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO			
<i>Regulador electrónico</i>	<i>Reóstato</i>	<i>Amperímetro</i>	
	<i>Micro motor</i>	<i>Voltímetro</i>	

Tabla 20

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo tablero de control del generador.

EQUIPO:				
5 TABLERO DE CONTROL DEL GENERADOR				
COMPONENTES DEL EQUIPO				
5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
<i>Aparatos de maniobra</i>	<i>Aparatos de medida</i>	<i>Relés de protección</i>	<i>Tablero</i>	<i>Regletas</i>
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO				
<i>Conmutadores</i>	<i>Voltímetros</i>	<i>Panel de alarmas</i>	<i>Tablero</i>	<i>Regletas de interconexión</i>
<i>Interruptores</i>	<i>Amperímetros</i>	<i>Relé sobre corriente</i>		
<i>Pulsadores</i>	<i>Medidor de Energía</i>	<i>Relé baja/alta frecuencia</i>		
	<i>Cosfímetro</i>	<i>Relé potencia inversa</i>		
		<i>Relé Diferencial</i>		

Tabla 21

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo tablero del punto neutro del generador.

EQUIPO:		
6 TABLERO DEL PUNTO NEUTRO DEL GENERADOR		
COMPONENTES DEL EQUIPO		
6.1	6.2	6.3
<i>Transformador</i>	<i>Tablero</i>	
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO		
<i>Transformador</i>	<i>Tablero</i>	
<i>Terminales alta/baja tensión</i>		

Tabla 22

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo tablero de control de la línea.

EQUIPO:				
7 TABLERO DE CONTROL DE LA LÍNEA				
COMPONENTES DEL EQUIPO				
7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
Aparatos de maniobra	Aparatos de medida	Relés de protección	Tablero	Regletas
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO				
Conmutadores	Voltímetros	Panel de alarmas	Tablero	Regletas de interconexión
Interruptores	Amperímetros	Relé sobre corriente		
Pulsadores	Medidor de Energía	Relé Diferencial		
	Sincronoscopio			

4.6.1.2. SUBGRUPO: PARTE MECANICA DEL GRUPO: GRUPO DE GENERACIÓN N°1.

Tabla 23

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo turbina.

EQUIPO:					
8 TURBINA					
COMPONENTES DEL EQUIPO					
8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6
Carcaza de turbina	Rodete	Cojinete turbina	Alabes directrices	Anillo distribuidor	Barras de transmisión de movimiento
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO					
Caracol	Rodete	Carcaza	Alabes directrices	Anillo distribuidor	Barra del regulador al anillo
Tapa delantera	Eje	Chumaceras	bielas		
tapa trasera	Pernos de sujeción	Topes axiales			
laberinto		RTD's, Medidores de temperatura			
		Medidor de nivel de aceite			
		Sensor de flujo de aceite			
		Sensor de flujo de agua			

Tabla 24

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo regulador de velocidad.

EQUIPO:					
9 REGULADOR DE VELOCIDAD					
COMPONENTES DEL EQUIPO					
9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6
<i>Carcaza del regulador de velocidad</i>	<i>Péndulo</i>	<i>Bombas de aceite regulador vel.</i>	<i>Servomotor del regulador de vel.</i>	<i>Sistemas de control del regulador de velocidad</i>	<i>Válvula de distribución</i>
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO					
<i>Base inferior</i>	<i>Resortes helicoidales</i>	<i>Bomba de engranajes mecánica</i>	<i>Pistón</i>	<i>Mecanismo subir bajar carga</i>	<i>Válvula piloto</i>
<i>Medidor de nivel de aceite</i>	<i>Eje de mando</i>	<i>Bomba de arranque eléctrica</i>	<i>Cilindro</i>	<i>Limitador de carga</i>	<i>Válvula distribuidora</i>
<i>Manómetros</i>	<i>Polea plana</i>		<i>Eje roscado</i>	<i>Fines de carrea</i>	
<i>Tapa superior</i>	<i>Tacómetro</i>		<i>Volante</i>	<i>Válvula de sobrepresión</i>	
	<i>Resortes planos</i>		<i>Resortes helicoidales</i>	<i>Válvula de emergencia</i>	

Tabla 25

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo válvula de guardia.

EQUIPO:			
10 VALVULA DE GUARDIA			
COMPONENTES DEL EQUIPO			
10.1	10.2	10.3	10.4
<i>Válvula de guardia</i>	<i>Unidad de potencia hidráulica</i>	<i>Contrapeso</i>	
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO			
<i>Carcaza</i>	<i>Bomba de aceite</i>	<i>Pesas</i>	
<i>Mariposa</i>	<i>Sumidero de aceite</i>	<i>Brazo</i>	
<i>Pernos de sujeción</i>	<i>carcasa</i>		
<i>Servomotor</i>	<i>Válvulas de control</i>		
<i>Junta de montaje</i>			

Tabla 26

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo sistema de lubricación de cojinetes.

EQUIPO:			
11 SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE COJINETES			
COMPONENTES DEL EQUIPO			
11.1	11.2	11.3	11.4
<i>Bomba de aceite de lubricación</i>	<i>Tubos de conducción de aceite</i>	<i>Aparatos de medida y control del sistema</i>	<i>Bomba de pre lubricación</i>
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO			
<i>Carcaza</i>			<i>Carcaza</i>
<i>Engranajes</i>	<i>Tubos de conducción</i>	<i>Reóstatos</i>	<i>Engranajes</i>
<i>Polea plana</i>			
<i>Filtro de aceite</i>			

Tabla 27

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo sistema de refrigeración.

EQUIPO:				
12 SISTEMA DE REFRIGERACION				
COMPONENTES DEL EQUIPO				
12.1	12.2	12.3	12.4	12.5
<i>Intercambiador de calor del regulador</i>	<i>Intercambiador de calor del cojinete</i>	<i>Medidor de caudal de agua</i>	<i>Válvula de control del agua</i>	
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO				
<i>Carcasa</i>	<i>Carcasa</i>	<i>Carcasa</i>	<i>Válvula</i>	
<i>Intercambiador de calor</i>	<i>Intercambiador de calor</i>	<i>Medidor</i>	<i>Motor eléctrico</i>	
<i>Tapas</i>	<i>Tapas</i>			

Tabla 28

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo cojinete de excitatriz.

EQUIPO:		
13 COJINETE DE EXCITATRIZ		
COMPONENTES DEL EQUIPO		
13.1	13.2	13.3
<i>Carcasa</i>	<i>Aparatos de medida y control</i>	<i>chumaceras</i>
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO		
<i>Carcasa</i>	<i>RTD</i>	<i>Chumacera superior</i>
	<i>Medidor de nivel de aceite</i>	<i>Chumacera inferior</i>
	<i>Medidor de presión de agua</i>	

4.6.2. GRUPO: TRANSMISIÓN DE ENERGÍA EN ALTA TENSIÓN

Tabla 29

Clasificación y organización de, subgrupos, equipos del grupo de transmisión de energía en alta tensión.

GRUPO:	TRANSMISION DE ENERGIA EN ALTA TENSION
SUBGRUPO:	SUBESTACION DE ELEVACION
EQUIPOS:	TRANSFORMADOR DE POTENCIA
	SECCIONADOR DEL TRANSFORMADOR
	DISYUNTOR
	SECCIONADOR DE LÍNEA CON PUESTA A TIERRA
	BARRAS DE TRANSMISION

4.6.2.1. SUBGRUPO: SUBESTACIÓN DE ELEVACIÓN

Tabla 30

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo transformador de potencia.

EQUIPO:						
1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA						
COMPONENTES DEL EQUIPO						
1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
Devanados	Carcaza de transformador	Tanque de compensación	Aparatos de protección	Aparatos de medida	Bushings de alta	Bushings de baja
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO						
Devanado primario	Recipiente inferior	Tanque de compensación	Relé Buholdz	Termómetros	Bushings de alta	Bushings de baja
Devanado secundario	tapa			Medidor de nivel de aceite		
Núcleo	Tanques de enfriamiento					

Tabla 31

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo seccionador de transformador.

EQUIPO:		
2 SECCIONADOR DEL TRANSFORMADOR		
COMPONENTES DEL EQUIPO		
2,1	2,2	2,3
Contactos	Mecanismo de accionamiento	
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO		
Contactos fijos	Eslabones	
Contactos móviles	Palanca	

Tabla 32

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo disyuntor.

EQUIPO:			
3 DISYUNTOR			
COMPONENTES DEL EQUIPO			
3,1	3,2	3,3	3,4
Contactos	Mecanismo de accionamiento		
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO			
Contactos fijos	Bobina de cierre		
Contactos móviles	Bobina de apertura		
	Motor		
	resorte		

Tabla 33

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo seccionador con puesta a tierra.

