

1-1-2001

Manual de mantenimiento electromecánico preventivo, correctivo y predictivo con aplicación a las estaciones de bombeo Columnas y San Vicente

Jairo Ernesto Robayo Galvis
Universidad de La Salle, Bogotá

Darío Antonio Robayo Galvis
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica

Citación recomendada

Robayo Galvis, J. E., & Robayo Galvis, D. A. (2001). Manual de mantenimiento electromecánico preventivo, correctivo y predictivo con aplicación a las estaciones de bombeo Columnas y San Vicente. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/396

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Eléctrica by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**MANUAL DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO PREVENTIVO,
CORRECTIVO Y PREDICTIVO CON APLICACIÓN A LAS ESTACIONES DE
BOMBEO COLUMNAS Y SAN VICENTE**

**JAIRO ERNESTO ROBAYO GALVIS
DARIO ANTONIO ROBAYO GALVIS**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.**

2001

**MANUAL DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO PREVENTIVO,
CORRECTIVO Y PREDICTIVO CON APLICACIÓN A LAS ESTACIONES DE
BOMBEO COLUMNAS Y SAN VICENTE**

**JAIRO ERNESTO ROBAYO GALVIS
DARIO ANTONIO ROBAYO GALVIS**

**Proyecto de grado para optar al título de
Ingeniero Electricista**

**Director
Hernando Portilla
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.**

2001

Nota de aceptación

Director: Ing. Hernando Portilla

Jurado: Ing. Jairo Puentes

Jurado: Ing. Mario Segura

Santafé de Bogotá D.C., 22 de Febrero del 2001

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a las diferentes personas que de una u otra forma colaboraron con la ejecución de la misma, en especial a:

Doctor Roosevelt Apache Cruz, director operativo, dirección mantenimiento electromecánico, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, por su confianza y colaboración en el desarrollo del programa.

Ingeniero Hernando Portilla, director del proyecto, quien con sus oportunas orientaciones y aclaraciones, hicieron posible la culminación satisfactoria del proyecto.

Ingeniero Juan Carlos Sánchez, jefe división mantenimiento, electromecánico norte, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, por sus orientaciones y apoyo logístico.

Señor Nepo Pastor, Técnico, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, quien gracias a su experiencia aportó ideas y sugerencias que ayudaron a la culminación del trabajo.

A nuestros padres Antonio y Ana por su sacrificio y apoyo incondicional durante todas las etapas de nuestra vida.

A Gloria, hermana que nos colaboro en todo momento.

A nuestros familiares y amigos, por su solidaridad y apoyo.

A la memoria de Fredy, a quien siempre recordaremos, Q.E.P.D.

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

Ni la Universidad, ni el asesor, ni el jurado calificador, son responsables de las ideas expuestas por el graduando en este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
0. RESUMEN	18
1. MANTENIMIENTO	20
1.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO	21
1.1.1 Mantenimiento correctivo	22
1.1.2 Mantenimiento periódico	24
1.1.3 Mantenimiento programado	25
1.1.4 Mantenimiento predictivo	25
1.1.5 Mantenimiento bajo condiciones	26
1.1.6 Mantenimiento preventivo	26
2. ORGANIZACIÓN DE UN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	28
2.1 ETAPAS DEL PROCESO ADMINISTRATIVO	28
2.1.1 Planeación	29
2.1.2 Organización	32
2.1.3 Ejecución	35
2.1.4 Control	37
2.2 RELACIONES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CON LOS DE MÁS DEPARTAMENTOS	38
2.3 ALTERNATIVAS DE MÉTODOS PARA ORGANIZAR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	41
2.3.1 Mantenimiento por áreas	42
2.3.2 Mantenimiento centralizado	43
2.3.3 Mantenimiento mixto	44
3. FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS	46
3.1 ESTACIÓN DE BOMBEO COLUMNAS	47
3.2 ESTACIÓN DE BOMBEO SAN VICENTE	78
4. ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO	110
4.1 ESTACIÓN DE BOMBEO COLUMNAS	110

4.1.1	Conformación sistema eléctrico	110
4.1.2	Sistema a 11.4 kV.	111
4.1.3	Transformadores 11.4 kV / 480 – 277 V	112
4.1.4	Sistema a 480 V	113
4.1.5	Arrancadores de motores	114
4.1.6	Sistema de protecciones	115
4.1.7	Sistema de control	116
4.1.8	Sistema de alarmas	116
4.1.9	Sistema de comunicaciones	117
4.1.10	Conclusiones sobre su estado actual	117
4.1.11	Consideraciones sobre modificaciones	117
4.2	ESTACIÓN DE BOMBEO SAN VICENTE	119
4.2.1	Conformación sistema eléctrico	119
4.2.2	Sistema a 11.4 kV.	120
4.2.3	Transformadores 11.4 kV / 4.16 kV	121
4.2.4	Sistema a 4.16 kV.	122
4.2.5	Arrancadores de motores	123
4.2.6	Sistema de protecciones	124
4.2.7	Sistema de control	124
4.2.8	Sistema de alarmas	125
4.2.9	Sistema de comunicaciones	125
4.2.10	Conclusiones sobre su estado actual	126
4.2.11	Consideraciones sobre modificaciones	126
5.	INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO	128
5.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	128
5.1.1.	Estación de bombeo columnas	128
5.1.1.1	Cargador y banco de baterías	128
5.1.1.2	Acometida a motores	131
5.1.1.3	Tablero servicios auxiliares	132
5.1.1.4	Arrancadores	133
5.1.1.5	Celdas de medidas a 480 V	134
5.1.1.6	Banco de condensadores	136
5.1.1.7	Consola de control	137
5.1.1.8	Acometidas 11.4 kV.	138

5.1.1.9	Interruptor 11.4. kV.	139
5.1.1.10	Celda de medidas a 11.4 kV	140
5.1.1.11	Alimentación transformadores de potencia	142
5.1.1.12	Salidas transformadores de potencia	143
5.1.1.13	Alimentación transformadores auxiliares	143
5.1.1.14	Motores	144
5.1.1.15	Transformadores	147
5.1.2	Estación de bombeo San Vicente	163
5.1.2.1	Cargador y banco de baterías	163
5.1.2.2	Acometida a motores	166
5.1.2.3	Arrancadores	167
5.1.2.4	Acometidas 11.4 kV	168
5.1.2.5	Totalizador 11.4 kV	169
5.1.2.6	Celda de medidas a 11.4 kV	170
5.1.2.7	Alimentación transformadores de potencia	171
5.1.2.8	Alimentación transformadores auxiliares	172
5.1.2.9	Salidas transformadores de potencia	173
5.1.2.10	Celda de medidas a 4160 V	174
5.1.2.11	Condensadores	176
5.1.2.12	Tablero servicios auxiliares	177
5.1.2.13	Consola de control	178
5.1.2.14	Motores	179
5.1.2.15	Puente grúa	182
5.1.2.15.1	Para los motores	182
5.1.2.15.2	Para los engranajes	184
5.1.2.16	Transformadores	185
5.1.3	Formato mantenimiento preventivo	201
5.2	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	201
5.2.1	Introducción	202
5.2.2	Equipos sugeridos	203
5.2.3	Definiciones	203
5.2.4	Guía para la evaluación de la probabilidad del riesgo (EPR).	204
5.2.5	Guía para la calificación de P ó D	205
5.2.6	Guía de la descripción de términos designados en el sistema de evaluación.	206

5.2.7	Guía para la evaluación de “R”	206
5.2.8	Procedimiento.	207
5.2.9	Pasos siguientes	210
5.2.10	Guía para el sistema de control de procesos	211
5.2.11	Formato	211
5.3	MANTENIMIENTO CORRECTIVO.	211
6.	STOCK DE REPUESTOS	213
6.1	ESTACIÓN DE BOMBEO COLUMNAS	213
6.1.1	Banco de baterías	213
6.1.2	Cargador de baterías	213
6.1.3	Tablero servicios auxiliares	214
6.1.4	Arrancadores	214
6.1.5	Acometida a motores	215
6.1.6	Celda de medidas a 480V	215
6.1.7	Banco de condensadores	216
6.1.8	Consola de control	217
6.1.9	Acometida 11.4 kV	218
6.1.10	Interruptor 11.4.kV	218
6.1.11	Celda de medidas a 11.4.kV	219
6.1.12	Alimentación trafo potencia	220
6.1.13	Salida trafo potencia	220
6.1.14	Alimentación trafo auxiliares	221
6.1.15	Motores	222
6.1.16	Transformadores	222
6.2	ESTACIÓN DE BOMBEO SAN VICENTE	222
6.2.1	Banco de baterías	222
6.2.2	Cargador de baterías	223
6.2.3	Arrancadores	223
6.2.4	Acometida 11.4.kV	224
6.2.5	Acometida a motores	225
6.2.6	Totalizador 11.4.kV	225
6.2.7	Celda de medida 11.4.kV.	226
6.2.8	Alimentación trafo potencia	226
6.2.9	Alimentación trafo auxiliares	227

6.2.10 Salida trafo potencia	227
6.2.11 Celda de medidas 4160 V	228
6.2.12 Condensadores	229
6.2.13 Tablero servicios auxiliares	229
6.2.14 Consola de control	230
6.2.15 Motores	231
6.2.16 Puente grúa	232
6.2.17 Transformadores	232
7. IMPLANTACIÓN DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO	233
7.1 DISPONIBILIDAD (PERDIDAS DE TIEMPO)	234
7.2 TIEMPOS PROMEDIOS REPARACIÓN (MTTR)	234
7.3 FRECUENCIAS DE PARADAS	235
7.4 TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF)	236
7.5 FICHAS CHEQUEO DE EQUIPOS	236
7.6 HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS	237
7.7 RUTAS DE CHEQUEO	237
7.7.1 Banco de baterías y cargador	237
7.7.2 Acometida a motores	237
7.7.3 Tableros servicios auxiliares	238
7.7.4 Arrancadores	238
7.7.5 Celdas de medidas a 480 V	238
7.7.6 Banco de condensadores	238
7.7.7 Consola de control	239
7.7.8 Acometida 11.4.kV	239
7.7.9 Interruptor 11.4 kV	239
7.7.10 Celdas de medidas a 11.4.kV	239
7.7.11 Alimentación trafo potencia	240
7.7.12 Salida trafo potencia	240
7.7.13 Alimentación trafo auxiliares	240
7.7.14 Motores	240
7.7.15 Transformadores	240
8. IMPLANTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS	242
8.1 TERMOGRAFÍA	242
8.1.1 Análisis térmico	242

8.1.2 Imagen térmica	242
8.1.3 Termografía	243
8.1.4 Teoría de la toma de imagen térmica	243
8.1.5 Factores que inciden en un análisis termográfico	244
8.1.6 Conservación de energía	246
8.1.7 Especificación de un sistema de toma de imagen térmica	246
8.1.8 Ventajas de un análisis termográfico	247
8.2 ANÁLISIS DE VIBRACIONES	248
8.2.1 ¿Qué es la vibración?.	248
8.2.2 ¿Qué causa la vibración?	248
8.2.3 Cuándo se analiza.	249
8.2.4 Sistema MARLIN (SKF).	250
8.2.4.1 Instalaciones más productivas.	251
8.2.4.2 Capacidades del sistema.	253
8.3 ANALISIS DE ACEITES	254
8.3.1 Introducción.	254
8.3.2 Pruebas de laboratorio.	255
8.3.3 Observaciones generales.	257
8.3.4 Etiquetado del envase.	257
8.3.5 Procedimiento para la toma de muestras.	258
8.3.6 Pruebas sugeridas para el análisis de aceites usados.	259
8.4. TÉCNICAS CONVENCIONALES Y TÉCNICAS MODERNAS DE REALIZAR MANTENIMIENTO	259
9. COSTOS POR MANTENIMIENTO.	261
9.1 TIEMPOS DE MANTENIMIENTO	261
9.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	264
9.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	264
9.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	265
10. CONCLUSIONES	266
BIBLIOGRAFÍA	269
ANEXOS	274

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cuadro comparativo de costos del mantenimiento en U.S. \$/HP/Año.	21
Figura 2. Cartel de presentación, Estación columnas.	110
Figura 3. Transformador #2, Estación columnas.	113
Figura 4. Cartel de presentación, Estación San Vicente.	119
Figura 5. Transformador de Patio, Estación San Vicente.	122

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Sistema de calificación.	205
Tabla 2. Sistema de calificación P ó D.	205
Tabla 3. Guía de la descripción de términos designados en el sistema de evaluación.	206
Tabla 4. Guía para la evaluación rango de ocurrencia.	207
Tabla 5. Ejemplo de análisis.	209
Tabla 6. Emisividad de algunos materiales.	245
Tabla 7. Pruebas a aceites industriales.	259

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la Estación de Bombeo Columnas.	274
Anexo B. Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la Estación de Bombeo San Vicente.	275
Anexo C. Formato mantenimiento preventivo de cargador y banco de baterías.	276
Anexo D. Formato mantenimiento preventivo de acometidas, tablero servicios auxiliares, consola de control, celda de medidas y condensadores.	277
Anexo E. Formato mantenimiento preventivo de arrancadores y motores.	278
Anexo F. Formato mantenimiento preventivo de medida de aislamiento a motores.	280
Anexo G. Formato mantenimiento preventivo de transformadores e interruptores.	282
Anexo H. Formato análisis de modo de falla.	283
Anexo I. Formato registro de mantenimiento correctivo.	284
Anexo J. Formato inspección de cargador y banco de baterías.	285
Anexo K. Formato inspección de acometidas, tablero servicios auxiliares, consola de control, celda de medidas y condensadores.	286
Anexo L. Formato inspección de arrancadores y motores.	287
Anexo M. Formato inspección de transformadores e interruptores.	289

INTRODUCCIÓN

Dentro de los principales problemas que mantienen oprimida a la industria, hay una de vital importancia por sus características y por la tendencia general a considerarla como un gasto y no como una inversión, causante en alto grado de la baja productividad y al cual no se le dá la importancia que merece: el Mantenimiento.

La búsqueda de soluciones y el correcto funcionamiento de las estaciones de bombeo, da como respuesta el fenómeno económico, lleva a convertir el mantenimiento en otra fuente de productividad que contribuye efectivamente a reducir costos para equilibrar esa balanza tan cargada de gastos.

Se tienen en cuenta todas las variables del mantenimiento con el objeto de establecer controles efectivos, tanto técnicos como económicos.

Metas e importancia filosófica para facilitar el Mantenimiento:

- El Mantenimiento busca:
 - Seguridad para las personas y equipos
 - Disminución de costos
 - Confiabilidad
 - Disminuir impactos en la prestación de un servicio
 - La protección de las inversiones
 - La garantía de una producción
 - La seguridad de un servicio
- El Mantenimiento no se improvisa: se planifica.

- El Mantenimiento es una base fundamental del desarrollo de una empresa y un país.
- La ética en el Mantenimiento es la calidad de su servicio.
- El Mantenimiento es un negocio de todos e involucra también a la operación, proveedores y contratistas.
- Las sugerencias del personal son una buena fuente de recursos del Mantenimiento.
- Velar por el Mantenimiento asegura la mejor calidad a más bajo precio.

Toda estrategia de Mantenimiento debe tener por objetivo esencial asegurar la disponibilidad máxima de la instalación sin que los costos de Mantenimiento sobrepasen un nivel razonable.

El manual presenta un aporte al personal encargado del mantenimiento, los parámetros generales de un mantenimiento electromecánico preventivo, correctivo y predictivo, a través de la investigación y la síntesis de información obtenida.

Con el desarrollo y análisis de nuevas tecnologías, se han introducido en la técnica del mantenimiento nuevas herramientas que facilitan el diagnóstico y pronóstico del estado o condición de los equipos y la predicción de las fallas. Un buen programa de mantenimiento debe contemplar la aplicación de estas tecnologías con el fin de que la función mantenimiento sea más eficiente y eficaz, evitando en lo posible las paradas de la producción.

Se crearon tareas de mantenimiento preventivo y predictivo las cuales minimizan las frecuencias y el impacto de los mantenimientos correctivos. Con lo cual se obtiene una mejora sustancial en la confiabilidad de los equipos y por ende la confiabilidad en la prestación del servicio.

Con el uso del manual, se presenta un soporte técnico administrativo, operativo e instructivo con el fin de corregir, inspeccionar, mantener prevenir y atender el estado de funcionamiento de las estaciones de bombeo.

RESUMEN

El presente trabajo pretende mostrar con la mayor objetividad posible, la salida del mantenimiento del estado de “gastos fijos” para situarlo donde debe estar, en el campo de la “productividad”.

Inicialmente se definió cada uno de los tipos de mantenimiento existentes y los objetivos que persiguen, para que el personal de mantenimiento esté ubicado en lo que se pretende realizar en cada una de las etapas.

Se tuvo en cuenta la importancia de un estricto control y organización de las actividades que competen en el mantenimiento, por lo cual se creó un capítulo exclusivo tratando de dar ideas y guiar en la mejor forma posible a las personas encargadas de dirigir el mantenimiento de la Empresa, de la forma más concreta y completa posible.

Basados en las visitas de campo se crearon las fichas técnicas de cada uno de los equipos de las dos estaciones, en las cuales se incluyen los datos más importantes y que pueden ser necesarios en cualquier momento. Además se describe en forma general cada una de las estaciones, dando a conocer las principales partes y los principales equipos, así como las funciones de algunos sistemas.

Después, se elaboraron los instructivos de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, con el fin de mantener los equipos e instalaciones en perfectas condiciones operativas, donde de forma muy completa y detallada se explican los procedimientos, normas, frecuencias y precauciones a tener en cuenta para cada equipo en cada mantenimiento. Basados en estos instructivos de mantenimiento

se creó el stock de repuestos, ya que la prolongación de la vida útil de la maquinaria hace que el consumo de repuestos sea menor, lo que permite disminuir el stock, pues su demanda es más baja. Actualmente, el almacenamiento de repuestos, contribuye al objetivo nacional de fabricar en el país la mayor cantidad posible de partes y repuestos.

Para complementar la parte anterior se crearon algunos indicadores de mantenimiento, además de: frecuencias de paradas, rutas de chequeo, hojas de vida de los equipos, fichas de chequeo, etc.

Se recomendó la implantación de nuevas tecnologías como: termografía, análisis de vibraciones y análisis de aceite, con el fin de facilitar la programación y la realización de las tareas de mantenimiento. Ya que estas tecnologías brindan muchos datos que son imposibles de conocer simplemente con los sentidos, ayudándonos a prevenir posibles daños o pérdidas de producción.

Finalmente se realizó una comparación entre las técnicas convencionales y modernas de realizar el mantenimiento, donde se expresa la importancia de entrelazar ambas técnicas, ya que se complementan mutuamente. Además se habla de los costos de cada mantenimiento, donde se puede apreciar cual trae mayores beneficios.

1. MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

Como es evidente, debido a la incapacidad para que los equipos e instalaciones se mantengan en buen funcionamiento por sí mismos, debe organizarse un grupo de personas para que se encargue de esto y se constituya así una “organización de mantenimiento”.

Desde el punto de vista de quien administra el mantenimiento, el objetivo principal es la conservación del SERVICIO. Esto es, la máquina debe recibir un mantenimiento no por ella misma, sino para su conservación y para garantizar que la función que ella realiza dentro del proceso productivo se cumpla a cabalidad y se mantenga la capacidad productiva en el nivel deseado.