EQUIPO:			
4 SECCIONADOR CON PUESTA A TIERRA			
COMPONENTES DEL EQUIPO			
4,1	4,2	4,3	4,4
Contactos	Mecanismo de accionamiento		
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO			
Contactos fijos	Eslabones		
Contactos móviles	Palanca		

Tabla 34

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo barras de transmisión.

EQUIPO:	
5 BARRAS DE TRANSMISION	
<i>COMPONENTES DEL EQUIPO</i>	
5,1	5,2
<i>Barras</i>	
<i>SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO</i>	
<i>Barras</i>	
<i>Conectores</i>	
<i>Chicotes</i>	

4.6.3. GRUPO: PARTES COMUNES

Tabla 35

Clasificación y organización de, subgrupos, equipos del grupo: partes comunes.

GRUPO:	PARTES COMUNES
SUBGRUPO:	SISTEMAS AUXILIARES
EQUIPO:	FUENTE DE CORRIENTE CONTINUA
	FUENTE DE CORRIENTE ALTERNA
	MENSULA DE SINCRONIZACION
	ILUMINACION DE EMERGENCIA
	ILUMINACION CASA DE MAQUINAS
	TUBERIA DE PRESION
	PUENTE GRUA

4.6.3.1. SUBGRUPO: SISTEMAS AUXILIARES

Tabla 36

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo fuente de corriente continua.

EQUIPO:		
1 FUENTE CORRIENTE CONTINUA		
<i>COMPONENTES DEL EQUIPO</i>		
1,1	1,2	1,3
<i>Cargador/Rectificador de baterías</i>	<i>Banco de baterías</i>	
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO		
<i>Tablero</i>	<i>Baterías</i>	
<i>Tarjetas de control</i>	<i>Puentes de conexión</i>	
<i>Breakers</i>	<i>estante</i>	

Tabla 37

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo fuente de corriente alterna.

EQUIPO:		
2 FUENTE CORRIENTE ALTERNA		
<i>COMPONENTES DEL EQUIPO</i>		
2,1	2.2.	2,3
<i>Transformador de servicios auxiliares</i>	<i>Tablero de distribución AC</i>	
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO		
	<i>Carcaza</i>	
<i>Bornes de alta</i>	<i>Breakers</i>	
<i>Bornes de Baja</i>	<i>Voltímetro</i>	
<i>Seccionador</i>	<i>Amperímetro</i>	
<i>Carcaza</i>		

Tabla 38

Clasificación de componentes y subcomponentes del equipo ménsula de sincronización.

EQUIPO:				
3 MENSULA DE SINCRONIZACION				
COMPONENTES DEL EQUIPO				
3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
<i>Aparatos de medida</i>	<i>Aparatos de maniobra</i>	<i>Tablero</i>		
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO				
<i>Voltímetro doble</i>	<i>Interruptor</i>	<i>Tablero</i>		
<i>Frecuencímetro doble</i>				
<i>Sincronoscópio</i>				

Tabla 39

Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipos iluminación.

EQUIPO:				
4 ILUMINACION CASA DE MAQUINAS				
COMPONENTES DEL EQUIPO				
4.1	4.2	4.3	4.4	
<i>Luminarias</i>	<i>Interruptor</i>			
EQUIPO:				
5 ILUMINACION DE EMERGENCIA				
COMPONENTES DEL EQUIPO				
5.1	5.2	5.3	5.4	
<i>Luminarias</i>	<i>Tablero de control automático</i>			
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO				
<i>Focos</i>	<i>Tablero de control automático</i>			

Tabla 40

Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipo tubería de presión.

EQUIPO:			
6 TUBERIA DE PRESION			
COMPONENTES DEL EQUIPO			
6.1	6.2	6.3	6.4
Tubería agua enfriamiento	Tramos de tubería		
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO			
Válvulas	Tramo de tubería N° 1		
Tubería y accesorios HG	Tramo de tubería N° 2		
tanque sedimentador	Tramo de tubería N° 3		

Tabla 41

Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipo puente grúa.

EQUIPO:				
7 PUENTE GRUA				
COMPONENTES DEL EQUIPO				
7,1	7,2	7,3	7,4	7,5
Polipasto eléctrico	Carro traslación transversal	Vigas testeras	Fuente de energía	
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO				
Motor eléctrico	Carro de traslación	Vigas transversales	Tablero de suministro VAC	
Cables metálicos	Motor eléctrico	Motorreductores	Barras de cobre de transmisión AC	
tablero de control	Fines de carrera	Fines de carrera	Carbones de cobre	
Mando de control				

4.6.4. GRUPO: OBRAS CIVILES

Tabla 42

Clasificación y organización de, subgrupos, equipos del grupo de obras civiles.

GRUPO:	OBRAS CIVILES
SUBGRUPO:	OBRAS CIVILES
EQUIPOS:	CAMINOS DE ACCESO CAPTACION DE AGUA CASAS DE MAQUINAS Y REVISORES HIDRAULICOS

Tabla 43

Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipo caminos de acceso.

EQUIPO:				
1 CAMINOS DE ACCESO				
COMPONENTES DEL EQUIPO				
1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
<i>Camino de acceso casa de máquinas</i>	<i>Camino de acceso bocatoma rio Bobo</i>	<i>Camino de acceso reservorio</i>		
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO				
<i>Calzada</i>	<i>Calzada</i>	<i>Calzada</i>		
<i>Cunetas</i>	<i>Márgenes</i>	<i>Márgenes</i>		

Tabla 44

Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipo captación de agua de generación.

EQUIPO:					
2 CAPTACION DE AGUA DE GENERACION					
COMPONENTES DEL EQUIPO					
2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2.6
<i>Bocatoma rio Grande</i>	<i>Bocatoma río Chico</i>	<i>Bocatoma río Bobo</i>	<i>Canales de conducción</i>	<i>Reservorio</i>	<i>Tanque de presión</i>
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO					
<i>Rejilla principal</i>	<i>Rejilla principal</i>	<i>Rejilla principal</i>	<i>Canal río Grande-reservorio</i>	<i>Reservorio</i>	<i>Rejilla principal</i>
<i>Azud</i>	<i>Azud</i>	<i>Azud</i>	<i>Canal río Bobo-reservorio</i>	<i>Tanque de convergencia</i>	<i>Canal de drenaje</i>
<i>Canal de drenaje Nº 1</i>	<i>Canal de drenaje Nº 1</i>	<i>Canal de drenaje Nº 1</i>		<i>Canal de drenaje</i>	
<i>Canal de drenaje Nº 2</i>		<i>Canal de drenaje Nº 2</i>			
<i>Desripiador</i>		<i>Desripiador</i>			

Tabla 45

Clasificación de componentes y subcomponentes de los equipo captación de agua de generación.

EQUIPO:				
3 CASAS DE MAQUINAS Y AGUATEROS				
COMPONENTES DEL EQUIPO				
3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
<i>Casa de máquinas</i>	<i>Casa del reservorio</i>	<i>Casa de aguatero 2</i>		
SUBCOMPONENTES DEL EQUIPO				
<i>Cuarto control</i>	<i>Cocina</i>	<i>Cocina</i>		
<i>Baño</i>	<i>baño</i>	<i>baño</i>		
<i>Cuarto de máquinas</i>	<i>Cuartos</i>	<i>Cuartos</i>		

4.7. FRECUENCIA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO Y SEGURIDAD.

El mantenimiento preventivo se basa en los manuales de operación que el constructor de los equipos y unidades de generación ha dispuesto, estableciendo así la programación y control de los distintos trabajos a realizarse en las diferentes áreas de mantenimiento, y una gran parte de la propia experiencia del personal de mantenimiento del departamento de generación.

Para el mantenimiento preventivo de la unidad de generación de la central hidroeléctrica San Miguel de Car se ha considerado proponer un mantenimiento diario, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual. Debido a que los equipos están compuestos por partes mecánicas y eléctricas, para la elaboración de las actividades de mantenimiento que se deberán cumplir en las frecuencias establecidas.

Más allá del equipo en sí y de sus particularidades de mantenimiento, el mantenimiento programado de la central hidroeléctrica San Miguel de Car se puede resumir en lo siguiente:

- Actividades de mantenimiento preventivo menor semanal (1 y 7 días): se realiza trabajos de mantenimiento menor solo cuando se requiere, en estos casos se realizaran inspecciones visuales.
- Actividades de mantenimiento preventivo mensual (30 días) o bimestral (60 días): se realiza una inspección visual de las instalaciones, durante el régimen permanente de trabajo, en busca de anomalías que puedan alterar el buen funcionamiento de los equipos.
- Actividades de mantenimiento preventivo semestral (180 días): se realizan inspecciones preventivas cada 6 meses, en estos casos, la inspección se hará en detalle, tomando el estado operacional de los equipos, realizando

actividades de inspecciones visuales, limpieza de partes y ajuste de conexiones.