Lo anterior se debe basar siempre en el equilibrio de los siguientes factores:

- Minimizar los costos de parada del equipo por daños y reparaciones.
- Maximizar la utilización del capital invertido en instalaciones y equipos, aumentando así su vida útil.
- Minimizar los costos de operación y mantenimiento, para aumentar los beneficios de la actividad industrial.

Es también una función del mantenimiento garantizar la seguridad industrial.

En la práctica, el alcance del mantenimiento depende del tipo de industria o instalación, así como de la magnitud y desarrollo industrial de la misma.

Cada industria en particular y cada departamento de mantenimiento, dependiendo de su formación académica y técnica y de las características de los equipos y sistemas que deben mantenerse, desarrollarán sus propias técnicas y estilos administrativos.

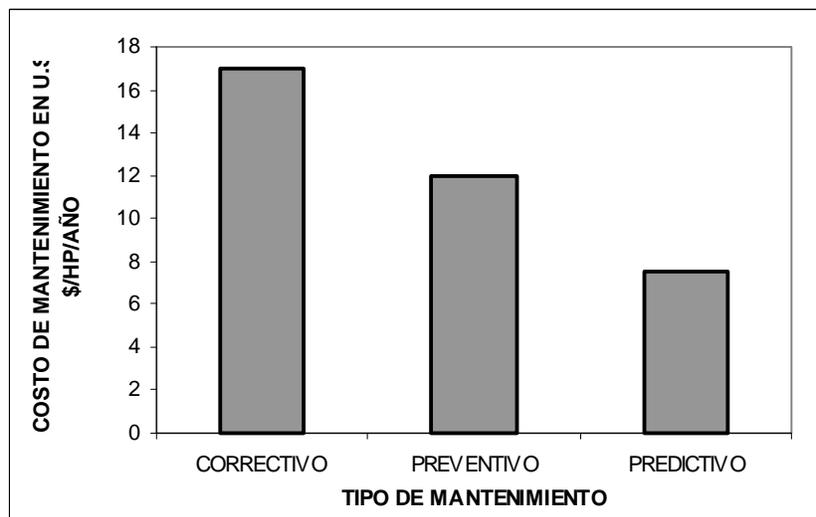


Figura 1. Cuadro comparativo standard de costos del mantenimiento en U.S. \$/HP/AÑO

Fuente: FEDEMETAL, Manual de Mantenimiento

1.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Existen diversas formas de realizar el mantenimiento a un equipo de producción, cada una de las cuales tiene sus propias características.

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento periódico.
- Mantenimiento programado.

- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento bajo condiciones.
- Mantenimiento preventivo.

1.1.1. **Mantenimiento correctivo.** Como su nombre lo indica, es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en determinado momento.

En otras palabras, es el equipo quien determina las paradas. Su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible. Este mantenimiento es generalmente el único que se realiza en pequeñas empresas. Las etapas por seguir cuando se presente un problema de mantenimiento correctivo, pueden ser las siguientes:

- Identificar el problema y sus causas.
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación.
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la más óptima.
- Planear la reparación de acuerdo con personal y equipo disponibles.
- Supervisar las actividades por desarrollar.
- Clasificar y archivar la información sobre tiempos, personal y repuestos de la labor realizada, así como las diferentes observaciones al respecto.

Este tipo de mantenimiento presenta una serie de inconvenientes en diversas áreas de la empresa a saber:

Personal: En un comienzo, o sea cuando el equipo es nuevo, tan solo será necesario un reducido grupo de técnicos para atender las fallas que se presenten, pero con el transcurrir del tiempo, el desgaste del equipo será mayor y traerá como consecuencia un incremento en el número de fallas, que ya no podrán ser atendidas por el mismo grupo de personas, lo cual hace necesario el que se

contrate más personal de mantenimiento para atender todos los daños. Por otro lado, si una falla suspende el proceso productivo, el personal de producción se encontrará inactivo y devengando por un largo tiempo; pero si además recibe bonificación por la producción, estará presionando para una pronta reparación, y esto influye para que la reparación realizada no sea la mejor.

Maquinaria: Una pequeña deficiencia que no se manifieste, puede con el tiempo hacer fallar otras partes del mismo equipo, convirtiéndose así, un arreglo pequeño en una reparación mayor que incrementa los costos debido al aumento y el tiempo de parada del equipo. Esto se podría haber evitado efectuando a tiempo el cambio del elemento, daño que hubiera sido detectado durante una revisión preventiva.

Inventario: Casi podría afirmarse que el repuesto requerido para solucionar una falla no se encuentra en ese momento en el almacén, por no existir la información de la clase y cantidad de repuestos necesarios. La consecución de estos elementos exteriormente hace que la demora sea mayor y se incrementen los costos. Esta información, al igual que en el caso anterior, se hubiera podido obtener mediante continuas revisiones preventivas.

Seguridad: La seguridad se verá afectada si la falla coincide con un evento inaplazable en la producción y se obliga a los equipos a trabajar en condiciones de riesgo tanto para el personal, como para la maquinaria.

Calidad: Por último, la calidad del producto se verá seriamente afectada, ya que el desgaste progresivo de los equipos ocasionará una caída de esta, lo cual dará como resultado un aumento en la calidad de “segundas” al final del proceso.

Aunque lo anterior muestra claramente que hoy en día, para una empresa media los costos de mano de obra y lucro cesante hacen imposible su administración únicamente con un sistema de mantenimiento correctivo, muchas empresas

desarrolladas persisten en la idea de reparar solamente las fallas que se van presentando.

De todas maneras, la práctica enseña que el mantenimiento correctivo es inevitable, así se haya implantado un programa de mantenimiento preventivo, ya que en cualquier momento se pueden presentar fallas que no fueron previstas.

Cabe anotar la existencia de equipos o instrumentos que, debido a la gran necesidad de ajustes para un funcionamiento óptimo o por poseer una delicada conformación (equipos electrónicos) o, porque llevan buen tiempo trabajando sin molestar, es preferible no revisarlos para evitar la pérdida del ajuste adquirido con el tiempo o dañarlos; entonces se recomienda esperar a que fallen, para en ese momento hacerles una reparación total que los deje en condiciones óptimas de funcionamiento. Esta práctica es común cuando se tiene un equipo de reserva.

1.1.2. Mantenimiento periódico. Este tipo de mantenimiento, como su nombre lo indica, es aquel que se realiza después de un período de tiempo generalmente largo (entre seis y doce meses). Consiste en realizar grandes paradas en las que se efectúan reparaciones mayores.

Para implantar este tipo de mantenimiento, se requiere una excelente planeación e interrelación del área de mantenimiento con las demás áreas de la empresa, para lograr llevar a cabo las acciones en el menor tiempo posible.

Generalmente la decisión de implantar este tipo de mantenimiento no queda en manos del departamento de mantenimiento debido a la complejidad y a los costos tan altos que se manejan.

1.1.3. Mantenimiento programado. Este es otro sistema de mantenimiento que se practica hoy en día y se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo período de tiempo, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes.

En este tipo de mantenimiento se lleva a cabo un estudio detallado de los equipos y a través de él se determina, con ayuda de datos estadísticos e información del fabricante, las partes que se deben cambiar, así como la periodicidad con que se deben hacer los cambios. Una vez echo esto, se elabora un programa de trabajo que satisfaga las necesidades del equipo.

Aunque este sistema es superior al mantenimiento correctivo, presenta algunas fallas. La principal es el echo de que, con el fin de prestar el servicio que ordena el programa a una determinada parte del equipo, sea necesario retirar o desarmar partes que están trabajando en forma perfecta.

1.1.4. Mantenimiento predictivo. Este tipo de mantenimiento consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les puede permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía. La mayoría de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción.

Las más frecuentes son:

1. De desgaste. Con espectrofotómetro de absorción atómica, aplicando sobre los aceites de lubricación que sí muestran un contenido de metal superior al normal, nos indican dónde está ocurriendo un desgaste excesivo.
2. De espesor. Con ultrasonido.

3. De fracturas. Con rayos X, partículas magnéticas, tintas reveladoras o corrientes parásitas, ultrasonido.
4. De ruido. Con medidores de nivel de ruido o decibelímetro.
5. De vibraciones. Con medidores de amplitud, velocidad y aceleración.
6. De temperatura. Con rayos infrarrojos o sea la termografía.

El mantenimiento predictivo sólo informa y sirve de base para un buen programa de mantenimiento preventivo.

1.1.5. **Mantenimiento bajo condiciones.** Este, más que un tipo de mantenimiento, es una práctica que se debe seguir cuando se tiene implantado un determinado sistema de mantenimiento y consiste en adecuar el programa según varíen las condiciones de producción (de uno a dos turnos) o las condiciones de operación (el ambiente de operación), teniendo en cuenta principalmente el efecto que cause esto sobre el equipo. En otras palabras, mediante esta práctica se mantiene actualizando el programa existente.

1.1.6. **Mantenimiento preventivo.** Para evitar que se confunda este mantenimiento con una combinación del periódico y el programado, se debe hacer énfasis en que la esencia de éste son las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva o de cambio.

Este sistema se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional, para garantizar su buen funcionamiento.

El mantenimiento preventivo es aquel que se hace mediante un programa de actividades (revisiones, lubricación), previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipos.

Este programa se fundamenta en el estudio de necesidades de servicio de un equipo, teniendo en cuenta cuáles de las actividades se harán con el equipo detenido y cuáles cuando está en marcha. Además, se estima el tiempo que se toma cada operación y la periodicidad con que se efectúa, con el fin de poder determinar así las horas-hombre que requiere una tarea de mantenimiento, al igual que las personas que se van a emplear en determinados momentos del año.

El éxito de un programa de mantenimiento preventivo, estriba en el análisis detallado del programa de todas y cada una de las máquinas y en el cumplimiento estricto de las actividades, para cuyo efecto se debe realizar un buen control.

Dependiendo del tipo de empresa, del desarrollo alcanzado por ella, así como las políticas establecidas, se pueden conjurar para efectos de un mejor mantenimiento, varias de las alternativas antes mencionadas, realizándose de esta manera un MANTENIMIENTO MIXTO.

2. ORGANIZACIÓN DE UN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

2.1. ETAPAS DEL PROCESO ADMINISTRATIVO

En la organización de un departamento de mantenimiento se estarán aplicando las técnicas y los principios de la administración a un área específica; por esta razón quien organiza un departamento de mantenimiento debe tener muy buenos conocimientos, con el fin de lograr una clara definición de los objetivos, los cargos, sus funciones, los requisitos para ocuparlos y las relaciones entre personas y departamentos.

Las diferentes etapas que se deben seguir son:

- A. Planear con detalle la organización, para así definir con muy subjetiva claridad el objetivo y las formas de alcanzarlo. Estas, al ser estudiadas, darán lugar a un programa de trabajo que tendrá incorporado los elementos de control necesarios.

- B. Una vez realizado lo anterior, se organizarán y estructurarán los recursos de manera funcional; con el fin de lograr esto, hay que dividir el trabajo para determinar la cantidad de puestos, definiendo de paso su categoría y labores. Cuando se ha realizado lo anterior, se puede llegar a la selección del personal que ocupará dichos cargos. Para hacerlo hay que tener especial cuidado al escoger la persona que ocupará un cargo determinado, sin caer en el error de adaptar el cargo a las condiciones personales del candidato (primero se crea el cargo y luego se selecciona la persona más adecuada para ejercerlo).

Al hacer la confrontación entre las capacidades y conocimientos de quien ocupará un puesto y las exigencias que éste implica, se puede determinar las necesidades de capacitación de la persona; así podrá adecuarla a dichas exigencias. Una vez hecho esto, se debe delegar a cada uno la autoridad, además de proveerlo de los recursos humanos y técnicos suficientes para que pueda desarrollar eficazmente su labor.

- C. Al llegar el administrador a este punto el siguiente paso, es lograr que quienes han sido escogidos, sientan deseo de ejecutar lo organizado y, para esto, deberá motivarlos, lograr una buena comunicación con ellos para mantenerlos informados y asegurarse de que la información ha sido recibida.

Cuando ya se han obtenido resultados, se deben orientar los esfuerzos de todos hacia el objetivo previamente definido, mediante una óptima coordinación.

- D. Cuando la organización está funcionando en la forma descrita, es necesario controlar sus logros. Esto se hace a través de la comparación con los presupuestos establecidos en el proceso de planeación, analizando en detalle las desviaciones para hacer los ajustes que sean necesarios. Esto implica el iniciar nuevamente los procesos de planeación, organización, ejecución y control de las diversas labores establecidas, para lograr la solución del problema.

Las etapas anteriormente descritas son la base del proceso administrativo y se analizarán más a fondo con miras a tener una mejor idea de ellas.

2.1.1. **Planeación.** La planeación es el primer paso del proceso administrativo y el más importante, pues ella genera las bases sobre las cuales se desarrollan las demás. En la planeación se procede a definir con mayor precisión a dónde se

desea llegar y el momento en el cual se logrará esta meta; a partir de esto, se analizan los recursos humanos y técnicos disponibles y las limitaciones en las diversas áreas por último, se detallan las labores indicando su número y duración.

Cuando se han seguido los pasos anteriores se puede llegar a saber cuándo, empezar, terminar y además hacer presupuestos sobre los costos, las acciones y los tiempos. Estos presupuestos se emplean como patrones para evaluar el desarrollo de la labor ejecutada. La planeación, es por tanto, una continua toma de decisiones y se compone de aspectos muy definidos que siempre deben tenerse en mente, tales como: Políticas, Objetivos, Procedimientos, Métodos, Programas y Presupuestos.

A. **Políticas:** Son las normas que enmarcan y orientan el pensamiento o la acción en la toma de decisiones para conseguir un objetivo.

Las políticas delimitan el área dentro de la cual una decisión habrá de ser tomada. Ejemplos de éstas son:

- Hacer sólo lo que no se pueda contratar.
- Lo más importante es la calidad del trabajo.

B. **Objetivos:** Son el resultado final que se persigue. Hacia ellos se orientan todos los esfuerzos y su consecución debe ser una constante preocupación de todos los miembros de la organización. Ejemplos de éstos son:

- Bajar el presupuesto de operación al 97.7%.
- Elevar el cumplimiento de las labores de mantenimiento a un 94%.

C. **Procedimientos:** Son una serie de labores que están interrelacionadas para realizar cronológicamente un trabajo. En el momento de planear, se deben definir claramente los procedimientos para lograr una gran coordinación entre

las diferentes partes del proceso. Estos son verdaderamente unas guías de acción. Tal y como sucede en otros tipos de planes, los procedimientos tienen una jerarquía de importancia y, con frecuencia, traspasan las líneas departamentales.

D. **Métodos:** Son parte importante de un procedimiento e indican la manera de realizar una labor específica. Toda mejora en los procedimientos de operación debe empezar por corregir los métodos que la componen. En una organización que desee evitar ambigüedades y errores que le puedan llevar al caos, es necesario que exista un manual escrito de procedimientos, para que pueda ser utilizado cuando surjan dudas sobre la forma de actuar en una situación específica.

E. **Programas:** Son las listas o gráficos que indican exactamente quién, cuando, con qué y en cuánto tiempo, debe realizarse una labor. Con esto se logra la coordinación de los recursos para cubrir las necesidades.

Mientras mejor sea la planeación mejor, será el programa de desarrollo y más fácil será el ponerlo en ejecución. Para realizar dicha programación se utilizan herramientas tales como: diagramas de Gant, redes de P:E.R.T..

F. **Presupuestos:** Son las metas por alcanzar en diferentes aspectos como mano de obra, consumo de materiales, horas extras, etc., con base en los programas elaborados.

Los presupuestos son imprescindibles si se desea efectuar un buen control de los programas, pues así se podrá comparar lo real contra lo estimado y medir la desviación, si es que existe, tratando de explicarla.

2.1.2. **Organización.** Es el hecho de dar forma a lo planeado de acuerdo con los recursos de la empresa, definiendo una estructura por funciones. Para ello se debe hacer una división clara y efectiva de la autoridad, evitando en lo posible entrecruzamientos de funciones y obligaciones.

El éxito de la organización se basa en una buena proyección de la empresa y en el análisis de los siguientes aspectos: Cargos, Personas, Autoridad y Responsabilidad.

A. **Cargos:** Lo primero que se debe hacer, es una lista de las funciones por desarrollar, separarlas en grupos de finalidad similar, determinar las horas-hombre y las horas-máquina en cada grupo y decidir así el número de puestos por crear. Los puestos ahora creados deben estar perfectamente definidos en cuanto a labores, descripción genérica, grado de habilidad, esfuerzo físico y mental, responsabilidad y condiciones de trabajo.

En la actualidad existen varios métodos que permiten hacer la evaluación de un puesto, teniendo en cuenta diversos aspectos. Uno de estos es el método HAY, que se explica a continuación.

El método de perfiles y escalas HAY es un sistema para evaluar puestos, en el cual se le asignan puntos a cada uno en función de tres factores: habilidad, solución de problemas y finalidad.

Para cada uno de los factores se tiene en cuenta ciertas características que son:

- **Habilidad:** es el conjunto de conocimientos y experiencias requerido para desempeñar aceptablemente el cargo, independientemente de cómo estos conocimientos se hayan adquirido. Este “conocimiento total” tiene tres aspectos que son:

- La habilidad especializada, la técnica y la práctica requeridas.
 - Amplitud de habilidad de gerencia, la habilidad para integrar diferentes clases de funciones.
 - Habilidad en relaciones humanas, la habilidad humana requerida para motivar al personal.
-
- **Solución de problemas:** es la cantidad de “pensamiento - iniciativa” ORIGINALES NECESARIOS EN EL OFICIO para analizar, evaluar, razonar y crear, a fin de llegar a formular conclusiones. Esta función de los procesos mentales tiene dos aspectos:
 - El grado de libertad para pensar (limitado por el “medio ambiente”). Lo que algunas veces se cataloga como “libertad de pensamiento” es, en realidad, el ambiente en el cual los pensamientos se desenvuelven, definido por el grado en que están circunscritos por o libres normas, precedentes y referencias a otros cargos. Libertad de pensamiento no debe confundirse con libertad de acción. (Véase FINALIDAD).
 - Grado de complejidad del proceso mental. El reto mental que se presenta en el pensamiento que va a realizarse, variará desde simples selecciones entre cosas ya conocidas hasta el desarrollo de nuevos conceptos y soluciones imaginativas en situaciones nuevas o desconocidas.

 - **Finalidad:** es la posibilidad de “responder” por una acción y sus consecuencias. Es el efecto medido del cargo en los resultados y tiene tres dimensiones:
 - Libertad para actuar. Grado de control y orientación personal o de procedimiento al cual se está sujeto.
 - Impacto. La forma en que el oficio tiene incidencia en los resultados finales. Variará desde servicios incidentales remotos para el uso de otros

en relación con algunos resultados finales, hasta impacto primario o decisivo sobre resultados finales.

- **Magnitud.** La magnitud general en dinero del área más clara o primariamente afectada por el cargo.

Una vez que se han asignado puntos a cada cargo se determina su ubicación relativa con respecto a otro cargo modelo, aplicando para ellos tablas de valuación y gráficos de dispersión. El número total de puntos representa la dificultad relativa del cargo y la importancia que representa para la empresa.

La valuación se puede hacer solamente si existe una descripción sistemática de cada función.

- B. **Personas:** Una vez creados y definidos los puestos , se pueden seleccionar las personas más idóneas para ocuparlos, sabiendo de antemano que se presentarán limitaciones por las exigencias del cargo.
- C. **Autoridad:** Cuando las personas están ocupando sus puestos, se les debe delegar la autoridad que garantice el buen cumplimiento de sus labores; dicha autoridad no debe ser ejercida por fuerza sino mediante persuasión.
- D. **Responsabilidad:** Es la obligación que tiene cada persona ante sus superiores, de cumplir en la mejor manera posible con las funciones relativas a su cargo. No puede delegarse la responsabilidad como se hace con la autoridad.

Una vez realizado lo anterior, se debe establecer la manera cómo funcionarán las jerarquías, las comunicaciones y el mando, dando a cada puesto creado la ubicación adecuada dentro del organigrama general.

Hay que reducir en lo posible las líneas largas de autoridad; también, racionalizar el número de personas que informen a un mismo individuo, procurando que no sea excesivo y que toda actividad este basada siempre en el entrenamiento de los subordinados, la capacidad individual de la persona, la planeación y el control de la empresa misma.

Se considera fundamental el hecho de tener muy en cuenta las capacidades de las personas que ocupan cada cargo para aprovecharlas, orientándolas hacia la consecución de los objetivos de la empresa.

La organización debe responder a las necesidades particulares de cada empresa, no existen patrones óptimos ni fijos; es decir, para cada caso hay que determinar el sistema más efectivo; también debe ser dinámica y variar de acuerdo con las circunstancias del momento.

2.1.3. Ejecución. Ejecutar es poner en funcionamiento todo lo planeado y organizado hasta el momento. Dado que el único recurso de la empresa variable por sí mismo, es el humano, hacia él debe orientarse la ejecución.

Un buen administrador se preocupará de poner en práctica ciertos principios para lograr que sus colaboradores se familiaricen con la estructura de la organización, las relaciones interdepartamentales y con sus deberes y autoridad.

Una vez que los subordinados han sido orientados, el superior tendrá la continua responsabilidad de aclararles sus funciones, guiarlos hacia el mejoramiento de la ejecución, el desempeño de las tareas y motivarlos a trabajar con celo y confianza, buscando con ello alcanzar los objetivos de la mejor manera posible. Los principios mencionados arriba son: Motivación, Comunicación, Dirección y Coordinación.

A. **Motivación:** quien administra debe crear un ambiente de constante superación haciendo que las personas identifiquen sus objetivos con los de la empresa.

Las necesidades por satisfacer en el individuo son: de realización, de reconocimiento y de desarrollo profesional. La existencia de un desafío aumenta el interés de las personas.

La motivación no puede ser algo fugaz, debe ser una labor continua y exige una planeación.

B. **Comunicación:** el éxito en la organización está en la reciprocidad de la misma. Para que sea así, se necesitan: un transmisor (el administrador o gerente), un receptor (el subordinado) y un procedimiento o medio (palabra, escritura o ademanes). Como el transmisor es el responsable de la comunicación, él debe:

- Procurar que la idea transmitida sea clara y precisa.
- Escoger un lenguaje adecuado para que el receptor lo comprenda.
- Observar la respuesta del receptor con el fin de determinar si el mensaje ha sido asimilado.

C. **Dirección:** es la función desempeñada por el administrador y tiene como fin el orientar los esfuerzos de todos hacia el objetivo de la empresa. Esta orientación se realiza a través de órdenes o instrucciones muy precisas que se dan teniendo en cuenta los principios de motivación y comunicación antes expuestos.

D. **Coordinación:** en la ejecución es necesario lograr que los esfuerzos del grupo estén sincronizados y sean ejecutados en el momento, cantidad y dirección exactas. Esto es coordinación.

Si se logra una buena coordinación entre las distintas áreas, se obtendrá un mayor rendimiento en las labores y una ponderación de los recursos, evitando altos costos por la inflación de algunos de ellos.

La coordinación es esencial en las grandes empresas donde los departamentos tienden a formar una organización aislada del resto de la empresa. Para evitar esto, se deben proveer los medios de comunicación necesarios que permitan un adecuado intercambio de ideas y opiniones.

2.1.4. **Control.** Es la comprobación de que lo planeado se está llevando a cabo; si existe una desviación, mostrarla y poner en movimiento las acciones necesarias para hacer las correcciones del caso. Este es un proceso dinámico que se inicia al término de la planeación, punto en el que se dictan los parámetros de control (referencias de comparación).

Ante todo es necesario determinar qué se va a controlar y esto sólo lo dirá la experiencia, el criterio y la observación del administrador. Después decidirán los aspectos que se van a controlar: cantidad, calidad, tiempo, etc.

De esta manera es factible dictar parámetros de control, los cuales deben quedar escritos y ser conocidos por todos. Todo lo anterior se realiza en la parte de planeación. Las etapas por seguir para ejercer el control son: Medir, Comparar, Analizar y Corregir.

A. **Medir:** se miden las variables de control escogidas tomando los datos de la propia fuente y se hacen conocer de las personas a las cuales compete.

Ejemplos de estos parámetros son:

- Horas de parada de equipo.
- Costos de mantenimiento.
- Porcentaje de cumplimiento de mantenimiento.

- B. **Comparar:** los resultados obtenidos se compararán con los parámetros, observando si hay desviaciones y diferenciando las desviaciones importantes de las esporádicas.
- C. **Analizar:** las desviaciones encontradas se analizan para encontrar el por qué de ellas. Este análisis implica cambios en el procedimiento del sistema.
- D. **Corregir:** una vez realizado el análisis se tiene un diagnóstico, a partir del cual se planean los correctivos tendientes a atacar las causas de las desviaciones y eliminarlas.

El control se facilita si se hacen esfuerzos sólo para corregir las desviaciones importantes. También ayudará a la invariabilidad de las políticas, la simplificación de la producción y la estandarización de normas y procedimientos.

2.2. RELACIONES DEL DEPARTAMENTO MANTENIMIENTO CON LOS DE MÁS DEPARTAMENTOS

La comunicación, colaboración y coordinación que debe existir entre los diferentes departamentos, se logra mediante reportes y solicitudes elaborados en la mayoría de los casos por escrito, procurando así una buena relación entre los demás departamentos y el de mantenimiento, relaciones estas que hacen fácilmente superables las diferencias que se pueden presentar en determinado momento.

Los departamentos o áreas que más relación tienen con el departamento de mantenimiento dentro de una empresa, son: Producción, Contabilidad, Sistemas, Compras y Almacenamiento, Relaciones industriales, Proyectos y Servicios.

A. **Producción:** todas las actividades de mantenimiento deben estar dirigidas a minimizar de una manera razonable el costo de fabricación del producto así como a mantener la prestación del servicio, teniendo en cuenta la calidad del producto y la seguridad del trabajador. Esto se logra optimizando el empleo de los recursos humanos, de los materiales y de los presupuestos. Pero hay que considerar factores que están fuera del control del departamento de mantenimiento y por eso es de gran importancia su relación con producción.

En términos generales se reconoce:

- Mantenimiento es el directo responsable de la conservación de la maquinaria en buenas condiciones de operación y a un costo razonable.
- El departamento de mantenimiento debe ser conciente de la importancia de su relación con producción. Debe entonces realizar una labor conjunta para programar paradas, ejecutar revisiones, autorizar reparaciones y elaborar informes y reportes. Esta coordinación y cruce de información permitirá también establecer una prioridad en los trabajos de mantenimiento.

B. **Contabilidad:** dependiendo de las políticas y procedimientos establecidos en la empresa, el departamento de contabilidad tendrá mayor o menor ingerencia sobre el departamento de mantenimiento.

Una alternativa, además es muy apropiada, consiste en considerar la posibilidad de que mantenimiento sea quien genere sus propios reportes, tanto para la información de costos a la gerencia haciendo que ésta pueda juzgar la función de mantenimiento, como para realizar un control interno de costos. En esta alternativa, contabilidad sólo maneja las cifras finales.

Otra alternativa sería que, quien genere los reportes antes mencionados sea contabilidad, aunque esta es la menos apropiada, ya que en dicho departamento no se conocería de una manera directa la información sobre

componentes de costos de mantenimiento, insumos y mano de obra. Se podrá entonces incurrir en informes errados, que causan malestar entre ambos departamentos. Por otro lado, al ser mantenimiento generador de estos informes, van a sentirse motivados a ejercer un buen control de los costos ya que tienen una responsabilidad directa y se convierten ahora en sus costos, haciéndolos pensar en términos de pesos.

C. **Sistemas:** si el departamento de mantenimiento ha sido sistematizado, el departamento de sistemas será el encargado de elaborar programas que se encarguen de manejar la información correspondiente, ya sea para entregar resultados tales como cumplimiento, inventarios, costos; como para programar actividades de mantenimiento.

D. **Compras y almacenamiento:** el departamento de compras y almacenamiento tiene como obligación contar con los materiales, herramientas, repuestos y equipos en el lugar correcto, en la cantidad adecuada y en el momento oportuno y a unos costos razonables. Lo anterior, de acuerdo con los requerimientos hechos por mantenimiento.

En algunas organizaciones se incluye al almacén como parte del departamento de mantenimiento, dada la estrecha relación que debe existir entre ambos. Mantenimiento tiene la obligación de colaborar con el control de inventarios.

E. **Relaciones industriales:** considerando que el departamento de mantenimiento tiene como elemento fundamental de su estructura personas calificadas, debe, conjuntamente con el departamento de relaciones industriales, establecer políticas salariales, de capacitación, de seguridad, de motivación, de recreación, etc., para evitar la migración del personal calificado y a su vez buscar una mayor eficiencia en los trabajos por realizar.

- F. **Proyectos:** si existe, este departamento es el encargado de realizar labores tales como: montajes, ampliaciones, construcción y adaptación de maquinaria. Deberá tener entonces buena comunicación con el departamento de mantenimiento procurando que no existan inconvenientes para efectuar el mantenimiento a los proyectos realizados. Además se debe mantener una realimentación de información, eficaz para corregir y mejorar los programas antes de ser ejecutados.
- G. **Servicios:** este departamento, según el tipo y características de la empresa, será el encargado de manejar el transporte, la alimentación, la vigilancia y otros servicios.

En determinadas circunstancias, el servicio que presta este departamento será de invaluable importancia para el buen desarrollo de un trabajo de mantenimiento. El tener a tiempo algunos de estos servicios evitará posibles conflictos en la realización de la labor. Esto se logra teniendo una adecuada coordinación e información sobre cuándo, dónde, y cómo deben prestarse estos servicios.

2.3. ALTERNATIVAS Y MÉTODOS PARA ORGANIZAR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Debido a las características especiales del departamento de mantenimiento, el tipo de servicio que presta y la calidad de su personal, así como la organización en sí, existen diferentes alternativas para realizar el mantenimiento, y son: mantenimiento por áreas, mantenimiento centralizado y mantenimiento mixto.

El tipo de arreglo escogido, por áreas, centralizado o mixto no es arbitrario y ninguno es mejor que los otros.

El sistema de organización debe aparecer como una respuesta a una necesidad y es muy importante tener en claro que, a medida que la empresa crece, debe ir adaptando su organización al nivel de complejidad existente.

2.3.1. Mantenimiento por áreas. Cuando la empresa esta dividida por secciones, según las características de la producción, se aprovecha este tipo de estructura y se divide el mantenimiento en áreas correspondientes; así, cada una de estas cuentan con un personal de base, de supervisión y de dirección. Se busca con esto que las oficinas y talleres de mantenimiento estén cerca de sus respectivas zonas de trabajo, con lo cual se consigue la descentralización del mantenimiento.

El equipo o cuadrilla de trabajo de una sección se constituye teniendo en cuenta las características de ésta y su labor específica. Cada cuadrilla conserva eficientemente los equipos de su zona y acude cuando se le solicita a otras secciones, por circunstancias especiales.

Normalmente se requiere una fuerza laboral mayor cuando se hace el arreglo por áreas ya que se tienen equipos completos al frente de cada sección y cuando se pretende trasladarlos de un área a otra se encuentran muchas dificultades.

Si se detectan fallas o problemas inminentes, el procedimiento por seguir lo determina producción, lo cual es una verdadera desventaja de este sistema, que se evidencia cuando, por no parar la producción, se ordena a mantenimiento hacer reparaciones menores en lugar de las adecuadas al caso; esto podría acarrear como consecuencia un daño costoso.

En el mantenimiento por áreas los costos están controlados por el tipo de organización y la relación de los supervisores con las cuadrillas.

2.3.2. Mantenimiento centralizado. En esta modalidad todas las actividades de mantenimiento se controlan desde una localización central. El personal no está restringido a un área y se traslada de un lugar a otro según se requiera.

El departamento está encabezado por un gerente de mantenimiento quien ocupa el mismo nivel jerárquico que el de producción. Debe existir un perfecto entendimiento entre estos dos departamentos para poder coordinar adecuadamente sus labores. Con este arreglo se logra un flujo continuo de mantenimiento y al cabo de cierto tiempo se contará con personal bien adiestrado que conoce todos los equipos de la planta. Además se simplifican los procedimientos, comunicaciones, reparaciones, compras, etc.

Cuando se presenta una emergencia, hay todo un equipo disponible.

Durante los períodos flojos de baja carga de trabajo, el personal puede adelantar programas de mantenimiento preventivo, construir o reconstruir equipos.

En el sistema centralizado, la inspección la ejercen mantenimiento y producción; por lo tanto, habrá una doble comprobación de las actividades.

Al contrario del arreglo por áreas, se evita que el departamento de producción conceda demasiada importancia a su autoridad, relegando a un segundo plano la opinión de mantenimiento. Como en este caso mantenimiento no tiene enlace directo con ningún otro departamento y cuenta con su propia organización, los costos pueden ascender demasiado, por lo tanto, se debe ejercer un control detallado de estos.

En principio la estructura del departamento de mantenimiento centralizado tiene la misma configuración que la de uno de mantenimiento por áreas, diferenciándose de ésta en que es un solo grupo conformado por una mayor cantidad de gente y la dirección se encuentra centralizada.

De lo anterior podemos concluir que cada alternativa de mantenimiento tiene sus ventajas y desventajas, siendo ellas propias de cada elección. Por ejemplo, de las características del mantenimiento por áreas se puede concluir:

Desventajas:

- Aumento de personal.
- Aumento de los costos.
- Poca flexibilidad en el manejo de personal a nivel de empresa.
- Falta de compromiso con instancias mayores.

Ventajas:

- Más funcionalidad.
- Atención más oportuna.
- Mejoramiento de la calidad del servicio.
- Especialización técnica en cada área.

Se puede deducir de lo anterior (sin ser una regla), que muchas de las ventajas y desventajas del mantenimiento por áreas, son las mismas del mantenimiento centralizado.

2.3.3. Mantenimiento mixto. Por todo lo anterior, así como por el gran crecimiento estructural de algunas empresas, la distribución geográfica de algunas de sus secciones y el manejo en la producción, se hace imposible realizar el mantenimiento únicamente con una de las alternativas anteriores, por lo cual se

hace necesario en ocasiones complementarlas para producir una alternativa intermedia.

Esta alternativa, al igual que muchos de los conceptos dados en este escrito, será o no aplicada dependiendo del tipo de empresa y de sus necesidades.

3. FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

- **EQUIPO:** Código asignado por la empresa a cada elemento.
- **DESCRIPCIÓN:** Nombre de cada equipo.
- **FUNCIÓN:** Trabajo efectuado por cada máquina.
- **UBICACIÓN:** Nombre de la estación donde se encuentra el equipo.
- **FABRICANTE:** Nombre de la empresa que fabrico el equipo.
- **TIPO:** Categoría de clasificación entre el reino y el subtipo o la clase.
- **UNIDAD:** Cantidad elegida como término de comparación para medir las demás de su especie.
- **SIST. ASOCIADO:** Empezando de izquierda a derecha, significa:
Aguas negras ó aguas blancas
Estación a la cual pertenece
Número de la estación
Dependencia encargada
- **ANCHO:** Distancia entre los bordes laterales del equipo.
- **PESO:** Fuerza de atracción que ejerce la tierra sobre cada elemento.
- **AÑO FABRICACIÓN:** Fecha en que se fabrico el equipo.
- **PAÍS:** Nombre del país en donde se fabrico el equipo.
- **PRIORIDAD:** Prelación del servicio.
- **CAPACIDAD MÁXIMA:** Carga que admite un elemento para llegar a adquirir la unidad de potencial.
- **ALTO:** Distancia comprendida desde la parte inferior a la parte superior de cada equipo.
- **VALOR ACTUAL:** Costo del equipo en la actualidad.

3.1. ESTACIÓN DE BOMBEO COLUMNAS

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	EBB00001	1	
DESCRIPCIÓN	BANCO DE BATERÍAS		
FUNCIÓN	ALIMEN. CONTROL Y PROTECC. CELD		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	FRANCIA
SIST. ASOCIADO	BCOL1125	TIPO	SLP.8
FABRICANTE	SAFT	PESO	CAP. MAXIMA 78
UNID. CAPACIDAD	AH	LARGO	UNID. DIMENSIÓN
UNID. PESO		PRIORIDAD	NORMAL
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN			
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VOLTAJE UNIDAD	VOLTAJE POR CADA CELDA O BATERÍA	1.3/1.5	V
VOLTAJE	VOLTAJE TOTAL DEL BANCO	125	V
NUMERO CELDAS	NUMERO DE CELDAS QUE CONFORMAN EL BANCO	94	CU

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	ECA00002	2				
DESCRIPCIÓN	CARGADOR DE BATERÍAS					
FUNCIÓN	ALIMENT. BATERÍAS Y SERV. AUXIL.					
UBICACIÓN	COLUMNAS			PAÍS	ITALIA	
SIST. ASOCIADO	BCOL1125			TIPO	UR/FTS/2C	
FABRICANTE	MORAN			PRIORIDAD	CRITIC	
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	350	CAP. MÁXIMA		
UNID. PESO	KG	LARGO	800	UNID. DIMENSIÓN	MM	
ANCHO	600			ALTO	2200	
AÑO FABRICACIÓN	1988			MODELO	Cb-60	
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES						
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD	
VOLTAJE SALIDA 1	VOLTAJE DE SALIDA 1 (RECTIFICADOR RAMA DE SERVICIOS)			125	Vcc	
CARGA MANTENIMI	CARGA DE MANTENIMIENTO BANCO DE BATERÍAS			142.8	Vcc	
VOLTAJE SALIDA 2	VOLTAJE DE SALIDA 2 (CARGADOR RAMA BATERÍAS)			148	V	
CORRIEN. SALIDA 2	CORRIENTE SALIDA 2 (CARGADOR RAMA BATERÍAS)			16	A	
CARGA TEMP. MAN	CARGA TEMPORIZADA MANUAL			168	Vcc	
CORRIEN. SALIDA 1	CORRIENTE SALIDA 1 (RECTIFICADOR RAMA SERVICIOS)			20	A	
VOLT. ALIMENTAC.	VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICO			208	Vca	
FRECUENCIA				60	Hz	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	ECE00084	3			
DESCRIPCIÓN	ACOMETIDA A MOTORES				
FUNCIÓN	ALIMENTAR MOTORES				
UBICACIÓN	COLUMNAS			PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1118			TIPO	
FABRICANTE				PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO		CAP. MAXIMA	380
UNID. PESO		LARGO		UNID. DIMENSIÓN	
ANCHO				CLASE CONDUCTOR	AWG
AÑO FABRICACIÓN				CALIBRE CONDUCTOR	500 MCM