- Actividades de mantenimiento anual (365 días): en estas actividades programadas, se realizan pruebas eléctricas, mecánicas y funcionales a los equipos en servicio, además de las actividades de inspecciones visuales, limpieza de partes y ajuste de conexiones. Normalmente involucran una gran cantidad de personal.

Se ha previsto importante realizar tablas para cada uno de los equipos describiéndolos en, frecuencias de mantenimiento preventivas y actividades de mantenimiento preventivo, respectivamente al equipo de sus componentes y subcomponentes, la investigación previamente realizada ayudo al diseño de la base de datos de todas las tablas de los equipos de la central hidroeléctrica San Miguel de Car, base de datos que se implementó para la puesta en marcha del sistema de mantenimiento programado SMProg. Cabe recalcar que todas las diferentes tablas y figuras fueron realizadas y diseñadas por el autor de dicha investigación.

4.8. GRUPO: GRUPO DE GENERACIÓN N° 1

A continuación se define los procedimientos de trabajo, seguridad y frecuencia de mantenimiento de todos los equipos que conforma el subgrupo parte eléctrica.

4.8.1. EQUIPO: GENERADOR

- **PROCEDIMIENTOS:**

Para realizar las acciones de limpieza y mantenimiento del estator y rotor la maquina debe encontrarse parada, des energizada y los seccionadores deben encontrarse abiertos, de igual forma la válvula mariposa debe encontrarse cerrada con el enclavamiento mecánico.

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Coordinar trabajos para precautelar integridad personal.
- ✓ Llevar todos los implementos de seguridad.



Figura 38 Vista sin carcaza del generador

Tabla 46

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del generador.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	1 Generador	Anual	Abrir y limpiar cuidadosamente la máquina.
	1.1 Carcaza de generador	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
		Trimestral	Realizar pruebas termográficas.
	1.2 Estator de generador	Anual	Suciedad y polvo deben retirarse con mucho cuidado con aire a presión o mejor con una aspiradora apropiada.
	Bobinados del estator, devanados y bornes	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza general e inspecciones de las cabezas de bobina de decoloración, manchas blancas de efecto corona, aflojamiento de amarres, desprendimientos de espaciadores de bobinas y de rellenos de ranuras; reparación del barniz de terminación. • Medición de la resistencia óhmica, resistencia y factor de potencia del aislamiento. Analizar los valores encontrados con estándares establecidos; observar la tendencia con mediciones anteriores.
	1.3 Rotor de generador	Anual	Suciedad y polvo deben retirarse con mucho cuidado con aire a presión o mejor con una aspiradora apropiada.
	Polos magnéticos	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Medir resistencia óhmica y de aislamiento del bobinado. • Inspección de las uniones interpolares y del bobinado de amortiguamiento; limpieza general.
	Ventilador	Anual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	1.4 Instrumentos de medida	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	Rtd's	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.

4.8.2. EQUIPO: EXCITATRIZ

- **PROCEDIMIENTOS:**

Para realizar las acciones de limpieza y mantenimiento de la excitatriz la máquina debe encontrarse parada y desenergizada, de igual forma la válvula mariposa debe encontrarse cerrada y con el enclavamiento mecánico.

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Llevar todos los implementos de seguridad.
- ✓ Tener cuidado de topar conexiones.



Figura 39 Vista interior de excitatriz

Tabla 47

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la excitatriz.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	2 Excitatriz	Semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Abrir y limpiar cuidadosamente la máquina. • Soplar la maquina con aire seco a presión.
	2.1 Carcaza de excitatriz	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
		Trimestral	Realizar pruebas termográficas.
		Trimestral	Realizar pruebas de vibraciones.
	Filtro de aire	Mensual	Cambio de filtro por un nuevo
	2.2 Estator de excitatriz	Semestral	Limpiar los depósitos de suciedad de los canales de ventilación y por debajo de las cabezas de los embobinados rotóricos.
	Polos magnéticos	Semestral	Limpiar los depósitos de suciedad de los canales de ventilación y por debajo de las cabezas de los embobinados rotóricos.
	2.3 Rotor de excitatriz	Semestral	Limpiar los depósitos de suciedad de los canales de ventilación y por debajo de las cabezas de los embobinados rotóricos.
	Rectificador AC a DC	Semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de la resistencia óhmica. • Soplar con aire seco a presión.

4.8.3. EQUIPO: INTERRUPTOR/DISYUNTOR

- **PROCEDIMIENTOS:**

Para realizar las acciones de control y mantenimiento de los interruptores de 34.5 kV, se debe tener desenergizada la subestación y comprobar con pértiga de descarga la desconexión para evitar accidentes mortales.

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Coordinar trabajos para precautelar integridad personal.
- ✓ Llevar todos los implementos de seguridad.



Figura 40 Vista interior del disyuntor

Tabla 48

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del disyuntor del generador.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:	
Componentes	3	Disyuntor de generador	Anual	Abrir y limpiar cuidadosamente la máquina. Comprobar la presión de gas de la unidad interruptora. Comprobar si la posición de la palanca de operación de la unidad interruptora es correcta.
	3.1	Topes	Anual	Comprobar visualmente si no existen desajustes de los tornillos y desperfectos en el mecanismo de articulación. Comprobar si no existen oxidaciones.
	3.3	Borneras de contacto	Anual	Verificar si no existe humedad o ingresos de agua. Conexiones flojas.
	3.4	Bobinas de accionamiento	Anual	Comprobar si la adherencia del polvo del aislamiento de soporte no es excesiva y el aislador no presente roturas.
	3.5	Carcaza de disyuntor	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
			Trimestral	Realizar pruebas termográficas.

4.8.4. EQUIPO: REGULADOR DE VOLTAJE

- **PROCEDIMIENTOS**

Se realizaran verificaciones de los elementos para garantizar el buen funcionamiento de los mismos, se revisaran tarjetas electrónicas y se revisara que los medidores funcionen correctamente.

- **SEGURIDAD**

✓ El personal de mantenimiento debe tener puesto los siguientes implementos:



Tabla 49

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del regulador de voltaje.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	4 Regulador de voltaje	Anual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	4.1 Regulador	Anual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
		Trimestral	Realizar pruebas termográficas.
	4.2 Reóstatos	Anual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	Aparatos de medida	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas. Calibración de cada elemento.

4.8.5. EQUIPO: TABLERO DE CONTROL DE GENERADOR

- **PROCEDIMIENTOS**

Para la realización del mantenimiento, el equipo se encontrara en funcionamiento para la revisión de puntos calientes en conexiones y para la verificación de indicadores del equipo; para la limpieza es necesario que el tablero no se encuentre en funcionamiento.

- **SEGURIDAD**

✓ El personal de mantenimiento debe tener puesto los siguientes implementos:



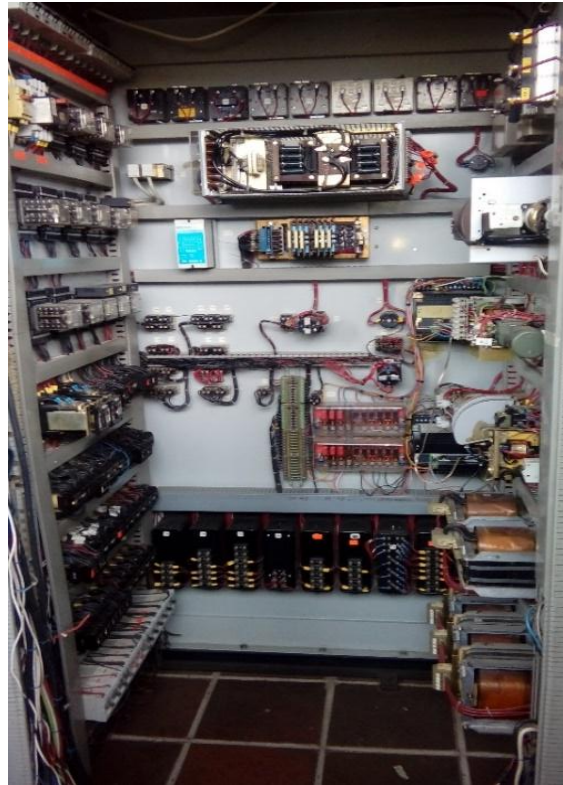


Figura 41 Vista interior del tablero de control del generador

Tabla 50

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del tablero de control del generador.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	5 Tablero control generador	de de Semestral	<p>Limpieza general de tablero con aspiradora y cepillando los elementos para absorber polvo y suciedad.</p> <p>Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.</p> <p>Verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las piezas metálicas. • Separación entre contactos. • Presión de contacto adecuada. • Conexiones flojas. • Piezas gastadas o rotas. • Desgastes o asperezas en contactos deslizantes.
	5.1 Aparatos maniobra	de Semestral	
	Conmutadores, interruptores, pulsadores	Trimestral	Realizar pruebas termográficas.

5.2	Aparatos de medida	de	Semestral	<ul style="list-style-type: none"> Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas. Calibración de cada elemento.
	Voltímetro, Amperímetros, medidores de energía, cosfímetro	de	Diario	Inspección visual de funcionamiento.
5.3	Relés de protección	de	Semestral	Inspección visual de funcionamiento.
5.4	Tablero		Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
5.5	Regletas		Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.

4.8.6. EQUIPO: TABLERO PUNTO NEUTRO GENERADOR

- PROCEDIMIENTOS**

Para la realización del mantenimiento, el equipo se encontrara en funcionamiento para la revisión de puntos calientes en conexiones y para la verificación de indicadores del equipo; para la limpieza es necesario que el tablero no se encuentre en funcionamiento.

- SEGURIDAD**

✓ El personal de mantenimiento debe tener puesto los siguientes implementos:



Tabla 51

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del tablero del punto neutro del generador.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	6 Tablero punto neutro generador	Anual	Limpieza general de tablero con aspiradora y cepillando los elementos para absorber polvo y suciedad.
	6.1 Transformador	Anual	<ul style="list-style-type: none">• Medición de aislamiento eléctrico del transformador.• Ajuste de conexiones, terminales y puesta a tierra.
		Trimestral	Realizar pruebas termográficas.
	6.2 Tablero	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.

4.8.7. EQUIPO: TABLERO DE CONTROL DE LÍNEA

- **PROCEDIMIENTOS**

Para la realización del mantenimiento, el equipo se encontrara en funcionamiento para la revisión de puntos calientes en conexiones y para la verificación de indicadores del equipo; para la limpieza es necesario que el tablero no se encuentre en funcionamiento.

- **SEGURIDAD**

- ✓ El personal de mantenimiento debe tener puesto los siguientes implementos:





Figura 42 Vista interior del tablero de control de la línea

Tabla 52

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del tablero de control de la línea.

		Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	7	Tablero de control de línea	Semestral	Limpieza general de tablero con aspiradora y cepillando los elementos para absorber polvo y suciedad.
	7.1	Aparatos maniobra de	Semestral	Acumulación de suciedad o sustancias pegajosas: Limpiar. Verificar: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las piezas metálicas. • Separación entre contactos. • Presión de contacto adecuada. • Conexiones flojas. • Piezas gastadas o rotas. • Desgastes o asperezas en contactos deslizantes.
		Conmutadores, interruptores, pulsadores	Trimestral	Realizar pruebas termográficas.
	7.2	Aparatos medida de	Semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas. • Calibración de cada elemento.

7.3	Relés de protección	Semestral	Inspección visual de funcionamiento.
7.4	Tablero	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
7.5	Regletas	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.

A continuación se define los procedimientos de trabajo, seguridad y frecuencia de mantenimiento de todos los equipos que conforma el subgrupo parte mecánica.

4.8.8. EQUIPO: TURBINA

- **PROCEDIMIENTOS:**

- ✓ **Rodete**

Para realizar el mantenimiento de este elemento la maquina tendrá que estar detenida, es necesaria la presencia del ingeniero de mantenimiento.

- ✓ **Carcaza**

Para realizar el mantenimiento de este elemento es necesario poner todo en mando manual, detener la máquina, cerrar las válvulas mariposa y by-pass y colocar el seguro mecánico de la válvula, una vez verificadas estas condiciones se realizaran las siguientes acciones de mantenimiento.

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Llevar todos los implementos de seguridad.





Figura 43 Vista exterior e interior de la turbina

Tabla 53

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la turbina.

Equipos:		Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	8 Turbina	Semestral	Realizar una inspección general de la turbina.
	8.1 Carcaza turbina	de Mensual	Limpieza general.
	Caracol, tapa delantera y tapa trasera	Mensual	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas. • Examinar todos los circuitos hidráulicos de agua para detectar fugas en cada uno de los puntos de soldadura.
	Tapa delantera y tapa trasera	Semestral	Abrir cuidadosamente y verificar si hay suciedad o sustancias de obstrucción. Limpiar.
	Laberinto	Semestral	Verificar espesor, fisuras, fugas, suciedad.
	8.2 Rodete	Semestral	Inspección o reparación de rodete.
	Eje y pernos de sujeción	Semestral	Verificación de ajustes de pernos de acoplamiento.
	8.3 Cojinete turbina	Anual	Cambio de aceite.
Carcaza	Mensual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.	

		Trimestral	Realizar pruebas de vibraciones.
	Chumaceras	Anual	Verificar rozamiento, espesor, fisuras, fugas, suciedad.
	Topes axiales	Anual	Verificar rozamiento, espesor, fisuras, fugas, suciedad.
	RTD's, Medidores de temperatura	Diario	Inspección de funcionamiento
	Medidor de nivel de aceite	Mensual	Limpiar y Verificar visualmente el nivel y/o reposición de aceite.
	Sensor de flujo de aceite	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar estado de sensor. • Limpiar cuidadosamente.
	Sensor de flujo de agua	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar estado de sensor. • Limpiar cuidadosamente.
8.3	Alabes directrices	Semestral	Verificar rozamiento, espesor, fisuras, fugas, suciedad.
8.4	Anillo distribuidor	Semestral	Verificar fisuras y movimiento libre de anillo.
8.5	Barras de transmisión de movimiento	Semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de ajustes de pernos de acoplamiento. • Limpieza general.

4.8.9. EQUIPO: REGULADOR DE VELOCIDAD

- **PROCEDIMIENTOS:**

Para realizar el mantenimiento de este elemento la maquina tendrá que estar detenida, es necesaria la presencia del ingeniero de mantenimiento.

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Llevar todos los implementos de seguridad.



Tabla 54

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del regulador de velocidad.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:	
Componentes	9 Regulador de velocidad		El regulador no requiere ningún mantenimiento especial, puesto que todos sus elementos de funcionamiento importante trabajan en baño de lubricación.	
	9.1	Carcaza del regulador de velocidad	Mensual	Acumulación de suciedad o sustancias pegajosas: Limpiar.
		Base inferior	Mensual	Acumulación de suciedad o sustancias pegajosas: Limpiar.
		Medidor de nivel de aceite	Diario	Inspección de nivel de aceite
		Manómetros	Diario	Verificación de funcionamiento
		Tapa superior	Mensual	Acumulación de suciedad o sustancias pegajosas: Limpiar.
		Tacómetro	Diario	Verificación de funcionamiento
	9.2	Bombas de aceite	Anual	Limpiar equipo y verificar su condición de operación. <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar de manera visual la condición de operación. • Chequear alineamiento y vibración de conjunto motor bomba y ajuste. • Verificar estado de rodamientos, sellos, empaques.
		Bomba de engranajes mecánica	Anual	
		Bomba de arranque eléctrica	Anual	Verificación de funcionamiento
	9.3	Servomotor	Anual	Verificación de funcionamiento
	9.4	Sistemas de control del regulador de velocidad	Semestral	Verificación de funcionamiento
		Mecanismo subir bajar carga	Semestral	Limpiar y Verificación de funcionamiento
	Limitador de carga	Semestral	Limpiar y Verificación de funcionamiento	
	Fines de carrea	Semestral	Limpiar y Verificación de funcionamiento	

Válvula de sobrepresión	Semestral	Limpiar y Verificación de funcionamiento
Válvula de emergencia	Semestral	Limpiar y Verificación de funcionamiento

4.8.10. EQUIPO: VÁLVULA DE GUARDIA

- **PROCEDIMIENTO**

Para la revisión de fugas, limpieza, ajuste e inspección de la pintura, la válvula debe encontrarse abierta.

En caso de realizar un remplazo de sello o acciones mayores la válvula debe vaciarse, se procede a cerrar la misma, estar colocado el seguro mecánico y activado el mando local.

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Llevar todos los implementos de seguridad.



Figura 44 Válvula mariposa

Tabla 55

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la válvula de guardia.

Equipos:		Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	10	Válvula de guardia	de Semestral <ul style="list-style-type: none"> • Limpiar y Verificación de funcionamiento. • Inspeccionar estado de la pintura.
	10.1	Válvula de guardia	de Trimestral Limpiar y Verificación de funcionamiento
		Carcaza	Mensual Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
		Mariposa	Trimestral Examinar y verificación de funcionamiento
		Pernos de sujeción	de Semestral <ul style="list-style-type: none"> • Examinar el apriete de la tornillería del manguito de unión con la cámara espiral. • Apretar los pernos de sujeción en forma de x, cuidando de dar el mismo torque en cada punto de apriete.
		Servomotor	Semestral <ul style="list-style-type: none"> • Limpiar y Verificación de funcionamiento. • Verificación de ajuste de tuercas en la varilla de anclaje.
		Junta de montaje	Semestral Verificar anclaje de la válvula y de la articulación del servomotor.
	10.2	Unidad de potencia hidráulica	de Semestral Limpiar y Verificación de funcionamiento
		Bomba de aceite	Semestral <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar de manera visual la condición de operación. • Chequear alineamiento y vibración de conjunto motor bomba y ajuste. • Verificar estado de rodamientos, sellos, empaques.
		Sumidero de aceite	de Semestral <ul style="list-style-type: none"> • Comprobar la importancia de las fugas en el sumidero. • Verificar nivel de aceite.
		carcasa	Mensual Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
		Válvulas de control	de Semestral Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	10.3	Contrapeso	Mensual Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.