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00085	4	
DESCRIPCIÓN	TABLERO SERVICIOS AUXILIARES		
FUNCIÓN	ALIMENTAR CARGAS MENORES		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1125	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD		PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	160	A
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	220	KV
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	220	V
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X1/0 + 1X2 AWG	AWG
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	ARMARIO	GLB
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00086	5	
DESCRIPCIÓN	ARRANCADOR # 1		
FUNCIÓN	REDUCIR CORRIENTE DE ARRANQUE DE MOTOR # 1		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1101	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 800
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	24VDC/125VDC	V
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	440	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	6X500 MCM	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	6X500 MCM	AWG
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	800	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ARRANCADOR	
TIPO-ARRA	TIPO DE ARRANQUE	ESTRELLA/TRIÁNG	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00087	6	
DESCRIPCIÓN	ARRANCADOR # 2		
FUNCIÓN	REDUCIR CORRIENTE DE ARRANQUE DE MOTOR # 2		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1102	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	
		CAP. ACTUAL	800
UNID. PESO		LARGO	
		UNID. DIMENSIÓN	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	24VDC/125VDC	V
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	440	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	6X500 MCM	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	6X500 MCM	AWG
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	800	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ARRANCADOR	
TIPO-ARRA	TIPO DE ARRANQUE	ESTRELLA/TRIÁNG	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00088	7	
DESCRIPCIÓN	ARRANCADOR # 3		
FUNCIÓN	REDUCIR CORRIENTE DE ARRANQUE DE MOTOR # 3		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1103	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	
		CAP. ACTUAL	800
UNID. PESO		LARGO	
		UNID. DIMENSIÓN	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	24VDC/125VDC	V
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	440	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	6X500 MCM	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	6X500 MCM	AWG
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	800	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ARRANCADOR	
TIPO-ARRA	TIPO DE ARRANQUE	ESTRELLA/TRIÁNG	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00089	8	
DESCRIPCIÓN	ARRANCADOR # 4		
FUNCIÓN	REDUCIR CORRIENTE DE ARRANQUE DE MOTOR # 4		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1104	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 800
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	24VDC/125VDC	V
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	440	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	6X500 MCM	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	6X500 MCM	AWG
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	800	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ARRANCADOR	
TIPO-ARRA	TIPO DE ARRANQUE	ESTRELLA/TRIÁNG	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00090	9	
DESCRIPCIÓN	ARRANCADOR # 5		
FUNCIÓN	REDUCIR CORRIENTE DE ARRANQUE DE MOTOR # 5		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1105	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	24VDC/125VDC	V
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	440	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	6X500 MCM	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	6X500 MCM	AWG
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	800	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ARRANCADOR	
TIPO-ARRA	TIPO DE ARRANQUE	ESTRELLA/TRIÁNG	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00092	10	
DESCRIPCIÓN	CELDA DE MEDIDAS A 480 VOLTIOS		
FUNCIÓN	CONTROL DE MEDIDAS		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1117	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	V	PESO	CAP. MÁXIMA
CAPACIDAD	440	LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00093	11	
DESCRIPCIÓN	BANCO DE CONDENSADORES		
FUNCIÓN	CONTROL DE REACTIVOS		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1118	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD		PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	0.5	KV
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125	V
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	160	A
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	480	KV
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
POTENCIA	POTENCIA NOMINAL	60	KVA
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	CORRECCIÓN	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA			
FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00317	12	
DESCRIPCIÓN	CONSOLA DE CONTROL		
FUNCIÓN	CONTROL CENTRALIZA DE ESTACIÓN		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	ITALIA
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	CDC
FABRICANTE	TIBB	PRIORIDAD	PROGRA
UNID. CAPACIDAD	V	PESO	CAP. MÁXIMA
VOLTAJE	125	LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00341	13	
DESCRIPCIÓN	ACOMETIDA 11.4 KV # 1		
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	
FABRICANTE	VEI ELECTRIC SY	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD		PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	11400	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125VDC	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	15	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00342	14	
DESCRIPCIÓN	ACOMETIDA 11.4 KV # 2		
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COLOMBIA
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	
FABRICANTE	VEI ELECTRIC SY	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD		PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	11400	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125VDC	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	15	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00344	15	
DESCRIPCIÓN	INTERRUPTOR 11.4 KV		
FUNCIÓN	PROTECCIÓN SISTEMA 11.4 KV		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	SFA12
FABRICANTE	SACE BERGAMO	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	120
UNID. PESO	KG	LARGO	
ANCHO		SERIE	LL042466
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	11400	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125VDC	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	20	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	CONEXIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA			
FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00345	16	
DESCRIPCIÓN	CELDA DE MEDIDAS A 11.4 KV		
FUNCIÓN	CONTROL DE MEDIDAS		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	ACF-24
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	V	PESO	CAP. MÁXIMA
VOLTAJE NOMINAL	11400	LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		SERIE	880733/5
AÑO FABRICACIÓN	1988	COLOR	AZUL

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00346	17	
DESCRIPCIÓN	ALIMENTACIÓN TRAF0 POTENCIA # 1		
FUNCIÓN	ALIMENTAR TRAF0 POTENCIA # 1		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	
FABRICANTE	VEI ELECTRIC SY	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD		PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	11400	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125VDC	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	20	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00347	18	
DESCRIPCIÓN	ALIMENTACIÓN TRAF0 POTENCIA # 2		
FUNCIÓN	ALIMENTAR TRAF0 POTENCIA # 2		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	
FABRICANTE	VEI ELECTRIC SY	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD		PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	11400	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125VDC	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	20	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00348	19	
DESCRIPCIÓN	SALIDA TRAF0 POTENCIA # 1		
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN BARRAJES BAJA TENSIÓN		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD		PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	500	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	0.5	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	5#3X750 MCM 600 V	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	5#3X750 MCM 600 V	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	4000	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00349	20	
DESCRIPCIÓN	SALIDA TRAF0 POTENCIA # 2		
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN BARRAJES BAJA TENSIÓN		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD		PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	500	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	0.5	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	5#3X750 MCM 600 V	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	5#3X750 MCM 600 V	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	4000	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00350	21	
DESCRIPCIÓN	ALIM. TRAF0 AUXILIAR # 1		
FUNCIÓN	ALIMENTAR TRAF0 AUXILIAR # 1		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD		PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	500	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	0.5	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X400 MCM 600 V	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	80	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00351	22	
DESCRIPCIÓN	ALIM. TRAF0 AUXILIAR # 2		
FUNCIÓN	ALIMENTAR TRAF0 AUXILIAR # 2		
UBICACIÓN	COLUMNAS	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD		PESO	
UNID. PESO		LARGO	
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL	500	KV
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	440	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	0.5	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X400 MCM 600 V	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	80	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	EMO00170	23			
DESCRIPCIÓN	MOTOR # 1				
FUNCIÓN	MOVER BOMBA UNIDAD 1				
UBICACIÓN	COLUMNAS			PAÍS	FRANCIA
SIST. ASOCIADO	BCOL1101			SERIE	959010 M120-5
FABRICANTE	BBC			PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	KW	PESO	2010	CAP. ACTUAL	332
UNID. PESO	KG	LARGO	1570	UNID. DIMENSIÓN	MM
ANCHO	735			ALTO	1240
TIPO	MEUM 355 LC4			COLOR	GRIS
CARACTERISTICAS ESPECIALES					
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
COS ϕ	FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR			0.87	
FACTOR SERVICIO	CAPACIDAD DE SOBRECARGA DEL MOTOR			1	PU
VELOCIDAD	VELOCIDAD DEL ROTOR			1785	RPM
FASES	NUMERO DE FASES DEL MOTOR			3	
POTENCIA	POTENCIA EN CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR			445 HP 332 KW	HP
VOLTAJE 1	VOLTAJE 1 DE SERVICIO			460	V
CORRIENTE 1	CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO A VOLTAJE 1			505	A
FRECUENCIA	FRECUENCIA			60	Hz
RODAM. TRASERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO VENTILADOR			6320-C3	
RODAM. DELANTERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO ACOUPLE			6322-C3	
ACOMETIDA	CALIBRE ACOMETIDA A MOTOR			6X500 MCM 600 V	
AISLAMIENTO	CLASE DE AISLAMIENTO DEL MOTOR			F	
PROTECCIÓN	GRADO DE PROTECCIÓN DEL MOTOR (IP)			IP 54	
REFERENCIA	REFERENCIA DEL MOTOR			MEUM 355 LC4	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	EMO00171	24			
DESCRIPCIÓN	MOTOR # 2				
FUNCIÓN	MOVER BOMBA UNIDAD 2				
UBICACIÓN	COLUMNAS			PAÍS	FRANCIA
SIST. ASOCIADO	BCOL1102			SERIE	959006 M120-1
FABRICANTE	BBC			PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	KW	PESO	2010	CAP. ACTUAL	332
UNID. PESO	KG	LARGO	1570	UNID. DIMENSIÓN	MM
ANCHO	735			ALTO	1240
TIPO	MEUM 355 LC4			COLOR	GRIS
CARACTERISTICAS ESPECIALES					
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
COS ϕ	FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR			0.87	
FACTOR SERVICIO	CAPACIDAD DE SOBRECARGA DEL MOTOR			1	PU
VELOCIDAD	VELOCIDAD DEL ROTOR			1785	RPM
FASES	NUMERO DE FASES DEL MOTOR			3	
POTENCIA	POTENCIA EN CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR			445 HP 332 KW	HP
VOLTAJE 1	VOLTAJE 1 DE SERVICIO			460	V
CORRIENTE 1	CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO A VOLTAJE 1			505	A
FRECUENCIA	FRECUENCIA			60	Hz
RODAM. TRASERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO VENTILADOR			6320-C3	
RODAM. DELANTERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO ACOUPLE			6322-C3	
ACOMETIDA	CALIBRE ACOMETIDA A MOTOR			6X500 MCM 600 V	
AISLAMIENTO	CLASE DE AISLAMIENTO DEL MOTOR			F	
PROTECCIÓN	GRADO DE PROTECCIÓN DEL MOTOR (IP)			IP 54	
REFERENCIA	REFERENCIA DEL MOTOR			MEUM 355 LC4	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	EMO00172	25			
DESCRIPCIÓN	MOTOR # 3				
FUNCIÓN	MOVER BOMBA UNIDAD 3				
UBICACIÓN	COLUMNAS			PAÍS	FRANCIA
SIST. ASOCIADO	BCOL1103			SERIE	959008 M120-3
FABRICANTE	BBC			PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	KW	PESO	2010	CAP. ACTUAL	332
UNID. PESO	KG	LARGO	1570	UNID. DIMENSIÓN	MM
ANCHO	735			ALTO	1240
TIPO	MEUM 355 LC4			COLOR	GRIS
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES					
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
COS ϕ	FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR			0.87	
FACTOR SERVICIO	CAPACIDAD DE SOBRECARGA DEL MOTOR			1	PU
VELOCIDAD	VELOCIDAD DEL ROTOR			1785	RPM
FASES	NUMERO DE FASES DEL MOTOR			3	
POTENCIA	POTENCIA EN CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR			445 HP 332 KW	HP
VOLTAJE 1	VOLTAJE 1 DE SERVICIO			460	V
CORRIENTE 1	CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO A VOLTAJE 1			505	A
FRECUENCIA	FRECUENCIA			60	Hz
RODAM. TRASERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO VENTILADOR			6320-C3	
RODAM. DELANTERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO ACOUPLE			6322-C3	
ACOMETIDA	CALIBRE ACOMETIDA A MOTOR			6X500 MCM 600 V	
AISLAMIENTO	CLASE DE AISLAMIENTO DEL MOTOR			F	
PROTECCIÓN	GRADO DE PROTECCIÓN DEL MOTOR (IP)			IP 54	
REFERENCIA	REFERENCIA DEL MOTOR			MEUM 355 LC4	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	EMO00173	26				
DESCRIPCIÓN	MOTOR # 4					
FUNCIÓN	MOVER BOMBA UNIDAD 4					
UBICACIÓN	COLUMNAS			PAÍS	FRANCIA	
SIST. ASOCIADO	BCOL1104			SERIE	959003 M120-4	
FABRICANTE	BBC			PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	KW	PESO	2010	CAP. ACTUAL	332	
UNID. PESO	KG	LARGO	1570	UNID. DIMENSIÓN	MM	
ANCHO	735			ALTO	1240	
TIPO	MEUM 355 LC4			COLOR	GRIS	
CARACTERISTICAS ESPECIALES						
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD	
COS ϕ	FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR			0.87		
FACTOR SERVICIO	CAPACIDAD DE SOBRECARGA DEL MOTOR			1	PU	
VELOCIDAD	VELOCIDAD DEL ROTOR			1785	RPM	
FASES	NUMERO DE FASES DEL MOTOR			3		
POTENCIA	POTENCIA EN CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR			445 HP 332 KW	HP	
VOLTAJE 1	VOLTAJE 1 DE SERVICIO			460	V	
CORRIENTE 1	CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO A VOLTAJE 1			505	A	
FRECUENCIA	FRECUENCIA			60	Hz	
RODAM. TRASERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO VENTILADOR			6320-C3		
RODAM. DELANTERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO ACOUPLE			6322-C3		
ACOMETIDA	CALIBRE ACOMETIDA A MOTOR			6X500 MCM 600 V		
AISLAMIENTO	CLASE DE AISLAMIENTO DEL MOTOR			F		
PROTECCIÓN	GRADO DE PROTECCIÓN DEL MOTOR (IP)			IP 54		
REFERENCIA	REFERENCIA DEL MOTOR			MEUM 355 LC4		

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	EMO00174	27			
DESCRIPCIÓN	MOTOR # 5				
FUNCIÓN	MOVER BOMBA UNIDAD 5				
UBICACIÓN	COLUMNAS			PAÍS	FRANCIA
SIST. ASOCIADO	BCOL1105			SERIE	959007 M120-2
FABRICANTE	BBC			PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	KW	PESO	2010	CAP. ACTUAL	332
UNID. PESO	KG	LARGO	1570	UNID. DIMENSIÓN	MM
ANCHO	735			ALTO	1240
TIPO	MEUM 355 LC4			COLOR	GRIS
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES					
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
COS ϕ	FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR			0.87	
FACTOR SERVICIO	CAPACIDAD DE SOBRECARGA DEL MOTOR			1	PU
VELOCIDAD	VELOCIDAD DEL ROTOR			1785	RPM
FASES	NUMERO DE FASES DEL MOTOR			3	
POTENCIA	POTENCIA EN CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR			445 HP 332 KW	HP
VOLTAJE 1	VOLTAJE 1 DE SERVICIO			460	V
CORRIENTE 1	CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO A VOLTAJE 1			505	A
FRECUENCIA	FRECUENCIA			60	Hz
RODAM. TRASERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO VENTILADOR			6320-C3	
RODAM. DELANTERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO ACOUPLE			6322-C3	
ACOMETIDA	CALIBRE ACOMETIDA A MOTOR			6X500 MCM 600 V	
AISLAMIENTO	CLASE DE AISLAMIENTO DEL MOTOR			F	
PROTECCIÓN	GRADO DE PROTECCIÓN DEL MOTOR (IP)			IP 54	
REFERENCIA	REFERENCIA DEL MOTOR			MEUM 355 LC4	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	ETR00001	28			
DESCRIPCIÓN	TRANSFORMADOR TRIFASICO TR-A1				
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN SERVICIOS AUXILIARES			TIPO	ST 84
UBICACIÓN	COLUMNAS		PAÍS	ITALIA	
SIST. ASOCIADO	BCOL1125		SERIE	27689	
FABRICANTE	SEA		PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	KVA	PESO	400	CAP. ACTUAL	50
UNID. PESO	KG	LARGO	1110	UNID. DIMENSIÓN	MM
ANCHO	470		ALTO	1105	
AÑO FABRICACIÓN	1988		COLOR	GRIS	
CARACTERISTICAS ESPECIALES					
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN DE CLAS.	CLASE NOMINAL DE TENSIÓN			1.2/1.2	KV
BT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN BAJA TENSIÓN			132.42	A
BT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE BAJA TENSIÓN			208 - 120	V
N DE FASES	NUMERO DE FASES MONOFASICO O TRIFÁSICO			3	CU
IMPEDANCIA	IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO			3.09	PU
BT ACOMETIDA	CALIBRE DE CONDUCTOR ACOMETIDA BT			3X1/0 + 1X2 600 V	AWG
AT ACOMETIDA	CALIBRE DE CONDUCTOR ACOMETIDA AT			3X400 MCM 600 V	AWG
AT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA ALTA TENSIÓN			45	KV
BT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA BAJA TENSIÓN			45	KV
AT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE ALTA TENSIÓN			475	V
POTENCIA	POTENCIA NOMINAL			50	KVA
FRECUENCIA	FRECUENCIA DE LA RED			60	HZ
AT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN ALTA TENSIÓN			60.14	A
ELEVACIÓN TEMP.	ELEVACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA			65	°C
PESO ACEITE	PESO DEL ACEITE			80	KG
REFRIGERACIÓN	TIPO DE REFRIGERACIÓN			ONAN	
CONEXIÓN	TIPO DE CONEXIÓN			YNYNO	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	ETR00002		29		
DESCRIPCIÓN	TRANSFORMADOR TRIFASICO TR-A2			TIPO	ST 84
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN SERVICIOS AUXILIARES				
UBICACIÓN	COLUMNAS			PAÍS	ITALIA
SIST. ASOCIADO	BCOL1125			SERIE	27691
FABRICANTE	SEA			PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	KVA	PESO	400	CAP. ACTUAL	50
UNID. PESO	KG	LARGO	1110	UNID. DIMENSIÓN	MM
ANCHO	470			ALTO	1105
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	GRIS
CARACTERISTICAS ESPECIALES					
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN DE CLAS.	CLASE NOMINAL DE TENSIÓN			1.2/1.2	KV
BT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN BAJA TENSIÓN			132.42	A
BT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE BAJA TENSIÓN			218	V
N. DE FASES	NUMERO DE FASES MONOFASICO O TRIFÁSICO			3	CU
IMPEDANCIA	IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO			3.09	PU
AT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA ALTA TENSIÓN			45	KV
BT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA BAJA TENSIÓN			45	KV
AT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE ALTA TENSIÓN			480	V
POTENCIA	POTENCIA NOMINAL			50	KVA
FRECUENCIA	FRECUENCIA DE LA RED			60	HZ
AT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN ALTA TENSIÓN			60.14	A
ELEVACIÓN TEMP.	ELEVACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA			65	°C
PESO ACEITE	PESO DEL ACEITE			80	KG
REFRIGERACIÓN	TIPO DE REFRIGERACIÓN			ONAN	
CONEXIÓN	TIPO DE CONEXIÓN			YNYNO	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	ETR00007		30		
DESCRIPCIÓN	TRANSFORMADOR TRIFASICO TR-1				
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN UNIDADES		TIPO	TPN	
UBICACIÓN	COLUMNAS		PAÍS	ITALIA	
SIST. ASOCIADO	BCOL1117		SERIE	24216	
FABRICANTE	SEA		PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	KVA	PESO	5300	CAP. ACTUAL	2500
UNID. PESO	KG	LARGO	2380	UNID. DIMENSIÓN	MM
ANCHO	1800		ALTO	2320	
AÑO FABRICACIÓN	1988		COLOR	GRIS	
CARACTERISTICAS ESPECIALES					
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN DE CLAS.	CLASE NOMINAL DE TENSIÓN			15/1.2	KV
BT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN BAJA TENSIÓN			2886.75	A
BT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE BAJA TENSIÓN			500	V
N. DE FASES	NUMERO DE FASES MONOFASICO O TRIFÁSICO			3	CU
IMPEDANCIA	IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO			5.66	PU
AT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA ALTA TENSIÓN			110	KV
BT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA BAJA TENSIÓN			45	KV
AT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE ALTA TENSIÓN			11400	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA DE LA RED			60	HZ
AT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN ALTA TENSIÓN			126.6	A
ELEVACIÓN TEMP.	ELEVACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA			65	°C
PESO ACEITE	PESO DEL ACEITE			1100	KG
POTENCIA	POTENCIA NOMINAL			2500	KVA
PESO TANQUE	PESO DEL TANQUE Y DE LA PARTE ACTIVA			2850	KG
AT ACOMETIDA	CALIBRE DEL CONDUCTOR ACOMETIDA AT		3X2/0 AWGXLPE 15	AWG	
BT ACOMETIDA	CALIBRE DEL CONDUCTOR ACOMETIDA BT		5#3X750 MCM 600 V	AWG	
REFRIGERACIÓN	TIPO DE REFRIGERACIÓN			ONAN	
CONEXIÓN	TIPO DE CONEXIÓN			DYN5	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	ETR00027		31		
DESCRIPCIÓN	TRANSFORMADOR TRIFASICO TR-2				
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN UNIDADES			TIPO	TPN
UBICACIÓN	COLUMNAS			PAÍS	ITALIA
SIST. ASOCIADO	BCOL1117			SERIE	24217
FABRICANTE	SEA			PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	KVA	PESO	5300	CAP. ACTUAL	2500
UNID. PESO	KG	LARGO	2380	UNID. DIMENSIÓN	MM
ANCHO	1800			ALTO	2320
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	GRIS
CARACTERISTICAS ESPECIALES					
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN DE CLAS.	CLASE NOMINAL DE TENSIÓN			15/1.2	KV
BT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN BAJA TENSIÓN			2886.75	A
BT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE BAJA TENSIÓN			500	V
N. DE FASES	NUMERO DE FASES MONOFASICO O TRIFÁSICO			3	CU
IMPEDANCIA	IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO			5.64	PU
AT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA ALTA TENSIÓN			110	KV
BT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA BAJA TENSIÓN			45	KV
AT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE ALTA TENSIÓN			11400	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA DE LA RED			60	HZ
AT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN ALTA TENSIÓN			126.6	A
ELEVACIÓN TEMP.	ELEVACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA			65	°C
PESO ACEITE	PESO DEL ACEITE			1100	KG
POTENCIA	POTENCIA NOMINAL			2500	KVA
PESO TANQUE	PESO DEL TANQUE Y DE LA PARTE ACTIVA			2850	KG
AT ACOMETIDA	CALIBRE DEL CONDUCTOR ACOMETIDA AT			3X2/0 AWGXLPE 15	AWG
BT ACOMETIDA	CALIBRE DEL CONDUCTOR ACOMETIDA BT			5#3X750 MCM 600 V	AWG
REFRIGERACIÓN	TIPO DE REFRIGERACIÓN			ONAN	
CONEXIÓN	TIPO DE CONEXIÓN			DYN5	