Pesas	Mensual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
Brazo	Mensual	<ul style="list-style-type: none"> • Engrase del eje de giro. • Acumulación de suciedad o sustancias pegajosas: Limpiar.

4.8.11. EQUIPO: SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE COJINETES

- **PROCEDIMIENTOS:**

Para realizar el mantenimiento de este elemento la máquina tendrá que estar detenida.

- **SEGURIDAD**

- ✓ El personal de mantenimiento debe tener puesto los siguientes implementos:



Tabla 56

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del sistema de lubricación de cojinetes.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	11	Sistema de lubricación de cojinetes Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	11.1	Bomba de aceite de lubricación Semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar de manera visual la condición de operación. • Chequear alineamiento y vibración de conjunto motor bomba y ajuste. • Verificar estado de rodamientos, sellos, empaques.

	Carcaza	Mensual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	Engranajes	Trimestral	Engrasar
	Polea plana	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	Filtro de aceite	Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Examinar el indicador de suciedad. • Limpieza de filtro.
11.2	Tubos de conducción de aceite	Mensual	Verificar estado de tubos de conducción de aceite
	Tubos de conducción	Trimestral	Examinar uniones y verificar fugas de aceite
11.3	Aparatos de medida y control del sistema	Anual	Examinar y verificar estado de funcionamiento.
	Reóstatos	Anual	Examinar y verificar estado de funcionamiento.
11.4	Bomba de pre lubricación	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar de manera visual la condición de operación. • Chequear alineamiento y vibración de conjunto motor bomba y ajuste. • Verificar estado de rodamientos, sellos, empaques.
	Carcaza	Mensual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	Engranajes	Semestral	Engrasar

4.8.12. EQUIPO: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

- **PROCEDIMIENTOS:**

Para realizar el mantenimiento de este elemento la máquina tendrá que estar detenida.

- **SEGURIDAD**

- ✓ El personal de mantenimiento debe tener puesto los siguientes implementos:



Figura 45 Sistema de refrigeración

Tabla 57

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del sistema de refrigeración.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	12 Sistema de refrigeración	Trimestral	Verificación visual de todo el sistema. Limpieza general de sistema de refrigeración.
	12.1 Intercambiador de calor del regulador	Bimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Abrir y limpiar cuidadosamente. • Comprobar fugas.
	Carcasa	Bimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas. • Verificación de ajustes de pernos de acoplamiento.
	Intercambiador de calor	Bimestral	Abrir y limpiar cuidadosamente.
	Tapas	Bimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de ajustes de pernos de acoplamiento. • Comprobar fugas.
	12.2 Intercambiador de calor del cojinete	Bimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Abrir y limpiar cuidadosamente. • Comprobar fugas.
	Carcasa	Bimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.

			<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de ajustes de pernos de acoplamiento.
	Intercambiador de calor	Bimestral	Abrir y limpiar cuidadosamente.
	Tapas	Bimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de ajustes de pernos de acoplamiento. • Comprobar fugas.
12.3	Medidor de caudal de agua	Trimestral	Limpieza e inspección de funcionamiento
	Carcaza	Trimestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	Medidor	Diario	Inspección visual de funcionamiento
12.4	Válvula de control del agua	Trimestral	Inspeccionar de manera visual la condición de operación.
	Válvula	Trimestral	Comprobar la importancia de las fugas en la válvula.
			<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar de manera visual la condición de operación.
	Motor eléctrico	Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Chequear alineamiento y vibración de conjunto motor y ajuste. • Verificar estado de rodamientos, sellos, empaques.
		Trimestral	Realizar pruebas termográficas.

4.8.13. EQUIPO: COJINETE DE EXCITATRIZ

- **PROCEDIMIENTO**

Para realizar el cambio de aceite y mantenimiento es importante que la maquina este totalmente detenida, es necesaria la presencia del ingeniero de mantenimiento.

- **SEGURIDAD**

- ✓ El personal de mantenimiento debe tener puesto los siguientes implementos:

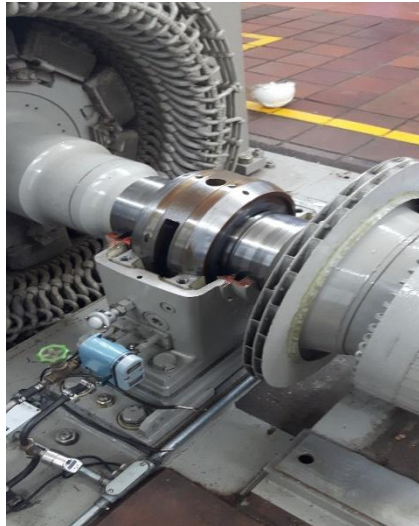


Figura 46 Vista exterior e interior del cojinete de excitatriz

Tabla 58

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del cojinete de excitatriz.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	13 Cojinete de excitatriz	Anual	Cambio de aceite
	13.1 Carcaza	Mensual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
		Trimestral	Realizar pruebas de vibraciones.
	13.2 Aparatos de medida y control	Semanal	Verificación del funcionamiento de los indicadores hidráulicos, detectores, alarmas y dispositivos de seguridad.
	RTDs	Diario	Inspección de funcionamiento
	Medidor de nivel de aceite	Mensual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.

		Diario	Verificar visualmente el nivel y/o reposición de aceite
	Medidor de presión de agua	Diario	Inspección de funcionamiento
13.3	Chumaceras	Anual	Verificar rozamiento, espesor, fisuras, fugas, suciedad y juegos.
	Chumacera superior	Anual	Verificar rozamiento, espesor, fisuras, fugas, suciedad.
	Chumacera inferior	Anual	Verificar rozamiento, espesor, fisuras, fugas, suciedad.

4.9. GRUPO: TRANSMISIÓN DE ENERGÍA EN ALTA TENSIÓN

A continuación procedimientos de trabajo, seguridad y frecuencia de mantenimiento de todos los equipos que conforma el subgrupo parte subestación de elevación.

4.9.1. EQUIPO: TRANSFORMADOR DE POTENCIA

- **PROCEDIMIENTO:**

- ✓ **Carcasa**

Para realizar el ajuste, pintura y revisión de refuerzos del transformador es necesario que el transformador principal se encuentre desenergizado.

- ✓ **Bushings**

El transformador debe encontrarse desenergizado y con la pértiga de puesta a tierra colocado para realizar la limpieza de los bushings.

- ✓ **Sistema de enfriamiento**

El personal no debe tocar el transformador para realizar la limpieza del radiador hasta que este se encuentre completamente desenergizado.

✓ **Aceite**

Para la verificación de nivel y toma de muestra de aceite el transformador estará en funcionamiento, el cambio de aceite y el filtrado de este lo realizara el contratista que la empresa contrate.

Las acciones de cambio y filtrado de aceite las realizara el contratista visto por la empresa.

✓ **Indicadores de temperatura y aceite**

Se realizaran las acciones indicadas de mantenimiento con el equipo des energizado para proveer daños al personal de mantenimiento.

✓ **Buchholz Relay**

Para realizar las pruebas de funcionamiento de los elementos es necesario que el transformador se encuentre des energizado.

• **SEGURIDAD**

✓ El personal de mantenimiento debe tener puesto los siguientes implementos:





Figura 47 Transformador elevador de potencia

Tabla 59

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del transformador de potencia.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	1 Transformador de potencia	Anual	Inspección visual del estado de la pintura en general. <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de funcionamiento operativo de los dispositivos de control local y remoto. • Pruebas de funcionamiento e indicación de la temperatura del aceite y de los devanados. • Realizar pruebas termográficas.
	1.1 Devanados	Anual	
	1.2 Carcaza transformador de	Anual	Suciedad y polvo deben retirarse con mucho cuidado con aire a presión o mejor con una aspiradora apropiada.
	1.3 Tanque compensación de	Anual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	1.4 Aparatos protección de	Anual	Suciedad y polvo deben retirarse con mucho cuidado con aire a presión o mejor con una aspiradora apropiada.
	Relé Buchholz	Anual	Se verificara el funcionamiento de las partes móviles del relé para garantizar su funcionamiento.

1.5	Aparatos de medida	de	Anual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	Termómetros		Anual	Se verificara que los indicadores de temperatura y nivel de aceite se encuentren en un buen estado, se debe revisar que no existan trizaduras en los cristales de los indicadores y si estos están sucios se debe realizar la limpieza con un paño.
	Medidor de nivel de aceite		Anual	Se tomara la muestra de aceite por medio de la válvula de muestreo, se verificara si existe alguna sustancia o partícula extraña; si existe presencia de estas se procederá a llenar un informe para el jefe de mantenimiento para que se envíe a laboratorio y se realice el análisis correspondiente.
1.6	Bushings		Anual	Limpiar e inspeccionar visualmente la acumulación de polvo en la porcelana de los bushings.

4.9.2. EQUIPO: SECCIONADOR DEL TRANSFORMADOR

- **PROCEDIMIENTOS:**

Para realizar las acciones de control y mantenimiento de los interruptores de 34.5 kV, se debe tener des energizada la subestación y comprobar con pértiga de descarga la desconexión para evitar accidentes mortales.

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Coordinar trabajos para precautelar integridad personal.
- ✓ Llevar todos los implementos de seguridad.





Figura 48 Seccionamientos del transformador

Tabla 60

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del seccionador del transformador.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	2 Seccionador del transformador	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual de la pintura o galvanizado. • Limpieza manual con trapo e inspección de porcelanas. • Verificar tornillería y mantenimiento a conectadores de alta tensión, aplicar grasa conductora en terminales del conector. • Realizar pruebas termográficas. • Limpieza a contactos del seccionador y aplicación de grasa conductora. • Engrase de todas las articulaciones del sistema de transmisión
	2.1 Contactos	Anual	
	Contactos fijos	Anual	

	Contactos móviles	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza a contactos del seccionador y aplicación de grasa conductora. • Engrase de todas las articulaciones del sistema de transmisión
2.2	Mecanismo accionamiento	de Anual	Verificación de Alineación – anclaje y conexiones.
	Palanca	Anual	Inspeccionar si la superficie de la caja de maniobras está dañada, en estos casos de debe limpiar y dar una pintura de fondo y luego laquear los lugares defectuosos.

4.9.3. EQUIPO: DISYUNTOR

- **PROCEDIMIENTOS:**

Para realizar las acciones de control y mantenimiento de los interruptores de 34.5 kV, se debe tener des energizada la subestación y comprobar con pértiga de descarga la desconexión para evitar accidentes mortales.

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Coordinar trabajos para precautelar integridad personal.
- ✓ Llevar todos los implementos de seguridad.





Figura 49 Disyuntor del transformador

Tabla 61

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del disyuntor.

Equipos:		Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	3 Disyuntor	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual de la pintura o galvanizado. • Limpieza manual con trapo e inspección de porcelanas.
	3.1 Contactos	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar tornillería y mantenimiento a conectadores de alta tensión, aplicar grasa conductora en terminales del conector. • Realizar pruebas termográficas.
	Contactos fijos	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza a contactos del disyuntor y aplicación de grasa conductora. • Engrase de todas las articulaciones del sistema de transmisión
	Contactos móviles	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza a contactos del disyuntor y aplicación de grasa conductora. • Engrase de todas las articulaciones del sistema de transmisión
	3.2 Mecanismo de accionamiento	Anual	Verificación de Alineación – anclaje y conexiones.

Bobina de cierre	Anual	Inspeccionar visualmente el estado de bobinas.
Bobina de apertura	Anual	Inspeccionar visualmente el estado de bobinas.

4.9.4. EQUIPO: SECCIONADOR CON PUESTA A TIERRA

- **PROCEDIMIENTOS:**

Para realizar las acciones de control y mantenimiento de los interruptores de 34.5 kV, se debe tener desenergizada la subestación y comprobar con pértiga de descarga la desconexión para evitar accidentes mortales.

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Coordinar trabajos para precautelar integridad personal.
- ✓ Llevar todos los implementos de seguridad.



Figura 50 Seccionamientos con puesta a tierra

Tabla 62

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del seccionador con puesta a tierra.

Equipos:		Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	4 Seccionador con puesta a tierra	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual de la pintura o galvanizado. • Limpieza manual con trapo e inspección de porcelanas.
	4.1 Contactos	Anual	<p>Verificar tornillería y mantenimiento a conectadores de alta tensión, aplicar grasa conductora en terminales del conector.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza a contactos del disyuntor y aplicación de grasa conductora.
	Contactos fijos	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Engrase de todas las articulaciones del sistema de transmisión
	Contactos móviles	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza a contactos del disyuntor y aplicación de grasa conductora. • Engrase de todas las articulaciones del sistema de transmisión
	4.2 Mecanismo accionamiento de	Anual	Verificación de Alineación – anclaje y conexiones.
	Eslabones	Anual	Verificación de Alineación – anclaje y conexiones.
	Palanca	Anual	Inspeccionar si la superficie de la caja de maniobras está dañada, en estos casos de debe limpiar y dar una pintura de fondo y luego laquear los lugares defectuosos.

4.9.5. EQUIPO: BARRAS DE TRANSMISIÓN

- **PROCEDIMIENTOS:**

- ✓ **Seccionador con puesta a tierra**

Para realizar las pruebas termográficas se deberá realizar energizada toda la subestación.

Las acciones de control y mantenimiento de las barras de transmisión, se debe tener des energizada la subestación y comprobar con pértiga de descarga la desconexión para evitar accidentes mortales.

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Coordinar trabajos para precautelar integridad personal.
- ✓ Llevar todos los implementos de seguridad.



Tabla 63

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de las barras de transmisión.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	5 Barras transmisión	de Anual	Verificar tornillería y mantenimiento a conectadores de alta tensión.
	5.1 Barras	Anual	Realizar pruebas termográficas.
	Conectores	Anual	Realizar ajuste de conectores.
	Chicotes	Anual	Verificar estado y ajuste.

4.10. GRUPO: PARTES COMUNES

A continuación procedimientos de trabajo, seguridad y frecuencia de mantenimiento de todos los equipos que conforma el subgrupo servicios auxiliares.

4.10.1. EQUIPO: FUENTE DE CORRIENTE CONTINUA

PROCEDIMIENTOS:

✓ **Banco de baterías:**

Para realizar la limpieza de sulfataciones y la verificación de densidad se debe retirar la conexión de los bornes de las baterías, luego de realizar la limpieza se colocara las conexiones de los bornes asegurándose de que estos queden bien ajustados.

✓ **Cargador rectificador de baterías:**

Para realizar el mantenimiento de los rectificadores los equipos estarán en funcionamiento.

SEGURIDAD

- El personal de mantenimiento debe tener puesto los siguientes implementos:



Tabla 64

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la fuente de corriente continua.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Component	1 Fuente de corriente continua	Semestral	Abrir y limpiar cuidadosamente.
	1.1 Cargador rectificador de baterías	Semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas. • Verificación de voltaje de flotación de las baterías. Medir la tensión continua hacia la carga Vcc.

	Tablero	Semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza interna del tablero, equipos y accesorios de control. • Suciedad y polvo deben retirarse con mucho cuidado con aire a presión o mejor con una aspiradora apropiada.
	Tarjetas de control	Semestral	Verificación del estado y funcionamiento de equipos y accesorios de control.
	Brekers	Semestral	Limpieza e inspección de contactos de interruptores.
1.2	Banco de baterías	Semestral	Inspección de conexiones a tierra, oxido y pintura del gabinete.
	Baterías	Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual del estado de las baterías, búsqueda de derrames o sulfatación de conexiones. • Revisión del electrolito. • Inspección visual de sulfatación de conexiones. • Verificación de conexiones entre celdas.
	Puentes de conexión	Semestral	
	Estante	Semestral	Limpia acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.

4.10.2. EQUIPO: FUENTE DE CORRIENTE ALTERNA

PROCEDIMIENTOS:

✓ Transformador de servicios auxiliares:

Para realizar las actividades que se mencionan a continuación es necesario que el transformador se encuentre des energizado, de esta manera se protege al personal que realizara el mantenimiento al transformador.

Tabla 65

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la fuente de corriente alterna.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	2 Fuente de corriente alterna	Anual	<p>Abrir y limpiar cuidadosamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas. Verificación del estado y funcionamiento de equipos y accesorios de control.
	2.1 Transformador de servicio auxiliares	Anual	<p>Verificar y ajuste de conexiones, terminales y puesta a tierra</p>
	Bornes de alta	Anual	<p>Verificar y ajuste de conexiones, terminales y puesta a tierra</p>
	Bornes de Baja	Anual	<p>Verificación del estado y funcionamiento del equipo</p>
	Seccionador	Anual	<p>Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.</p>
	Carcaza	Semestral	<p>Limpieza general de tablero con aspiradora y cepillando los elementos para absorber polvo y suciedad.</p>
	2.2 Tablero de distribución AC	Semestral	<p>Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.</p>
	Carcaza	Semestral	<p>Limpieza e inspección de contactos de interruptores.</p>
	Breakers	Semestral	

4.10.3. EQUIPO: MÉNSULA DE SINCRONIZACIÓN

SEGURIDAD

- El personal de mantenimiento debe tener puesto los siguientes implementos:



Tabla 66

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la ménsula de sincronización.