3.2. ESTACIÓN DE BOMBEO SAN VICENTE

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO				
EQUIPO	EBB00002	32		
DESCRIPCIÓN	BANCO DE BATERÍAS			
FUNCIÓN	ALIMEN. CONTROL Y PROTECC. CELD			
UBICACIÓN	SAN VICENTE		PAÍS	FRANCIA
SIST. ASOCIADO	BSVI1125		TIPO	SLP.8
FABRICANTE	SAFT		PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	AH	PESO		CAP. MAXIMA 78
UNID. PESO		LARGO		UNID. DIMENSIÓN
ANCHO			ALTO	
AÑO FABRICACIÓN				
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES				
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN		VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VOLTAJE UNIDAD	VOLTAJE POR CADA CELDA O BATERÍA		1.3/1.5	V
VOLTAJE	VOLTAJE TOTAL DEL BANCO		125	V
NUMERO CELDAS	NUMERO DE CELDAS QUE CONFORMAN EL BANCO		93	CU
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DEL BANCO DE BATERÍAS		16	A
CORRI. DESCARGA	CORRIENTE O RÉGIMEN DE DESCARGA		78	AH
AUTONOMÍA	AUTONOMÍA DEL BANCO A CARGA NOMINAL		8	HORA

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	ECA00003	33				
DESCRIPCIÓN	CARGADOR DE BATERÍAS					
FUNCIÓN	ALIMENT. BATERÍAS Y SERV. AUXIL.					
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	ITALIA	
SIST. ASOCIADO	BSVI1125			TIPO	UR/FTS/2C	
FABRICANTE	MORAN			PRIORIDAD	CRITIC	
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	350	CAP. ACTUAL	16	
UNID. PESO	KG	LARGO	800	UNID. DIMENSIÓN	MM	
ANCHO	600			ALTO	2200	
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	AZUL	
CARACTERISTICAS ESPECIALES						
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD	
VOLTAJE SALIDA 1	VOLTAJE DE SALIDA 1 (RECTIFICADOR RAMA DE SERVICIOS)			148	Vcc	
CARGA MANTENIMI	CARGA DE MANTENIMIENTO BANCO DE BATERÍAS			142.8	Vcc	
VOLTAJE SALIDA 2	VOLTAJE DE SALIDA 2 (CARGADOR RAMA BATERÍAS)			148	V	
CORRIEN. SALIDA 2	CORRIENTE SALIDA 2 (CARGADOR RAMA BATERÍAS)			16	A	
CARGA TEMP. MAN	CARGA TEMPORIZADA MANUAL			168	Vcc	
CORRIEN. SALIDA 1	CORRIENTE SALIDA 1 (RECTIFICADOR RAMA SERVICIOS)			20	A	
VOLT. ALIMENTAC.	VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICO			208	Vca	
FRECUENCIA	FRECUENCIA			60	Hz	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	ECE00185	34			
DESCRIPCIÓN	ACOMETIDA A MOTORES				
FUNCIÓN	ALIMENTAR MOTORES				
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1118			TIPO	
FABRICANTE				PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO		CAP. MAXIMA	380
UNID. PESO		LARGO		UNID. DIMENSIÓN	
ANCHO				CLASE DE CONDUCTOR	AWG
AÑO FABRICACIÓN				CALIBRE CONDUCTOR	500 MCM

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00186	35	
DESCRIPCIÓN	ARRANCADOR # 1		
FUNCIÓN	REDUCIR CORRIENTE DE ARRANQUE DE MOTOR # 1		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1101	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 101
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN	1987	COLOR	AZUL
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	24VDC/125VDC	V
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	4160	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	101	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ARRANCADOR	
TIPO-ARRA	TIPO DE ARRANQUE	ESTRELLA/TRIÁNG	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00187	36	
DESCRIPCIÓN	ARRANCADOR # 2		
FUNCIÓN	REDUCIR CORRIENTE DE ARRANQUE DE MOTOR # 2		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1102	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 101
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN	1987	COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	24VDC/125VDC	V
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	4160	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	101	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ARRANCADOR	
TIPO-ARRA	TIPO DE ARRANQUE	ESTRELLA/TRIÁNG	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00188	37	
DESCRIPCIÓN	ARRANCADOR # 3		
FUNCIÓN	REDUCIR CORRIENTE DE ARRANQUE DE MOTOR # 3		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1103	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 101
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN	1987	COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	24VDC/125VDC	V
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	4160	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	101	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ARRANCADOR	
TIPO-ARRA	TIPO DE ARRANQUE	ESTRELLA/TRIÁNG	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00189	38	
DESCRIPCIÓN	ARRANCADOR # 4		
FUNCIÓN	REDUCIR CORRIENTE DE ARRANQUE DE MOTOR # 4		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1104	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 101
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN	1987	COLOR	AZUL
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	24VDC/125VDC	V
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	4160	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	101	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ARRANCADOR	
TIPO-ARRA	TIPO DE ARRANQUE	ESTRELLA/TRIÁNG	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00191	39	
DESCRIPCIÓN	ACOMETIDA 11.4 KV # 1		
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1117	TIPO	
FABRICANTE	BBC/VEI	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 630
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125VDC	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	15	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00192	40	
DESCRIPCIÓN	ACOMETIDA 11.4 KV # 2		
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1117	TIPO	
FABRICANTE	BBC/VEI	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 630
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
TENSIÓN CONTROL	TENSIÓN DE CONTROL	125VDC	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	15	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00194	41	
DESCRIPCIÓN	TOTALIZADOR 11.4 KV		
FUNCIÓN	PROTECCIÓN SISTEMA 11.4 KV		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1117	TIPO	
FABRICANTE	APIERRE	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 630
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	20	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	CONEXIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA			
FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00195	42	
DESCRIPCIÓN	CELDA DE MEDIDAS A 11.4 KV		
FUNCIÓN	CONTROL DE MEDIDAS		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1118	TIPO	ACF-24
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	V	PESO	CAP. MÁXIMA
VOLTAJE NOMINAL	11400	LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		SERIE	880733/5
AÑO FABRICACIÓN	1988	COLOR	AZUL

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00196	43	
DESCRIPCIÓN	ALIMENTACIÓN TRAF0 POTENCIA # 1		
FUNCIÓN	ALIMENTAR TRAF0 POTENCIA # 1		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1117	SERIE	3MAZ1481264SR
FABRICANTE	BBC/VEI	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 630
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
POTENCIA	POTENCIA NOMINAL	3000	KVA
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	20	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00197	44	
DESCRIPCIÓN	ALIMENTACIÓN TRAF0 POTENCIA # 2		
FUNCIÓN	ALIMENTAR TRAF0 POTENCIA # 2		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1117	TIPO	
FABRICANTE	BBC/VEI	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 630
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	20	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00198	45	
DESCRIPCIÓN	ALIMENTACIÓN TRAF0 AUXILIAR # 1		
FUNCIÓN	ALIMENTAR TRAF0 AUXILIAR # 1		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1117	TIPO	
FABRICANTE	BBC/ELECT. SYSTE	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 630
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	20	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00199	46	
DESCRIPCIÓN	ALIMENTACIÓN TRAF0 AUXILIAR # 2		
FUNCIÓN	ALIMENTAR TRAF0 AUXILIAR # 2		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1117	TIPO	
FABRICANTE	BBC/VEI ELEC. SYS	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 630
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	11400	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	20	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	630	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00200	47	
DESCRIPCIÓN	SALIDA TRAF0 POTENCIA # 1		
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN BARRAJES BAJA TENSIÓN		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1117	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 500
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	4160	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	20	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	500	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	ECE00201	48				
DESCRIPCIÓN	CELDA DE MEDIDAS A 4160 VOLTIOS					
FUNCIÓN	CONTROL DE MEDIDAS					
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	COL	
SIST. ASOCIADO	BSVI1118			TIPO		
FABRICANTE	BBC			PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	V	PESO		CAP. MÁXIMA	4160	
UNID. PESO		LARGO		UNID. DIMENSIÓN		
ANCHO				ALTO		
AÑO FABRICACIÓN				COLOR	AZUL	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00202	49	
DESCRIPCIÓN	SALIDA TRAF0 POTENCIA # 2		
FUNCIÓN	ALIMENTACIÓN BARRAJES BAJA TENSIÓN		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1117	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 500
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	4160	V
AISLAMIENTO	NIVEL DE AISLAMIENTO	20	KV
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
CALIBRE SALIDA	CALIBRE SALIDA	3X2/0 AWG 15 KV	AWG
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	500	A
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
COMANDO TIPO	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00203	50	
DESCRIPCIÓN	CONDENSADOR # 1		
FUNCIÓN	CONTROL DE REACTIVOS		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1118	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 400
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN			
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	400	A
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	4160	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	CORRECCIÓN	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00204	51	
DESCRIPCIÓN	CONDENSADOR # 2		
FUNCIÓN	CONTROL DE REACTIVOS		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1118	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 400
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	400	A
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	4160	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	CORRECCIÓN	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00205	52	
DESCRIPCIÓN	CONDENSADOR # 3		
FUNCIÓN	CONTROL DE REACTIVOS		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BSVI1118	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 400
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	400	A
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	4160	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	CORRECCIÓN	
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL/REMOTO	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	SECCIÓN ARMARIO	GLB

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00206	53	
DESCRIPCIÓN	TABLERO SERVICIOS AUXILIARES		
FUNCIÓN	ALIMENTAR CARGAS MENORES		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	COL
SIST. ASOCIADO	BCOL1125	TIPO	
FABRICANTE	BBC	PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	A	PESO	CAP. ACTUAL 165
UNID. PESO		LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL
CARACTERISTICAS ESPECIALES			
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA	165	A
CALIBRE	CALIBRE ACOMETIDA	3X1/0 + 1X2 AWG	AWG
VOLTAJE	VOLTAJE NOMINAL DE LA CELDA	220	V
FRECUENCIA	FRECUENCIA NOMINAL DE LA CELDA	60	HZ
FUNCIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL DE LA CELDA	ALIMENTACIÓN	
TIPO	TIPO DE CELDA O TABLERO	ARMARIO	GLB
TIPO-OPER	TIPO DE OPERACIÓN (LOCAL – REMOTO)	LOCAL	

DIVISIÓN ELÉCTRICA			
FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
EQUIPO	ECE00317	54	
DESCRIPCIÓN	CONSOLA DE CONTROL		
FUNCIÓN	CONTROL CENTRALIZA DE ESTACIÓN		
UBICACIÓN	SAN VICENTE	PAÍS	ITALIA
SIST. ASOCIADO	BCOL1100	TIPO	
FABRICANTE	TIBB	PRIORIDAD	PROGRA
UNID. CAPACIDAD	V	PESO	CAP. MÁXIMA
VOLTAJE NOMINAL	125	LARGO	UNID. DIMENSIÓN
ANCHO		ALTO	
AÑO FABRICACIÓN		COLOR	AZUL

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	EMO00185	55				
DESCRIPCIÓN	MOTOR # 1					
FUNCIÓN	MOVER BOMBA UNIDAD 1					
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	FRANCIA	
SIST. ASOCIADO	BSVI1101			TIPO	MEXQ 450 LP4	
FABRICANTE	BBC			PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	KW	PESO	4740	CAP. MÁXIMA	590	
UNID. PESO	KG	LARGO	2320	UNID. DIMENSIÓN	MM	
ANCHO	1655			ALTO	1600	
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	GRIS	
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES						
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD	
COS ϕ	FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR			0.85		
VELOCIDAD	VELOCIDAD DEL ROTOR			1790	RPM	
FASES	NUMERO DE FASES DEL MOTOR			3		
POTENCIA	POTENCIA EN CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR			790	HP	
VOLTAJE 1	VOLTAJE 1 DE SERVICIO			4000	V	
CORRIENTE 1	CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO A VOLTAJE 1			106	A	
FRECUENCIA	FRECUENCIA			50	Hz	
RODAM. TRASERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO VENTILADOR			6322-C3		
RODAM. DELANTERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO ACOPLA			6324-C3		
AISLAMIENTO	CLASE DE AISLAMIENTO DEL MOTOR			F		
TAMAÑO CONST.	TAMAÑO CONSTRUCTIVO			450L		
FORMA CONSTRUC.	FORMA CONSTRUCTIVA BÁSICA			MI B3		
PROTECCIÓN	GRADO PROTECCIÓN DE MOTOR (IP)			IP 55		

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	EMO00186	56			
DESCRIPCIÓN	MOTOR # 2				
FUNCIÓN	MOVER BOMBA UNIDAD 2				
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	FRANCIA
SIST. ASOCIADO	BSVI1102			TIPO	MEXQ 450 LP4
FABRICANTE	BBC			PRIORIDAD	NORMAL
UNID. CAPACIDAD	KW	PESO	4740	CAP. MÁXIMA	590
UNID. PESO	KG	LARGO	2320	UNID. DIMENSIÓN	MM
ANCHO	1655			ALTO	1600
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	GRIS
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES					
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
COS ϕ	FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR			0.85	
VELOCIDAD	VELOCIDAD DEL ROTOR			1790	RPM
FASES	NUMERO DE FASES DEL MOTOR			3	
POTENCIA	POTENCIA EN CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR			790	HP
VOLTAJE 1	VOLTAJE 1 DE SERVICIO			4000	V
CORRIENTE 1	CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO A VOLTAJE 1			106	A
FRECUENCIA	FRECUENCIA			50	Hz
RODAM. TRASERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO VENTILADOR			6322-C3	
RODAM. DELANTERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO ACOUPLE			6324-C3	
AISLAMIENTO	CLASE DE AISLAMIENTO DEL MOTOR			F	
TAMAÑO CONST.	TAMAÑO CONSTRUCTIVO			450L	
FORMA CONSTRUC.	FORMA CONSTRUCTIVA BÁSICA			MI B3	
PROTECCIÓN	GRADO PROTECCIÓN DE MOTOR (IP)			IP 55	

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	EMO00187	57				
DESCRIPCIÓN	MOTOR # 3					
FUNCIÓN	MOVER BOMBA UNIDAD 3					
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	FRANCIA	
SIST. ASOCIADO	BSVI1103			TIPO	MEXQ 450 LP4	
FABRICANTE	BBC			PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	KW	PESO	4740	CAP. MÁXIMA	590	
UNID. PESO	KG	LARGO	2320	UNID. DIMENSIÓN	MM	
ANCHO	1655			ALTO	1600	
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	GRIS	
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES						
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD	
COS ϕ	FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR			0.85		
VELOCIDAD	VELOCIDAD DEL ROTOR			1790	RPM	
FASES	NUMERO DE FASES DEL MOTOR			3		
POTENCIA	POTENCIA EN CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR			790	HP	
VOLTAJE 1	VOLTAJE 1 DE SERVICIO			4000	V	
CORRIENTE 1	CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO A VOLTAJE 1			106	A	
FRECUENCIA	FRECUENCIA			50	Hz	
RODAM. TRASERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO VENTILADOR			6322-C3		
RODAM. DELANTERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO ACOUPLE			6324-C3		
AISLAMIENTO	CLASE DE AISLAMIENTO DEL MOTOR			F		
TAMAÑO CONST.	TAMAÑO CONSTRUCTIVO			450L		
FORMA CONSTRUC.	FORMA CONSTRUCTIVA BÁSICA			MI B3		
PROTECCIÓN	GRADO PROTECCIÓN DE MOTOR (IP)			IP 55		

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	EMO00188	58				
DESCRIPCIÓN	MOTOR # 4					
FUNCIÓN	MOVER BOMBA UNIDAD 4					
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	FRANCIA	
SIST. ASOCIADO	BSVI1104			TIPO	MEXQ 450 LP4	
FABRICANTE	BBC			PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	KW	PESO	4740	CAP. MÁXIMA	590	
UNID. PESO	KG	LARGO	2320	UNID. DIMENSIÓN	MM	
ANCHO	1655			ALTO	1600	
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	GRIS	
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES						
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD	
COS ϕ	FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR			0.85		
VELOCIDAD	VELOCIDAD DEL ROTOR			1790	RPM	
FASES	NUMERO DE FASES DEL MOTOR			3		
POTENCIA	POTENCIA EN CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR			790	HP	
VOLTAJE 1	VOLTAJE 1 DE SERVICIO			4000	V	
CORRIENTE 1	CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO A VOLTAJE 1			106	A	
FRECUENCIA	FRECUENCIA			50	Hz	
RODAM. TRASERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO VENTILADOR			6322-C3		
RODAM. DELANTERO	REFERENCIA DEL RODAMIENTO LADO ACOUPLE			6324-C3		
AISLAMIENTO	CLASE DE AISLAMIENTO DEL MOTOR			F		
TAMAÑO CONST.	TAMAÑO CONSTRUCTIVO			450L		
FORMA CONSTRUC.	FORMA CONSTRUCTIVA BÁSICA			MI B3		
PROTECCIÓN	GRADO PROTECCIÓN DE MOTOR (IP)			IP 55		