Equipos:		Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	3 Ménsula de sincronización	Trimestral	Limpieza general de tablero con aspiradora y cepillando los elementos para absorber polvo y suciedad.
	3.1 Aparatos de medida	Semestral	Acumulación de suciedad o sustancias pegajosas: Limpiar. Calibración de cada elemento.
	Voltímetro doble	Diario	Inspección visual de funcionamiento.
	Frecuencímetro doble	Diario	Inspección visual de funcionamiento.
	Sincronoscópio	Diario	Inspección visual de funcionamiento.
	3.2 Aparatos de maniobra	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.
	Interruptor	Semestral	Limpieza e inspección de contactos de interruptores.
	3.3 Tablero	Semestral	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.

4.10.4. EQUIPO: LUMINARIAS

- **PROCEDIMIENTO:**

Para evitar serios electrochoques o electrocución se deberá siempre apagar el suministro eléctrico antes de trabajar con los cables de conexión.

Se deberá tener a mano los planos del cableado de los tomas al momento de realizar el mantenimiento.

Al momento de realizar la medida de resistencias de los conectores que no haya suministro eléctrico.

No utilizar accesorios metálicos y utilizar zapatos con suela de goma al momento de realizar el mantenimiento.

- **SEGURIDAD**

✓ Para este realizar el mantenimiento se necesita los siguientes elementos de seguridad:



Figura 51 Tablero de control de las luminarias de emergencia

Tabla 67

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de luminarias.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
4	Iluminación de casa de maquinas	Semestral	Inspección visual de funcionamiento.
4.1	Luminarias	Semestral	Inspección visual de funcionamiento.
4.2	Interruptor	Semestral	Limpieza e inspección de contactos de interruptores.
	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
5	Iluminación de emergencia	Trimestral	Inspección visual de funcionamiento.
5.2	Luminarias	Trimestral	Inspección visual de funcionamiento.
5.3	Tablero de control automático	Trimestral	Limpieza interna del tablero, equipos y accesorios de control. Suciedad y polvo deben retirarse con mucho cuidado con aire a presión o mejor con una aspiradora apropiada.

4.10.5. EQUIPO: TUBERÍA DE PRESIÓN

- **SEGURIDAD**

✓ Llevar todos los implementos de seguridad:



Figura 52 Tubería de presión

Tabla 68

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de la tubería de presión.

Equipos:		Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:	
Componentes	6	Tubería de presión	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual del estado de la pintura. Inspección visual del estado de la soldadura. • Inspección visual de fugas y fisuras a lo largo de los tramos. • Realizar una medición del espesor de la tubería mediante el uso de un micrómetro y definir espesor de pintura interior-exterior y de la plancha de acero. • Verificar que la conexión eléctrica del caudal metro esté sujeta adecuadamente.
	6.1	Válvulas	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar funcionamiento, observando y coordinando con el operador en sala de control la presencia o no de señales de en-off. • Inspección visual de los elementos.
	6.2	Tubería accesorios hg	y Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el apriete de los pernos de las juntas en forma de equis en caso de ser necesario. • Realizar el apriete de los pernos de sujeción de las tapas de las escotillas de revisión.
	6.3	Tanque sedimentado	Anual	<p>Inspeccionar visualmente el estado de tanque</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual del estado de la pintura. Inspección visual del estado de la soldadura.
	6.4	Tramos de tubería	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual de fugas y fisuras a lo largo de los tramos.

4.10.6. EQUIPO: PUENTE GRÚA

- **SEGURIDAD:**

- ✓ Para realizar el mantenimiento de la parte eléctrica del puente grúa es necesario que los elementos estén desenergizados.
- ✓ Se necesitan los siguientes elementos de seguridad:



Tabla 69

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del puente grúa.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	7 Puente grúa	Anual	Realizar una inspección general.
	7.1 Polipasto eléctrico	Anual	Inspeccionar estado de funcionamiento
	Motor eléctrico	Anual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas. <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el estado del cable, se debe prestar atención en el número de hilos rotos, la disminución del diámetro del cable y deformaciones. • Verificar la presencia de corrosión. Se realizara el engrase del cable para mantener su correcto desplazamiento. <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que los bornes estén correctamente apretados. • Visualizar que alguna bornera está dañada se sustituirá.
	Cables metálicos	Trimestral	
	Tablero de control	Anual	Comprobar el funcionamiento del cabrestante, tomando la botonera del puente grúa y probar la puesta en marcha, la parada, la elevación y descenso del cable.
	Mando de control	Mensual	

7.2	Carro traslación transversal	Anual	Proceder a realizar el engrase de los cojinetes de las ruedas para que estos funcionen de la forma correcta.
	Carro de traslación	Anual	Realizar una inspección del desgaste de los bordes de las ruedas y la banda de rodadura.
	Motor eléctrico	Anual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas. <ul style="list-style-type: none"> Realizar una inspección visual del estado de los topes estos no debe presentar roturas o deformaciones.
	Fines de carrera	Anual	<ul style="list-style-type: none"> Comprobar el funcionamiento del fin carrera, para esto se accionara varias veces manualmente para probar que este respondiendo de manera adecuada. Verificar si existen fisuras se procederá a medir estas y anotar estas en una hoja de registro; Realizar un registro fotográfico de las mismas para un control posterior.
7.3	Bigas transversales	Anual	Proceder a realizar una inspección visual en las ménsulas en los puntos que estén sometidas a esfuerzos.
	Bigas transversales	Anual	Limpiar acumulación de suciedad o sustancias pegajosas. <ul style="list-style-type: none"> Realizar una inspección visual del estado de los topes estos no debe presentar roturas o deformaciones.
	Motor reductor	Anual	<ul style="list-style-type: none"> Se comprobara el funcionamiento del fin carrera, para esto se accionara varias veces manualmente para probar que este respondiendo de manera adecuada.
	Fines de carrera	Anual	Se inspeccionara que los fusibles estén funcionando para esto se tomara un multímetro y se verificara la continuidad de estos si se encuentran inservibles se remplazan.
7.4	Fuente de energía	Anual	Se realizara una inspección del deterioro de los contactos del sistema, si estos no funcionan correctamente se realizara el remplazo de los mismos, se realizara las mismas acciones para los contactos auxiliares.
	Tablero de suministro	Anual	

4.11. GRUPO: OBRA CIVIL

A continuación procedimientos de trabajo, seguridad y frecuencia de mantenimiento de todos los equipos que conforma el subgrupo obra civil.

4.11.1. EQUIPO: CAMINOS DE ACCESO

- **PROCEDIMIENTOS:**

En terrenos de difícil acceso, no es muy extraño ver caminos que no cuenten con peralte apropiado para evacuar las aguas de lluvia a los canales o cunetas. Un método experimentado con muy buenos resultados, es el de efectuar desvíos de agua del camino hacia las cunetas, aproximadamente cada 30 o 40 m.

- **SEGURIDAD:**

✓ Se necesitan los siguientes elementos de seguridad:



Tabla 70

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes del camino de acceso.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	1 Caminos de acceso	Anual	Realizar una inspección del estado del camino
	1.1 Camino de acceso casa de maquina	Anual	Realizar una inspección del estado del camino
	Calzada	Anual	Limpiar la calzada
	Cuneta	Anual	Limpiar la cuneta
	1.2 Camino de acceso	Anual	Realizar una inspección del estado del camino

	bocatoma	rio		
	bobo			
	Calzada		Anual	Limpiar la calzada
	Márgenes		Anual	Limpiar la márgenes
1.3	Camino	de		
	acceso		Anual	Realizar una inspección del estado del camino
	reservorio			
	Calzada		Anual	Limpiar la calzada
	Márgenes		Anual	Limpiar la márgenes

4.11.2. EQUIPO: CAPTACION DE AGUA

PROCEDIMIENTOS:

Limpieza de piedras, lodo o lama de las rejillas, que pudieran obstaculizar el ingreso de agua a los canales o tuberías forzadas. Aplicación de pintura anticorrosiva con base asfáltica a la rejilla.

- **SEGURIDAD:**

✓ Se necesitan los siguientes elementos de seguridad:



Tabla 71

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de captación de agua de generación.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:	
Compone	2	Captación de agua generación	Anual	Realizar una inspección del estado de toda la captación de agua.
	2.1	Bocatoma grande	Mensual	Control de funcionamiento de compuertas. Engrase de compuertas.
		Rejilla principal	Semanal	Limpieza de rejilla, eliminando hojas, ramas, solidos flotantes.