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
EQUIPO	EPG00003	59			
DESCRIPCIÓN	PUENTE GRUA				
FUNCIÓN	TRASLACIÓN DE CARGA				
UBICACIÓN	SAN VICENTE		PAÍS	ITALIA	
SIST. ASOCIADO	BSVI1124		TIPO	SGC	
FABRICANTE	PRIM		PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	T	PESO		CAP. MÁXIMA	6
UNID. PESO	KG	LARGO		UNID. DIMENSIÓN	MM
ANCHO			ALTO		
AÑO FABRICACIÓN	1987		COLOR	AMARILLO/AZUL	
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES					
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD
VEL. APROX. ELEVA	VELOCIDAD APROXIMADA DE ELEVACIÓN			0.9	m/mi
VELOCIDAD CARRO	VELOCIDAD DE TRASLACIÓN DEL CARRITO			10	m/mi
LUZ	DISTANCIA ENTRE EJES DE VIGA CARRILERA			12000	mm
VELOCIDAD PUENTE	VELOCIDAD DE TRASLACIÓN DEL PUENTE			27	m/mi
VELOCIDAD ELEVA	VELOCIDAD NORMAL DE ELEVACIÓN			3.6	m/mi
LONG. CARRILERA	LONGITUD DE LA CARRILERA			38000	mm
VOLTAJE CONTROL	VOLTAJE DE CONTROL DEL PUENTE GRÚA			48	Vca
ALTURA	DISTANCIA ENTRE EL GANCHO Y EL PISO			6000	mm
TENSIÓN	TENSIÓN NOMINAL MOTOR ELEVADOR			220	V
POTENCIA	POTENCIA MOTOR ELEVADOR			4/1	kW
PESO	PESO MÁXIMO ADMITIDO			5000	Kg
CORRIENTE	CORRIENTE NOMINAL MOTOR ELEVADOR			8.8/8.7	A

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	ETR00004	60				
DESCRIPCIÓN	TRANSFORMADOR TRIFASICO TR-A1					
FUNCIÓN	SERVICIOS AUXILIARES TR AUX-1					
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	ITALIA	
SIST. ASOCIADO	BSVI1125			TIPO	ST84	
FABRICANTE	SEA			PRIORIDAD	CRITIC	
UNID. CAPACIDAD	KVA	PESO	420	CAP. MÁXIMA	50	
UNID. PESO	KG	LARGO	1110	UNID. DIMENSIÓN	MM	
ANCHO	470			ALTO	1170	
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	GRIS	
CARACTERISTICAS ESPECIALES						
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD	
TENSIÓN DE CLAS.	CLASE NOMINAL DE TENSIÓN			15/1.2	KV	
BT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN BAJA TENSIÓN			132.42	A	
BT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE BAJA TENSIÓN			218	V	
N. DE FASES	NUMERO DE FASES MONOFASICO O TRIFÁSICO			3	CU	
IMPEDANCIA	IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO			3.05	PU	
AT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA ALTA TENSIÓN			110	KV	
BT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA BAJA TENSIÓN			45	KV	
AT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE ALTA TENSIÓN			11400	V	
FRECUENCIA	FRECUENCIA DE LA RED			60	HZ	
ELEVACIÓN TEMP.	ELEVACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA			65	°C	
PESO ACEITE	PESO DEL ACEITE			90	KG	
REFRIGERACIÓN	TIPO DE REFRIGERACIÓN			ONAN		
CONEXIÓN	TIPO DE CONEXIÓN			DYN5		

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	ETR00005	61				
DESCRIPCIÓN	TRANSFORMADOR TRIFASICO TR-A2					
FUNCIÓN	SERVICIOS AUXILIARES TR AUX-2					
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	ITALIA	
SIST. ASOCIADO	BSVI1125			TIPO	ST84	
FABRICANTE	SEA			PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	KVA	PESO	420	CAP. MÁXIMA	50	
UNID. PESO	KG	LARGO	1110	UNID. DIMENSIÓN	MM	
ANCHO	470			ALTO	1170	
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	GRIS	
CARACTERISTICAS ESPECIALES						
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD	
TENSIÓN DE CLAS.	CLASE NOMINAL DE TENSIÓN			15/1.2	KV	
BT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN BAJA TENSIÓN			132.42	A	
BT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE BAJA TENSIÓN			218	V	
N DE FASES	NUMERO DE FASES MONOFASICO O TRIFÁSICO			3	CU	
IMPEDANCIA	IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO			3.05	PU	
AT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA ALTA TENSIÓN			110	KV	
BT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA BAJA TENSIÓN			45	KV	
AT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE ALTA TENSIÓN			11400	V	
FRECUENCIA	FRECUENCIA DE LA RED			60	HZ	
ELEVACIÓN TEMP.	ELEVACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA			65	°C	
PESO ACEITE	PESO DEL ACEITE			90	KG	
REFRIGERACIÓN	TIPO DE REFRIGERACIÓN			ONAN		
CONEXIÓN	TIPO DE CONEXIÓN			DYN5		

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	ETR00006		62			
DESCRIPCIÓN	TRANSFORMADOR TRIFASICO TR-1					
FUNCIÓN	SUBESTACIÓN TR-1					
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	ITALIA	
SIST. ASOCIADO	BSVI1117			TIPO	TPN	
FABRICANTE	SEA			PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	KVA	PESO	6900	CAP. MÁXIMA	3000	
UNID. PESO	KG	LARGO	2375	UNID. DIMENSIÓN	MM	
ANCHO	1900			ALTO	2500	
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	GRIS	
CARACTERISTICAS ESPECIALES						
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD	
TENSIÓN DE CLAS.	CLASE NOMINAL DE TENSIÓN			15/5	KV	
BT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN BAJA TENSIÓN			400.9	A	
BT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE BAJA TENSIÓN			4320	V	
N DE FASES	NUMERO DE FASES MONOFASICO O TRIFÁSICO			3	CU	
IMPEDANCIA	IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO			5.4	PU	
AT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA ALTA TENSIÓN			110	KV	
BT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA BAJA TENSIÓN			75	KV	
AT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE ALTA TENSIÓN			11400	V	
AT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN ALTA TENSIÓN			151.93	A	
FRECUENCIA	FRECUENCIA DE LA RED			60	HZ	
ELEVACIÓN TEMP.	ELEVACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA			65	°C	
PESO ACEITE	PESO DEL ACEITE			1410	KG	
REFRIGERACIÓN	TIPO DE REFRIGERACIÓN			ONAN		
CONEXIÓN	TIPO DE CONEXIÓN			DYN5		

DIVISIÓN ELÉCTRICA FICHA TÉCNICA DE EQUIPO						
EQUIPO	ETR00028	63				
DESCRIPCIÓN	TRANSFORMADOR TRIFASICO TR-2					
FUNCIÓN	SUBESTACIÓN TR-2					
UBICACIÓN	SAN VICENTE			PAÍS	ITALIA	
SIST. ASOCIADO	BSVI1117			TIPO	TPN	
FABRICANTE	SEA			PRIORIDAD	NORMAL	
UNID. CAPACIDAD	KVA	PESO	6900	CAP. MÁXIMA	3000	
UNID. PESO	KG	LARGO	2375	UNID. DIMENSIÓN	MM	
ANCHO	1900			ALTO	2500	
AÑO FABRICACIÓN	1988			COLOR	GRIS	
CARACTERISTICAS ESPECIALES						
ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN			VALOR ATRIBUTO	UNIDAD	
TENSIÓN DE CLAS.	CLASE NOMINAL DE TENSIÓN			15/5	KV	
BT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN BAJA TENSIÓN			2886.75	A	
BT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE BAJA TENSIÓN			4320	V	
N DE FASES	NUMERO DE FASES MONOFASICO O TRIFÁSICO			3	CU	
IMPEDANCIA	IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO			5.4	PU	
AT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA ALTA TENSIÓN			110	KV	
BT BIL	NIVEL BÁSICO DE IMPULSO PARA BAJA TENSIÓN			75	KV	
AT VOLTIOS	VOLTAJE NOMINAL DE ALTA TENSIÓN			11400	V	
AT AMPERIOS	AMPERIOS NOMINALES EN ALTA TENSIÓN			126.61	A	
FRECUENCIA	FRECUENCIA DE LA RED			60	HZ	
ELEVACIÓN TEMP.	ELEVACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA			65	°C	
PESO ACEITE	PESO DEL ACEITE			1410	KG	
REFRIGERACIÓN	TIPO DE REFRIGERACIÓN			ONAN		
CONEXIÓN	TIPO DE CONEXIÓN			DYN5		

4. ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

4.1. ESTACIÓN DE BOMBEO COLUMNAS



Figura 2. Cartel de presentación, Estación Columnas

4.1.1. **Conformación sistema eléctrico.** El sistema eléctrico de la estación esta conformado en términos generales por las siguientes secciones:

- A. Dos acometidas en línea de transmisión y su respectiva celda de entrada a 11.4 kV.
- B. Una sección de medida y protecciones, en el lado de 11.4 kV.

- C. Dos Transformadores en aceite, con capacidad de 2500 kVA cada uno y relación 11.4 kV / 480 – 277 V.
- D. Un Sistema General a 480 V , implementado por celdas que alojan los interruptores y configuran el respectivo arrancador para el motor de cada una de las bombas que operan en la estación.
- E. Cinco motores de 445 HP cada uno, para operación a 460 V, 3 – fases, 60 Hz uno para cada bomba.

Se presenta el Diagrama Unifilar Actualizado, de acuerdo con el inventario.

ANEXO A. Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la Estación de Bombeo Columnas.

4.1.2. Sistema a 11.4 kV. El Sistema a 11.4 kV está constituido por los siguientes elementos:

Estructuras en postiería de concreto, que reciben dos líneas a 11.4 kV, una desde La Capilla y la otra del circuito de suplencia del sector, cada una provista de su seccionador, para selección y enclavamiento mecánico de la acometida con la cual se va a energizar la celda de entrada.

Una celda de medida, exclusiva para CODENSA, provista de dos transformadores de corriente, relación 150/5 amperios y dos transformadores de tensión, relación 11.4 kV / 120 V, para alimentar a los respectivos contadores de energía activa y reactiva.

Una celda para medida y protección, para la EAAB, provista de tres transformadores de corriente, relación 150 / 5 Amperios y tres transformadores de

tensión, relación 11.4 kV / 120V, para alimentar los siguientes instrumentos y relevos de protección:

Un vatímetro escala 0 – 2500 kW

Un cosenofímetro

Tres amperímetros escala 0 – 150 A

Un frecuencímetro

Un relveo de protección de sobrecorriente (50/51)

Un voltímetro escala 0 – 15 kV con su selector .

Dentro de esta celda se aloja un Interruptor para operación a 11.4 kV, trifásico, con capacidad para 630 Amperios a plena carga y 500 MVA de capacidad de interrupción, para operación manual y disparo automático, para la correspondiente protección del primario del respectivo transformador de potencia que se seleccione para servicio de la estación.

Igualmente dentro de esta celda se encuentran dos seccionadores bajo carga, con bobina de bloqueo, para operación a 15 KV, trifásico, con capacidad para 630 Amperios a plena carga y 16 kA de capacidad de interrupción, para operación manual, uno para cada primario de los dos transformadores de potencia.

4.1.3. Transformadores 11.4 kV / 480-277 V. Se dispone de dos transformadores idénticos en capacidad y características, pero sólo uno es seleccionado para operación normal. El otro se mantiene como reserva en el caso de fallar el de servicio.

Cada transformador en aceite con capacidad de 2500 kVA y relación 11.4 kV / 480 – 277 V, está a la intemperie, sobre una plataforma de concreto, en la parte externa del edificio.



Figura 3. Transformador # 2, Estación Columnas

Está provisto de relé buchholz y sensores de temperatura, como elementos de protección, así como de un indicador del nivel del aceite.

La acometida entre el secundario del transformador y el tablero de fuerza a 480 V esta en 5 conductores calibre 750 MCM, para cada una de las fases y un conductor calibre 500 MCM para el neutro.

4.1.4. **Sistema a 480 V.** El sistema a 480 V esta constituido por los siguientes elementos:

Dos celdas, cada una para alojar el respectivo Interruptor de SF₆ para operación a 480 V, trifásico, con capacidad para 4000 Amperios a plena carga y 100 KA de capacidad de interrupción, para operación manual y disparo automático, cada uno para el correspondiente secundario del respectivo transformador de potencia mencionado.

Cada celda de interruptor, está provista de tres transformadores de corriente, relación 4000/5 Amperios, para alimentar los siguientes instrumentos relacionados con las medidas en el lado de alimentación al barraje a 480 V:

Un vatímetro escala 0 – 2500 kW

Tres amperímetros escala 0 – 4000 A

Un cosenofímetro

Existe un solo juego de tres transformadores de tensión, conectados al barraje común a 480 V, con relación 480/120 V, para alimentar los vatímetros y cosenofímetros mencionados en el párrafo anterior, así como un relevo de bajo voltaje y un voltímetro escala 0-600 V.

4.1.5. Arrancadores de motores. Están configurados dentro del tablero general a 480 V, existiendo una celda para cada dos arrancadores de los motores de las bombas de la estación. Cada juego de arrancador de motor contiene los siguientes elementos:

Un Interruptor termo-magnético, para operación a 480 V y capacidad de 800 Amperios a plena carga.

Un transformador de corriente con relación 600/5 Amperios, para alimentar los siguientes instrumentos:

Un Amperímetro escala 0 – 600 A

Un Transductor de 0 - 5 Amp. AC / 4 – 20 mA DC, para señal a la consola

Se dispone además de un toroide colocado sobre los conductores del motor para protección de sobre-corriente del motor.

Tres contactores para configurar el arrancador tipo estrella-triángulo, con los cuales se realiza el arranque y la operación del motor a 480 V.

Un relé térmico para protección de sobrecarga del motor.

Un juego de pulsadores para arranque y parada del motor y sus luces de encendido y apagado.

Adicionalmente se dispone de cuatro bancos de condensadores de 60 kVAr cada uno, accionados por medio de contactores, para ser conectados al barraje de 480 V, con el fin de corregir el factor de potencia del sistema.

4.1.6. Sistema de protecciones. Los sistemas de protección para los diferentes equipos eléctricos son los siguientes:

Interruptores termo-magnéticos, para los secundarios de los transformadores de potencia, provistos adicionalmente con disparo por bajo voltaje en el barraje a 480 V.

Interruptores termo-magnéticos, relés de sobrecarga y protección de sobrecorriente con toroides detectores de falla a tierra, para los motores de las bombas.

El transformador de potencia dispone de un indicador de nivel, el cual produce alarma audible y luminosa en caso de fugas de aceite. Igualmente dispone de un relé buchholz para alarma y disparo por sobrepresión del aceite en el tanque.

Los motores disponen de sensores de temperatura tanto en sus bobinados como en sus chumaceras.

4.1.7. Sistema de control. El Sistema de Control esta centralizado en una consola de supervisión y mando local, dentro de la cual se alojan los siguientes equipos principales:

Grupo de relevos auxiliares, transformadores de control , timbres y cornetas para indicación de alarmas y disparos de equipos, así como para el enclavamiento de los mandos y señales del control remoto de la estación.

En la parte exterior y frontal de la consola, se encuentran los siguientes elementos:

- Anunciador luminoso, para indicación de los tipos de falla y alarmas de la estación.
- Un indicador de nivel de agua.
- Un registrador de flujo de agua.
- Juego de selectores para establecer el orden de operación de las bombas.
- Juego de botoneras para arranque y parada de cada bomba, así como sus luces de indicación de marcha y parada
- Juego de botoneras para test – silenciar y cancelar alarmas y otro para parada de emergencia.

4.1.8. Sistema de alarmas. Esta concentrado en la consola de control y comprende las indicaciones correspondientes a los sistemas de protección y control que se describen en paragrafos anteriores.

4.1.9. **Sistema de comunicaciones.** Se dispone de un equipo de radio voz para comunicación con el edificio de administración en el Centro Nariño , y de una línea telefónica de la red urbana.

4.1.10. **Conclusiones sobre su estado actual.** El estado general de los equipos eléctricos es bueno. Las características del diseño original, con la inclusión del sistema de consola de control y supervisión, lo habilitan para implementarle equipos de control con PLC y posteriormente un sistema SCADA para supervisión y mando remotos.

Será requisito importante considerar, dentro de las funciones de una política general de supervisión y control, los criterios de aplicación para los sistemas de protección, instrumentación y concentración de datos, control local y remoto, alarmas y comunicaciones para voz y datos, con base en la experiencia adquirida con la operación de otras estaciones de bombeo (Sierra Morena 1 y Sierra Morena 2) que ya disponen de implementación avanzada en estos aspectos.

4.1.11. **Consideraciones sobre modificaciones.** Los diferentes aspectos a considerar sobre modificaciones, adiciones e implementación de nuevas tecnologías, deberán tener en cuenta todos los aspectos operativos de la estación, así como integrar y relacionar los sistemas hidráulicos, mecánicos y eléctricos, de tal manera que se enfoquen hacia un conjunto congruente de equipos y sistemas, con mejores interfases hombre – máquina y facilidades de supervisión y mando local y remoto, de acuerdo a un plan general operativo.

Se recomienda implementar un sistema integrado de sensores, alarmas visuales y audibles, y un sistema central por estación, en base a un controlador programable

(PLC), para controlar, registrar, guardar y retransmitir los datos y valores de operación, para los siguientes parámetros de trabajo:

Sensores de Temperatura:

Para el transformador y cada uno de los motores

Sensores de Presión:

Para tuberías de succión y bombeo al tanque superior

Sensores de Nivel:

Para el aceite del transformador

Para cada uno de los tanques de almacenamiento de agua, discriminando nivel máximo y mínimo por tanque, y sus valores análogos intermedios

Sensores de Flujo:

Para la tubería principal a la salida de la estación

Variables del Sistema Eléctrico Total a 440 Voltios:

Voltaje entre Fases

Corriente por Fase

Potencia Activa Total

Potencia Reactiva Total

Factor Potencia

Estados de Operación de Equipos (ON / OFF)

Posición de Interruptores

Mando de Interruptores

Motor Activado / Desactivado

Protecciones de Equipos Activadas (Relé Térmico)

Selectores de Bombas

Selectores de Modo de Operación (Auto / Manual)
Posición de Válvulas Principales
Bancos de Condensadores

4.2. ESTACIÓN DE BOMBEO SAN VICENTE



Figura 4. Cartel de presentación, Estación San Vicente

4.2.1. Conformación sistema eléctrico. El sistema eléctrico de la estación está conformado en términos generales por las siguientes secciones:

- A. Dos acometidas en línea de transmisión y su respectiva celda de entrada a 11.4 kV.
- B. Una sección de medida y protecciones, en el lado de 11.4 kV.
- C. Dos transformadores en aceite, con capacidad de 3000 kVA cada uno y relación 11.4 kV / 4.16 kV.

- D. Un sistema general a 4.16 kV, implementado por celdas que alojan los interruptores y configuran el respectivo arrancador para el motor de cada una de las bombas que operan en la estación.
- E. Cuatro motores de 790 HP cada uno, para operación a 4.16 kV, 3 – Fases, 60 Hz, uno para cada bomba.

Se presenta el Diagrama Unifilar Actualizado, de acuerdo con el inventario.

ANEXO B. Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la Estación de Bombeo San Vicente.

4.2.2. **Sistema a 11.4 kV.** El sistema a 11.4 kV está constituido por los siguientes elementos:

Estructuras en postería de concreto, que reciben dos líneas a 11.4 kV, una desde la Capilla y la otra del circuito de suplencia del sector, cada una provista de su seccionador, para selección y enclavamiento mecánico de la acometida con la cual se va a energizar la celda de entrada.

Una celda de medida, exclusiva para CODENSA, provista de dos transformadores de corriente, relación 200/5 Amperios y dos transformadores de tensión, relación 11.4 kV / 120 V, para alimentar a los respectivos contadores de energía activa y reactiva.

Una celda para medida y protección, para la EAAB, provista de tres transformadores de corriente, relación 200 / 5 Amperios y tres transformadores de tensión, relación 11.4 kV / 120 V, para alimentar los siguientes instrumentos y relevos de protección:

Un vatímetro escala 0 – 3000 kW

Un cosenofómetro
Tres amperímetros escala 0 – 200 A
Un frecuencímetro
Un relevo de protección de sobrecorriente (50/51)
Un voltímetro escala 0 – 15 kV con su selector.

Dentro de esta celda se aloja un Interruptor para operación a 11.4 kV, trifásico, con capacidad para 630 Amperios a plena carga y 500 MVA de capacidad de interrupción, para operación manual y disparo automático, para la correspondiente protección del primario del respectivo transformador de potencia que se seleccione para servicio de la estación.

Igualmente dentro de esta celda se encuentran dos seccionadores bajo carga, con bobina de bloqueo, para operación a 15 kV, trifásico, con capacidad para 630 Amperios a plena carga y 16 KA de capacidad de interrupción, para operación manual, uno para cada primario de los dos transformadores de potencia.

4.2.3. Transformadores 11.4 kV / 4.16 kV. Se dispone de dos transformadores idénticos en capacidad y características, pero solo uno es seleccionado para operación normal. El otro se mantiene como reserva. Cada transformador en aceite con capacidad de 3000 kVA y relación 11.4 kV / 4.16 kV, está a la intemperie, sobre una plataforma de concreto, en la parte externa del edificio. Está provisto de relé buchholz, sensores de temperatura, elementos de protección y un indicador del nivel del aceite.

La acometida entre el secundario del transformador y el tablero de fuerza a 4.16 kV está en 2 conductores calibre 4/0 AWG, para cada una de las fases y un conductor calibre 2/0 AWG para el neutro.



Figura 5. Transformador de patio, Estación San Vicente

4.2.4. Sistema a 4.16 kV. El sistema a 4.16 kV está constituido por los siguientes elementos:

Dos celdas, cada una para alojar el respectivo Interruptor para operación a 4.16 kV, trifásico, con capacidad para 630 Amperios a plena carga y 400 MVA de capacidad de interrupción, para operación manual y disparo automático, cada uno para el correspondiente secundario del respectivo transformador de potencia mencionado.

Cada celda de interruptor, está provista de tres transformadores de corriente, relación 500/5 Amperios y tres transformadores de tensión, con relación 4.16 kV / 120 V, para alimentar los siguientes instrumentos relacionados con las medidas en el lado de alimentación al barraje a 4.16 kV:

Un vatímetro escala 0 – 3000 kW

Tres amperímetros escala 0 – 500 A

Un cosenofómetro.

Un relevo de sobrecorriente (50 – 51) y (51N)

Un relevo de bajo voltaje

Un voltímetro escala 0-6 kV.

4.2.5. Arrancadores de motores. Están configurados dentro del tablero general a 4.16 kV, uno para cada una de las bombas de la estación. Cada juego de arrancador de motor contiene los siguientes elementos:

Un juego de fusibles, para operación a 4.16 kV y capacidad de 200 amperios a plena carga.

Tres transformadores de corriente con relación 100 / 5 Amperios, para alimentar los siguientes instrumentos:

Un amperímetro escala 0 – 150 A.

Un transductor de 0 - 5 Amp. AC / 4 – 20 mA DC, para señal a la consola

Un relé de sobrecarga (49)

Se dispone además de un toroide colocado sobre los conductores del motor para protección de sobre-corriente del motor.

Tres contactores para configurar el arrancador tipo estrella - triángulo, con los cuales se realiza el arranque y la operación del motor a 4.16 kV.

Un juego de pulsadores para arranque y parada del motor y sus luces de encendido y apagado.

Adicionalmente se dispone de tres bancos de condensadores de 120 kVAr cada uno, accionados por medio de contactores, para ser conectados al barraje de 4.16 kV, con el fin de corregir el factor de potencia del sistema.

4.2.6. Sistema de protecciones. Los sistemas de protección para los diferentes equipos eléctricos son los siguientes:

Interruptores termo - magnéticos, para los secundarios de los transformadores de potencia, provistos adicionalmente con disparo por bajo voltaje en el barraje a 4.16 kV.

Juegos de fusibles, relés de sobrecarga y protección de sobrecorriente con toroides detectores de falla a tierra, para los motores de las bombas.

El transformador de potencia dispone de un indicador de nivel, el cual produce alarma audible y luminosa en caso de fugas de aceite. Igualmente dispone de un relé buchholz para alarma y disparo por sobrepresión del aceite en el tanque.

Los motores disponen de sensores de temperatura tanto en sus bobinados como en sus chumaceras.

4.2.7. Sistema de control. El Sistema de Control está centralizado en una consola de supervisión y mando local, dentro de la cual se alojan los siguientes equipos principales:

Grupo de relevos auxiliares, transformadores de control, timbres y cornetas para indicación de alarmas y disparos de equipos, así como para el enclavamiento de los mandos y señales del control remoto de la estación.

En la parte exterior y frontal de la consola, se encuentran los siguientes elementos:

- Anunciador luminoso, para indicación de los tipos de falla y alarmas de la estación.
- Un indicador de nivel de agua.
- Un registrador de flujo de agua.
- Juego de selectores para establecer el orden de operación de las bombas.
- Juego de botoneras para arranque y parada de cada bomba, así como sus luces de indicación de marcha y parada.
- Juego de botoneras para test – silenciar y cancelar alarmas y otro para parada de emergencia.

4.2.8. Sistema de alarmas. Está concentrado en la consola de control y comprende las indicaciones correspondientes a los sistemas de protección y control que se describen en paragrafos anteriores.

4.2.9. Sistema de comunicaciones. Se dispone de un equipo de radio voz para comunicación con el edificio de administración en el Centro Nariño, y de una línea telefónica de la red urbana.

4.2.10. Conclusiones sobre su estado actual. El estado general de los equipos eléctricos es bastante bueno. Las características del diseño original, con la inclusión del sistema de consola de control y supervisión, lo habilitan para

implementarle equipos de control con PLC y posteriormente un sistema SCADA para supervisión y mando remotos.

Será requisito importante considerar, dentro de las funciones de una política general de supervisión y control, los criterios de aplicación para los sistemas de protección, instrumentación y concentración de datos, control local y remoto, alarmas y comunicaciones para voz y datos, con base en la experiencia adquirida con la operación de otras estaciones de bombeo que ya disponen de implementación avanzada en estos aspectos.

4.2.11. Consideraciones sobre modificaciones. Los diferentes aspectos a considerar sobre modificaciones, adiciones e implementación de nuevas tecnologías, deberán tener en cuenta todos los aspectos operativos de la estación, así como integrar y relacionar los sistemas hidráulicos, mecánicos y eléctricos, de tal manera que se enfoquen hacia un conjunto congruente de equipos y sistemas, con mejores interfases hombre – máquina y facilidades de supervisión y mando local y remoto, de acuerdo a un plan general operativo.

Se recomienda implementar un sistema integrado de sensores, alarmas visuales y audibles, y un sistema central por estación, en base a un controlador programable (PLC), para controlar, registrar, guardar y retransmitir los datos y valores de operación, para los siguientes parámetros de trabajo:

Sensores de Temperatura:

Para el transformador y cada uno de los motores.

Sensores de Presión:

Para tuberías de succión y bombeo al tanque superior.

Sensores de Nivel:

Para el aceite del transformador.

Para cada uno de los tanques de almacenamiento de agua, discriminando nivel máximo y mínimo por tanque, y sus valores análogos intermedios.

Sensores de Flujo:

Para la tubería principal a la salida de la estación

Variables del Sistema Eléctrico Total a 4.16 kV:

Voltaje entre Fases

Corriente por Fase

Potencia Activa Total

Potencia Reactiva Total

Factor Potencia

Estados de Operación de Equipos (ON / OFF)

Posición de Interruptores

Mando de Interruptores

Motor Activado / Desactivado

Protecciones de Equipos Activadas (Relé Térmico)

Selectores de Bombas

Selectores de Modo de Operación (Auto / Manual)

Posición de Válvulas Principales

Bancos de Condensadores

5. INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO

5.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.1.1. Estación de bombeo columnas.

5.1.1.1. Cargador y banco de baterías.

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores
- Brocha
- Aspiradora

B. Control de llenado y limpieza. (NTC 1152)

Precauciones

Mantener las baterías limpias. Limpiar las baterías solamente con agua fría, con una pequeña adición de alcohol industrial cuando sea necesario. Se deben vigilar las verticiones de agua destilada sobre los elementos.

Procedimiento

- Mantener el nivel del electrolito.
- Se debe hacer verificación de la densidad del electrolito de acuerdo a la designación del fabricante.
- Las sales que se forman en los elementos, chasis, cofres, bancadas deben ser eliminadas. Después de la limpieza, es recomendable engrasar ligeramente las tapas, bornes y conexiones con vaselina o grasa neutra.
- Las conexiones flexibles deben ser probadas para impedir su endurecimiento, y se debe revisar que no exista partes de cable desnudo, ya que puede provocar cortocircuitos.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Los controles de llenado se deben realizar 2 veces por año.

C. Control de carga. (NTC 2588, IEC 335-2-29)

Precauciones

Mantener las baterías limpias

Procedimiento

- Limpiar las baterías solamente con agua fría, con una pequeña adición de alcohol industrial cuando sea necesario.
- La revisión de carga se debe realizar de la siguiente manera:
 - a. Se debe descargar la batería a una intensidad comprendida entre 0.2 y 0.5 C₅A, hasta llegar a 0 V./EI
 - b. Carga normal de 7 horas a 0.2 C₅A.

- c. Descarga a 0 V./EI a una intensidad comprendida entre 0.2 y 0.5 C₅A, proseguida por una carga inversa al régimen de 0.1 C₅A durante 10 horas.
 - d. Carga 15 horas a 0.2 C₅A.
- Para hacerle un seguimiento se verifica la descarga de capacidad efectuada a 0.2 C₅A, se mide a intervalos de 15 minutos la tensión en los bornes hasta 0.8 V./EI. Los elementos que presenten un defecto eléctrico deben ser desmontado de la caja y reemplazados.
 - Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Las revisiones de carga se deben hacer cada 18 meses.

D. Equipo de protección personal. (NTC 3398)

Los implementos de seguridad personal para este tipo de trabajo son casco de seguridad, botas aislantes, gafas protectoras, guantes aislantes y guantes de seguridad.

- El casco de seguridad debe tener una protección entre 5000 y 20000 V (AC), tipo B. (NTC 1523)
- Las botas aislantes deben ofrecer buena resistencia dieléctrica, por eso deben ser de caucho sin partes metálicas, cosidas con nylon y suela antideslizante. (NTC 3440)
- Las gafas protectoras deben ser marco y montura dieléctrica, vidrios endurecidos y protector lateral.
- Los guantes aislantes son dieléctricos, generalmente de carnaza, sobre los guantes aislantes se colocan los protectores para evitar el deterioro. (NTC 3440)

- La ropa de trabajo debe ser confeccionada en algodón, sin partes metálicas y la camisa debe ser de manga larga. (NTC 3398)

Todos los implementos se deben portar mientras se permanezca en los lugares de trabajo establecidos. (NTC 4116)

5.1.1.2. **Acometida a motores**

A. Herramientas

- Voltímetro (1000 V)
- Probador de temperatura infrarrojo
- Detector de tensión

B. Pruebas a la acometida

Precauciones

- Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas. (NEC. Art 300-5)
- Detector de tensión

Procedimiento

- Medir la temperatura de la acometida (no debe sobrepasar los 70°C). (NEC. Art 338)
- Llenar el formato para observar el comportamiento de la temperatura.
- Verificar conexiones.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses como mínimo (pudiéndose hacer una revisión cada mes).

5.1.1.3. **Tablero servicios auxiliares. (NTC 3475)**

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores
- Aspiradora

B. Mantenimiento

Precauciones

Mantener la consola limpia. Limpiarla solamente con agua fría, con una pequeña adición de alcohol industrial (Líquido para evitar la estática de los elementos).

Procedimiento

- Inspeccionar que todos los tornillos se encuentren apretados.
- Todas las partes eléctricas y electrónicas deben ser limpiadas con líquido para partes eléctricas que eviten la estática.
- Verificación de cargas.

Frecuencia

La inspección de los tornillos se debe realizar una vez al año. Las pruebas de carga cada 6 meses y la limpieza se debe realizar mensual.

5.1.1.4. Arrancadores

A. Herramientas

- Voltímetro (1000 V)
- Sensor de ausencia de tensión

B. Pruebas al contactor

Precauciones

- Desconectar la protección principal y los fusibles de control para evitar descargas eléctricas. (NEC Art 208)
- Verificar ausencia de tensión

Procedimiento

- Verificar funcionamiento de la protección principal.
- El contactor debe ser limpiado para eliminar el polvo acumulado.
- Limpiar cubiculo de cada arrancador
- Observe el estado de los contactos de los contactores.
- Limpie y observe el estado del relé térmico.
- Limpie y observe el estado del temporizador.
- Observe el estado de relés auxiliares.

- Observe el estado del transformador de control.
- El voltaje y la frecuencia deben ser legibles en el contactor.
- Probar el contactor para determinar su paso de corriente. (NEC Art 240)
- Ajuste conexiones.
- Limpiar borneras.
- Hacer el reemplazo según el caso.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses o cuando se presente falla en el arranque de los motores.

5.1.1.5. Celda de medidas a 480 V

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores (NTC 3398, ISO 6529)
- Brocha
- Detector ausencia de tensión

B. Control de limpieza

Precauciones

Desenergizar las celdas y verificar ausencia de tensión. (IEC 70)

Mantener las celdas limpias. Limpiar las celdas solamente con un paño húmedo, con una pequeña adición de alcohol industrial cuando sea necesario.

Procedimiento

- Limpie y observe el estado de los fusibles.
- Limpie y observe el estado de aisladores.
- Observe el estado de la protección principal y verifique su funcionamiento.
- Limpie los cables de potencia.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Se debe realizar 4 veces por año.

C. Control de medición

Precauciones

Aplicar la corriente y el voltaje según sea necesario.

Procedimiento

- Revisar conexiones.
- Aplicar la corriente y determinar el error en la medición.
- Realizar las correcciones del caso.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Las revisiones de carga se deben realizar cada 3 meses.

5.1.1.6. Banco de condensadores¹

A. Herramientas

- Voltímetro
- Barra para descargar
- Equipo para medir capacitancia

B. Pruebas a los condensadores². (NTC 2807, NTC 3421, IEC 70, IEC 831-1, IEC 871-1)

Precauciones

- Después de desconectar el condensador o el banco, y antes de tocar las partes metálicas se debe asegurar que se encuentra descargado. (NTC 3422)
- Cada condensador tiene una resistencia de descarga, la cual no debe tener más de 50 V después de 5 minutos de la descarga. Por esta razón no se debe acercarse al operario antes de 5 minutos. (NTC 3422)
- Después de comenzado el trabajo se debe asegurar que el switch de tierra está conectado.

Procedimiento

- Observe el estado de la protección principal y verifique su funcionamiento.
- Limpie los contactores y fusibles.
- Corriente de fase: La corriente en las 3 fases debe ser igual.
- Fusibles: Ninguno debe estar fundido. (IEV 436-03-16)
- Ajustar conexiones.

¹ ELETTRONICHE, Industria condensatori applicazioni. Power capacitor bank.

² ICAR, capacità & sicurezza. Safety Reliability Life Modularity

- Limpiar borneras.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses.

5.1.1.7. **Consola de control¹. (NTC 3475)**

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores

B. Mantenimiento

Precauciones

Mantener el tablero limpio. Limpiarla solamente con un paño húmedo, con una pequeña adición de alcohol industrial (Líquido para evitar la estática de los elementos).

Procedimiento

- Inspeccionar que todos los tornillos se encuentren apretados.
- Todas las partes eléctricas y electrónicas deben ser limpiadas con líquido para partes eléctricas que eviten la estática.
- Se debe hacer una prueba de carga con el sistema manual.
- Verificar relés de protección y relés auxiliares.

¹ ABB TECNOMASIO, CCM Sulzer. Manual de operación.

Frecuencia

La inspección de los tornillos se debe realizar una vez al año. Las pruebas de carga cada 6 meses y la limpieza se debe realizar mensual.

5.1.1.8. Acometidas 11.4 kV.

A. Herramientas

- Voltímetro
- Probador de temperatura infrarrojo
- Detector de tensión

B. Pruebas a la acometida

Precauciones

Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas. (NEC. Art 230-24)

Procedimiento

- Desenergizar
- Medir la temperatura de la acometida (no debe sobrepasar los 70°C). (NEC. Art 338)
- Llenar el formato para observar el comportamiento de la temperatura.
- Verificar operación del seccionador en media tensión.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses como mínimo (pudiéndose hacer una revisión cada mes).

5.1.1.9. Interruptor 11.4 kV¹. (NEC. Art 380)

A. Herramientas

- Voltímetro

B. Mantenimiento²

Procedimiento

- Verificar ausencia de tensión.
- Revisión de porcelanas; estado de aisladores, limpieza.
- Revisión de borneras; estado, limpieza y ajuste de conexión.
- Revisión de cámaras de extinción; estado limpieza.
- Elaboración de un reporte sobre lo observado.

Frecuencia

Inspecciones cada tres meses.

¹A.B.B., Tecnomasio. C.C.M. Sulzer

²SACE, S.P.A.. Costruzioni Electromeccaniche. Bergamo - Italy

C. Mantenimiento³

Procedimiento

- Desenergizar el interruptor, abrir seccionadores por seguridad.
- Revisión de porcelanas; estado de aisladores, limpieza.
- Revisión de borneras; estado limpieza y ajuste de conexión.
- Se deben realizar las pruebas eléctricas de campo.
- Revisar si hay indicios de deterioro o corrosión y pintar si se requiere.
- Verifique cierre y apertura de los seccionadores.
- Elaboración del reporte final.

Frecuencia

Inspecciones anuales.

5.1.1.10. Celda de medidas a 11.4 kV

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores (NTC 3398, ISO 6529)
- Brocha
- Detector ausencia de tensión

³CIENDÚA, Armando. Ing. Electricista E.E.E.B. Cuartas jornadas nacionales sobre mantenimiento.

B. Control de limpieza

Precauciones

- Desenergizar las celdas y verificar ausencia de tensión. (IEC 70).
- Mantener las celdas limpias. Limpiar las celdas solamente con un paño húmedo, con una pequeña adición de alcohol industrial cuando sea necesario.
- Aterrizar los PT.

Procedimiento

- Limpie y observe el estado de los fusibles.
- Limpie y observe el estado de aisladores.
- Observe el estado de la protección principal y verifique su funcionamiento.
- Limpie los cables de potencia.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Se debe realizar 4 veces por año.