	Azud	Anual	Limpiar azud
	Canal de drenaje N° 1	Anual	Limpiar el canal.
	Canal de drenaje N° 2	Anual	Limpiar el canal.
	Desripiador	Anual	Limpiar deripiador.
2.2	Bocatoma río chico	Mensual	Control de funcionamiento de compuertas. Engrase de compuertas.
	Rejilla principal	Semanal	Limpieza de rejilla, eliminando hojas, ramas, solidos flotantes.
	Azud	Anual	Limpiar azud
	Canal de drenaje N° 1	Anual	Limpiar el canal.
2.3	Bocatoma río bobo	Mensual	Control de funcionamiento de compuertas. Engrase de compuertas.
	Rejilla principal	Semanal	Limpieza de rejilla, eliminando hojas, ramas, solidos flotantes.
	Azud	Anual	Limpiar azud
	Canal de drenaje N° 1	Semanal	Limpiar el canal.
	Canal de drenaje N° 2	Semanal	Limpiar el canal.
	Desripiador		Limpiar deripiador.
2.4	Canales de conducción	Diario	Vigilar el canal eliminando obstrucciones si las hay
	Canal Grande-reservorio	Semanal	Inspección de todo el canal especialmente en la zona de derrumbes
	Canal río Bobo-reservorio	Semanal	Inspección de todo el canal especialmente en la zona de derrumbes
2.5	Reservorio	Anual	Inspeccionar y limpiar
	Tanque de convergencia	Diario	Inspeccionar y limpiar
	Canal de drenaje	Anual	Limpiar el canal.
2.6	Tanque de presión	Diario	Inspeccionar y limpiar
	Rejilla principal	Diario	Limpieza de rejilla, eliminando hojas, ramas, solidos flotantes.
	Canal de drenaje	Anual	Limpiar el canal.

4.11.3. EQUIPO: CASAS DE MAQUINAS Y REVISORES HIDRAULICOS

PROCEDIMIENTOS:

La sala de máquinas así como todos los equipos instalados en ella, deben estar permanentemente limpios, sin polvo ni manchas de aceite u otros materiales nocivos a la vida útil de todo equipo eléctrico, mecánico o hidráulico.

- **SEGURIDAD:**

✓ Se necesitan los siguientes elementos de seguridad:



Tabla 72

Frecuencias y actividades de mantenimiento del equipo y sus componentes, subcomponentes de casa de máquinas y revisor hidráulico.

	Equipos:	Frecuencia de Mantenimiento	Actividades:
Componentes	3 casa de máquinas y revisor hidráulicos	Anual	Inspeccionar estado de la pintura. Verificar existencia de fisuras en paredes.
	3.1 casa de maquinas	Anual	Inspeccionar estado de la pintura. Verificar existencia de fisuras en paredes.
	cuarto de control	Anual	Inspeccionar estado de la pintura. Verificar existencia de fisuras en paredes.
	3.2 Casa del reservorio	Anual	Inspeccionar estado de la pintura. Verificar existencia de fisuras en paredes.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El haber desarrollado el presente trabajo permitió recopilar una gran cantidad de información para la elaboración de una base de datos, se ha logrado determinar el funcionamiento y la importancia en conjunto de todos los equipos y componentes que encontramos desde la captación de agua hasta la generación en la casa de máquinas.
- Para comprender todo el proceso de funcionamiento de la central hidroeléctrica San Miguel de Car, fue importante reforzar los conocimientos teóricos, ir conociendo el principio de funcionamiento de cada equipo y determinar el mantenimiento que los diferentes equipos requieren.
- Haber tenido la oportunidad de hacer un reconocimiento técnico de la central hidroeléctrica San Miguel de Car y poder definir los mantenimientos preventivos de la central con ayuda del jefe de departamento de mantenimiento y los operadores de la central se determinó la importancia de una planificación y control por medio del software para la central y su mantenimiento.
- El programa, sistema de mantenimiento programado SMProg como herramienta importante de apoyo para el departamento de generación, permitió obtener un plan de mantenimiento anual de todos los equipos y sus componentes de la central hidroeléctrica San Miguel de Car y así mantener puntualmente en tiempos establecidos para la ejecución de las actividades de mantenimientos preventivos.
- Finalmente cabe resaltar la importancia del presente trabajo de investigación, que permitió obtener conocimientos sobre la utilización de tecnologías como

es el programa SMProg, este programa tiene la facilidad de ser manejado hacia cualquier equipo o máquina que requiera un mantenimiento y control de funcionamiento permitiendo la confiabilidad y prolongando la vida útil de los equipos, el cual será aplicado en la vida profesional.

- Finalmente el programa SMProg nos brinda la gran ayuda de poder estar día a día actualizándolo, una base de datos que de igual forma permite estar permanentemente actualizada.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para las actividades de mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos y sus componentes, es recomendable revisar la información correspondiente a sus acciones de mantenimiento, ya que en algunos casos se requiere la presencia de un profesional.
- Es importante que el cronograma de mantenimiento propuesto sea actualizado en el programa SMProg, ya que las actividades de mantenimiento están establecidas en fechas.
- Es recomendable que el profesional a cargo de efectuar las órdenes de trabajo realice de manera puntual el manejo de las actividades de mantenimiento, y el uso de la tecnología como una herramienta de apoyo para el profesional a cargo de llevar el control y funcionamiento del software SMProg.
- Es necesario actualizar la base de datos en el tiempo de 1 año establecido, para el control y funcionamiento de actividades de mantenimiento preventivo en los equipos de la central hidroeléctrica.
- Es necesario capacitar al grupo de mantenimiento de centrales, operadores y revisores hidráulicos en actividades de mantenimiento y seguridad, para prevenir daños en los equipos.

5.3. BIBLIOGRAFÍA

Calloni, J. C. (2009). *Mantenimiento Eléctrico y Mecánico para pequeñas y medianas empresas*. Buenos Aires: Nobuko.

Calloni, J. C. (2011). *Mantenimiento Preventivo*. Buenos Aires: Alsina.

Elola, L. N., Pastor Tejedor, A. C., & Mugaburu Lacabrera, J. M. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Barcelona: Marcobo, S.A.

Garrido, S. G. (2009). *Ingeniería de mantenimiento*. Renovatec.

Garrido, S. G. (2009). Volumen 4. Mantenimiento Correctivo. En S. G. Garrido, *Colección Mantenimiento Industrial*. Renovatec.

Garrido, S. G. (2009). Volumen 6. Ingeniería del mantenimiento. En S. G. Garrido, *Colección Mantenimiento Industrial*. Renovatec.

Garrido, S. G. (2010). *La contratación del mantenimiento industrial*. Madrid: Diaz de Santos.

Iglesias, A. M. (2015). *UF0897 Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas*. Cano Pina, SL.

Luis, P. G. (s.f.). *¿Qué es viscosidad?* EL cid editor / Apuntes.

M., I. E. (s.f.). *Termómetros en la instrumentación y control industrial*. El cid editor / Apuntes.

- Padilla, B. J. (2012). *Prevención de riesgos laborales y medioambientales en el montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas*. Andalucía España: Innovación y Cualificación, S. L.
- Pérez, J. G. (2012). *Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas*. Málaga: Innovación y Cualificación, S. L.
- Pérez, J. M., & Zubiaurre, J. L. (2015). *Electricista de Mantenimiento*. Murcia, España: Buena Semilla.
- Roadstrum, W. H., & Wolaver, D. (1999). *Ingeniería Electrica Para Todos Los Ingenieros*. Mexico: Alfaomega.
- Robledo, F. H. (2007). *Riesgos Físicos*. Bogotá Colombia: ECOE.
- Santiago, G. M. (2013). *Gestion del montaje y del mantenimineto de instalaciones electricas* . Madrid España: Paraninfo S.A.
- Silverschatz, A., Korth, H., & Sudarshan, S. (2002). *Fundamentos de base de datos*.
- T., F., Sánchez, M., Pérez González, A., Joaquín L, Sancho Bru, Pablo J., & Rodríguez Cervantes. (2007). *Mantenimiento Mecánico de Máquinas*. Catellon de la Plana.

LINKCOGRAFÍA

ARCONEL. (16 de enero de 2015). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad* .

Obtenido de ARCONEL : <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/>

Sinfoec. (2001). *Gestión de Mantenimiento con SMProg*. Obtenido de SMProg:

http://www.sinfoec.com/webpages/sinfoec_somos.html

EMELNORTE. (2017). *Empresa Eléctrica Regional Norte* . Obtenido de EMELNORTE

: <http://www.emelnorte.com/eern/index.php/2016-07-05-14-51-54/historia>

Vida, C. A. (2017). *Protección y Seguridad Industrial* . Obtenido de Protección y

Seguridad Industrial : http://www.3m.com.ec/3M/es_EC/epp-la/equipoproteccionpersonal/?WT.srch=1&WT.mc_id=SE_E_equipo_de_protecci%C3%B3n_personal

ANEXOS