C. Control de medición

Aplicar la corriente y el voltaje según sea necesario.

Procedimiento

- Revisar conexiones.
- Aplicar la corriente y determinar el error en la medición.
- Realizar las correcciones del caso.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Las medidas se deben realizar cada 3 meses.

5.1.1.11. Alimentación transformadores de potencia

A. Herramientas

- Detector de tensión
- Probador de temperatura infrarrojo

B. Pruebas a la acometida

Precauciones

Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas. (NEC. Art 300-5)

Procedimiento

- Medir la temperatura de la acometida (no debe sobrepasar los 70°C). (NEC. Art 338)
- Llenar el formato para observar el comportamiento de la temperatura.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses como mínimo (pudiéndose hacer una revisión cada mes).

5.1.1.12. Salidas transformadores de potencia

A. Herramientas

- Detector de tensión
- Probador de temperatura infrarrojo

B. Pruebas a la acometida

Precauciones

Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas. (NEC. Art 300-5)

Procedimiento

- Medir la temperatura de la acometida (no debe sobrepasar los 70°C). (NEC. Art 338)
- Llenar el formato para observar el comportamiento de la temperatura.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses como mínimo (pudiéndose hacer una revisión cada mes).

5.1.1.13. Alimentación transformadores auxiliares

A. Herramientas

- Detector de tensión

- Probador de temperatura infrarrojo

B. Pruebas a la acometida

Precauciones

Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas. (NEC. Art 300-5)

Procedimiento

- Medir la temperatura de la acometida (no debe sobrepasar los 70°C). (NEC. Art 338)
- Llenar el formato para observar el comportamiento de la temperatura.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses como mínimo (pudiéndose hacer una revisión cada mes).

5.1.1.14. Motores¹.

A. Herramientas

- Analizador de potencia
- Voltímetro
- Probador de temperatura infrarrojo
- Tacómetro

¹BBC, Brown Boveri France S.A.. MotoresCuiracem

- Megger
- Megometro

B. Pruebas de verificación (NEC. Art 430-14)

Precauciones

Motor sin carga.

Procedimiento

- Limpie y observe el estado del estator.
- Verificar el alineamiento motor – bomba.
- Observe el estado del ventilador.
- Ajustar conexiones.
- Tome medida de aislamiento a los devanados.
- Observar si la velocidad esta cercana a la sincronía.
- Observar que no tenga vibración excesiva.
- Que no presente un calentamiento anormal.
- Que la corriente no sea excesiva y este equilibrada en las tres fases.
- Lubrique los rodamientos.

C. Pruebas a los devanados (NTC 3984)

- Medir aislamiento de devanados
- Revisar si los devanados tienen contacto a tierra.
- Si existen espiras en cortocircuito en una o más bobinas.
- Conexión del devanado para un voltaje distinto al de operación.
- Falta de continuidad en el circuito de alguna fase.
- Existencia de bobinas desconectadas del devanado.
- Con el analizador de potencia tomar medidas con carga y sin carga.

D. Prueba de impulsos

- Prueba de comparación de dos impedancias. (descargar el voltaje acumulado en un capacitor a través de dos devanados conectados en serie, se utiliza un osciloscopio para observarse de que forma aumenta o decae la frecuencia).

E. Rodamientos

- Tomar las temperaturas de los rodamientos.
- Observar si los protectores de los rodamientos se encuentran en buen estado (o según sea el caso la aplicación de grasa lubricante).
- Observar si los rodamientos están libres de partículas que obstruyan su movimientos.
- Observar el ajuste de los rodamientos con respecto al eje.

F. Prueba de resistencia del aislamiento

- Con el Megger se toman las medidas de aislamiento entre sus fases.
- El mismo procedimiento anterior pero entre fase y tierra.
- Las medidas se deben tomar con un intervalo mínimo de 10 minutos.

Frecuencia

Se debe realizar este mantenimiento cada 6 meses o cuando se presenten paradas de mantenimiento correctivo.

5.1.1.15. Transformadores¹. (NTC 2743)

A. Herramientas

- Megger.
- Banco o plataforma aislante.
- Tapete aislante.
- Pértiga de maniobras de 6 m (min.).
- Cubridores y protectores aislantes conductores.
- Detector de verificación de ausencia de tensión, puede ser de tipo luminoso o acústico.
- Escalera dieléctrica.
- Equipo de señalización.
- Chispometro.

B. Equipo de protección personal. (NTC 3398)

Los implementos de seguridad personal para este tipo de trabajo son casco de seguridad, botas aislantes, gafas protectoras, guantes aislantes y guantes de seguridad.

- El casco de seguridad se debe tener una protección entre 5000 y 20000 V (AC), tipo B. (NTC 1523)
- Las botas aislantes deben ofrecer buena resistencia dieléctrica, por eso deben ser de caucho sin partes metálicas, cosidas con nylon y suela antideslizante. (NTC 3440)
- Las gafas protectoras deben ser marco y montura dieléctrica, vidrios endurecidos y protector lateral.

¹ SEA. Libretto istruzioni. Conservación para transformadores.

- Los guantes aislantes son dieléctricos, generalmente de carnaza, sobre los guantes aislantes se colocan los protectores para evitar el deterioro. (NTC 3440)
- La ropa de trabajo debe ser confeccionada en algodón, sin partes metálicas y la camisa debe ser de manga larga. (NTC 3398)

Todos los implementos se deben portar mientras se permanezca en los lugares de trabajo establecidos. (NTC 4116)

Nota: No es conveniente que el transformador se encuentre fuera de servicio por un periodo mayor a dos meses, para evitar daños a éste.

C. Pruebas on-line¹: Las pruebas on-line se llevan a cabo con el equipo en operación.

- Los trabajos con el transformador energizado no se deben realizar cuando exista indicio o presencia de lluvias y tormentas eléctricas o descargas atmosféricas.
- Se deben respetar las distancias mínimas de seguridad a la línea energizada según el Código Eléctrico Nacional.

a). Inspección visual

Constituye el primer paso en el mantenimiento preventivo on-line, no solo incluye al transformador sino también su entorno.

Precauciones

Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas.

¹CIENDÚA, Armando. Ing. Electricista E.E.E.B. Cuartas jornadas nacionales sobre mantenimiento.

Procedimiento

- Realizar una inspección detallada de las partes.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Se debe realizar el procedimiento a diario.

ELEMENTO A INSPECCIONAR	OBSERVACIONES
PORTICOS DE BARRAJE ALTA TENSIÓN	
CABLES DE GUARDA	
AISLADORES	
DERIVACIONES A LOS CONMUTADORES, PARARRAYOS, BUJES A.T. Y CONECTORES	
PORCELANAS, BUJES Y PARARRAYOS	
AISLADORES BASES, CABLES A CONTADORES DE DESCARGA Y ATERRIJAJE PARARRAYOS	
ESTADO GENERAL DEL TANQUE, RADIADORES Y TANQUE DE EXPANSIÓN	
PUESTA A TIERRA DE LA CARCASA	
RUEDAS FRENOS Y ANCLAJE	
VÁLVULAS Y TAPONES	
NIVELES DE ACEITE Y TEMPERATURA	
NIVELES DE ACEITE DE LOS BUJES	
PUESTA A TIERRA DE LOS NEUTROS	
CAJAS DE PASO, DUCTOS Y CONDUCTORES A LOS CONMUTADORES	
MIRRIJAS DEL RELÉ BUCHHOLZ	
DUCTOS Y CABLEADO DE LAS PROTECCIONES. MECANICAS Y VENTILADORES	
TERMÓMETROS Y SONDAS	
VENTILADORES	
INDICADORES ON-OFF VENTILACION	
CALEFACCIÓN E ILUMINACIÓN	
BORNERAS Y CONDUCTORES	
NIVEL DE ACEITE Y FUGAS	
SELECTORES Y PULSADORES	
CABLES DE SALIDA B.T.	
CONTADOR DE OPERACIONES	

b). **Control de procesos**

b.1). **Proceso químico**

Se deben realizar las siguientes pruebas:

- Pruebas de aceite.
- Cromatografía de gases: Debe seguirse el procedimiento de toma de aceite y luego realizar el análisis en un cromatógrafo de gases.
- Monitoreo de gases: Con el equipo de monitoreo ensamblado en la estructura del transformador, se proporciona datos sobre la producción de gases en el interior.
- Cromatografía líquida: Debe seguirse el procedimiento de toma de aceite y luego realizar el análisis en un cromatógrafo de líquidos.

Precauciones

- Siempre que se vaya a realizar el muestreo de aceite se debe utilizar el equipo de seguridad personal.
- Se deben utilizar guantes nuevos de nitrilo durante la toma de la muestra, por su capacidad de agarre y para proteger las manos. Estos deben ser desechados al finalizar cada muestreo.
- Se debe verificar que la humedad relativa sea menor a 60% con el fin de obtener mayor exactitud en los resultados.
- Evitar la toma de muestras en condiciones de lluvia.
- Para evitar la contaminación ambiental a causa de un derrame de aceite, es necesario colocar una seda absorbente.
- El personal debe tener la capacitación adecuada.
- Después de la muestra el personal debe lavar su ropa y las partes del cuerpo que hayan sufrido contacto con el aceite.

Procedimiento

- La toma de aceite se debe realizar con el equipo en servicio o inmediatamente después de su desenergización.
- Para la toma de muestras se deben utilizar botellas de vidrio con un revestimiento opaco o recipientes de polietileno de alta densidad los cuales deben estar limpios y secos.
- Si se trata de toma de una muestra para cromatografía líquida se utiliza una jeringa limpia y libre de humedad.
- Tomar muestra de todas las válvulas del transformador.
- Abrir la válvula y dejar salir aproximadamente dos litros de aceite antes de tomar la muestra con el fin de evitar la presencia de oxido y otros agentes contaminantes.

b.2). Proceso electromagnético (NTC 801)

- Medición de armónicos.

b.3). Proceso térmico (NTC 380)

- Coeficiente de expansión térmica.
- Calor específico.
- Conductividad térmica.
- Cromatografía de gases.

b.4). Vibración mecánica

- Inspección por ultrasonido.

D. Pruebas off-line¹

Las pruebas off-line se llevan a cabo con el equipo desenergizado.

Procedimiento para desenergizar el transformador:

- Colocar el equipo en las condiciones requeridas para realizar la maniobra de desenergización .
- Accionar los interruptores.
- Abrir los seccionadores.
- Unir las fases con un conductor.
- Mantener el personal fuera del área delimitada en el momento de la desenergización.
- Ubicar avisos correspondientes para no operar el transformador.
- Cerciorarse que el transformador este desenergizado.

Precauciones

- Los ensayos a realizar deben realizarse a temperaturas entre 10 y 40 °C.
- Todos los componentes y accesorios para la operación deben estar en el lugar para realizar la prueba.
- En los devanados con derivaciones los ensayos se deben realizar en la derivación de uso normal.
- Todos los ensayos deben realizarse a valores nominales con excepción de la prueba de aislamiento.
- Las tensiones aplicadas para realizar las pruebas deben ser a frecuencia nominal y tener una forma de onda sinusoidal, con excepción de las pruebas de impulso.

¹CIENDÚA, Armando. Ing. Electricista E.E.E.B. Cuartas jornadas nacionales sobre mantenimiento.

a). **Prueba de resistencia de aislamiento del núcleo (NTC 380, NTC 801, NTC 836)**

Precauciones

Asegurarse de retirar los objetos extraños del interior del transformador para evitar errores en la medida y fallas posteriores.

Procedimiento

- Se localiza el elemento que aterriza al núcleo y se desconecta de donde se encuentre adherido a la carcasa.
- Se procede a tomar los valores de resistencia.
- Realizar el correspondiente análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Se debe realizar el procedimiento durante el ensamble o después de un mantenimiento correctivo.

b). **Localización de tierra inadvertida en el núcleo**

Precauciones

Se deben tomar las mismas precauciones de la prueba de resistencia del núcleo.

Procedimiento

- Localizar y desconectar el elemento que aterriza al núcleo.
- Conectar un extremo al otro núcleo con una batería de 12 V.

- Con la utilización del voltímetro observar la tensión entre tierra y cada una de las laminas.
- La lamina en la que la lectura sea cero corresponde a la presencia de tierra inadvertida en el núcleo; una inspección visual permite determinar su tamaño y si puede ser eliminada; si esto es imposible, la solución es trasladar el punto de conexión a tierra del núcleo avgf esta lámina, este procedimiento no elimina la tierra inadvertida pero reduce la circulación de corriente a niveles insignificantes.

Frecuencia

Se debe realizar el procedimiento durante el ensamble o después de un mantenimiento correctivo.

c). **Corriente de excitación del núcleo**

Precauciones

- Verificar que el conmutador bajo carga funcione correctamente.
- Mantenerse alejado de los terminales del transformador durante la realización de la prueba.
- El voltaje de prueba no debe exceder el voltaje normal línea – línea para devanados conectados en delta o el voltaje línea – neutro para los devanados conectados en Y. Son hechas dependiendo de la capacidad del equipo de prueba.
- Se deben utilizar transformadores de medida, éstos deben ser de clase 0.5 o de mayor precisión.
- Si no se utilizan transformadores de potencial se deben utilizar resistencias multiplicadoras en serie con la bobina de potencial del instrumento de medida teniendo en cuenta que estas deben calibrarse con éste.

Procedimiento

- La prueba puede limitarse a los devanados de alto voltaje, en ellos la corriente de excitación es pequeña; para detectar daños en el devanado de baja tensión, se debe garantizar una corriente muy pequeña.
- En los transformadores conectados en Y, el neutro del devanado de bajo voltaje debe estar conectado a tierra.
- En los transformadores conectados en Δ , la terminal que no está bajo prueba debe estar aterrizada.
- Los voltajes de prueba deben ser los mismos para cada fase, con el fin de facilitar la comparación de los resultados dado el comportamiento no lineal de la corriente de excitación.
- Para transformadores trifásicos el voltaje aplicado no debe exceder el valor del voltaje línea – línea si están conectados en Δ , o línea – neutro si están conectados en Y.
- Para efectos de comparación se pueden invertir los terminales a energizar, en cada toma de datos.
- Las variaciones de temperatura no afectan sensiblemente la corriente de excitación y por lo tanto no es necesario hacer correcciones.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, en cuyo caso se recomienda un año.

d). Impedancia de corto circuito (NTC 380)

Precauciones

- Los conductores utilizados para realizar el cortocircuito de los devanados del transformador debe ser de baja impedancia.
- El calibre debe ser igual o mayor al N° 1 AWG, dependiendo de la potencia del transformador.
- Los cables utilizados para cortocircuitar deben ser tan cortos como sea posible y estar alejados de la parte magnética.
- Los contactos deben estar limpios.

Procedimiento

- Para efectuar la medición en transformadores monofásicos, se pone en cortocircuito preferiblemente el devanado de bajo voltaje.
- Se aplica el voltaje en el otro devanado, ajustando la corriente aproximadamente al 10% del valor nominal del transformador.
- Se debe evitar sobrepasar el límite de corriente para evitar distorsiones en la onda de voltaje debido a la sobrecarga de la fuente.
- Se puede utilizar un osciloscopio para controlar la forma de la onda durante la prueba.
- Para una medición correcta se conecta el voltímetro directamente en las terminales de alto voltaje del transformador.
- Los valores de voltaje y corriente se pueden tomar simultáneamente.
- Para transformadores trifásicos bi-devanados, cuando se utiliza una fuente monofásica se pone en cortocircuito el devanado de alto voltaje y se aplica a una sola fase. Las lecturas se toman entre pares de conductores.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado o cuando se detecten corrientes asimétricas en el conmutador o en las bobinas.

e). **Medición de resistencia de devanados (NTC 375, NTC 380, NTC 801, NTC 837)**

Precauciones

- Si el transformador tiene ventilación con aceite forzada, se debe verificar que las bombas de aceite están apagadas.
- Se puede realizar la medición de la resistencia en frío o en caliente, efectuando las correcciones respectivas por temperatura.
- Si la medición de resistencia se va a realizar en frío, el transformador debe permanecer por lo menos tres horas antes de la medida sin excitación o carga.
- Se debe realizar una medición de la temperatura de los devanados al momento de efectuar la prueba.
- Para efectuar la medición de temperatura en el interior no se deben utilizar termómetros de mercurio.
- Los instrumentos de medición deben colocarse en el mayor rango de lectura.
- La corriente aplicada no debe ser interrumpida repentinamente debido a los altos voltajes que se generan.

Procedimiento

- Tomar lecturas de los termómetros inmediatamente salga el transformador del servicio.
- Las lecturas de voltaje y corriente deben ser tomadas hasta que estos alcancen un valor estable.
- Se deben desconectar los instrumentos de medida antes de retirar la fuente de voltaje.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, o cuando se detecten corrientes asimétricas.

f). Prueba de relación de transformación (NTC 380)

Precauciones

La medición se debe realizar a tensión nominal o menor y a frecuencia nominal o mayor.

Procedimiento

- Se debe aplicar una tensión alterna cuyo valor es conocido al devanado de alto voltaje y medir la tensión resultante en el devanado de bajo voltaje.
- Las lecturas han de realizarse simultáneamente.
- El ensayo ha de realizarse con por lo menos cuatro valores diferentes. Si las medidas difieren en más del 1% han de volverse a realizar.

- Se deben realizar las mediciones a todas las fases independiente del tipo de conexión.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, o si se observa una situación anormal.

g). Medición de la resistencia de aislamiento (NTC 380, NTC 801, 836)

Precauciones

- La energía almacenada en el transformador ha de ser descargada a tierra al finalizar las mediciones para evitar accidentes en los operarios.
- Se debe realizar la prueba con el transformador lleno de aceite.
- Se debe medir la humedad relativa y el punto de rocío.
- Se debe evitar el contacto con los conductores por parte del operario.
- Se debe limpiar la superficie de los pasatapas para remover polvo y partículas contaminantes.

Procedimiento

- Los devanados deben ser cortocircuitados, el tanque y el núcleo aterrizado.
- Los devanados que han de ser evaluados deben estar aterrizados.
- La medición se hace entre los devanados y entre devanados y tierra.
- Se aplica voltaje durante diez minutos tomando medidas cada minuto.
- Se deben hacer las respectivas correcciones por temperatura.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, o si se observa una situación anormal.

h). Prueba de factor de potencia

Precauciones

- Retirar los objetos extraños que puedan actuar como tierras.
- Se deben tener en cuenta los valores de la humedad relativa y precipitación.

Procedimiento

- El equipo de medición debe estar aislado de tierra.
- Se debe utilizar los pasos que indique el fabricante del equipo de medición.
- La lectura puede ser notoriamente afectada por falla en las conexiones, si esto sucede se debe repetir la prueba.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, o si se observa una situación anormal.

i). **Detección de descargas parciales**

Precauciones

- Si las descargas parciales se van a detectar por el método de voltaje inducido es necesario efectuar antes las pruebas de factor de potencia, contenido de humedad, relación de transformación, resistencia del aislamiento y análisis de gases disueltos.
- Se debe realizar en un día claro, lejos de las interferencias provocadas por los motores.
- La duración del voltaje aplicado depende de las condiciones de aislamiento del transformador.

Procedimiento

- Conectar el equipo de prueba y calibrar los instrumentos.
- Aumentar el voltaje lentamente hasta un valor mayor al nominal.
- Los niveles de descargas parciales o radio de interferencia deben ser grabados cada 5 minutos.
- Cualquier valor inconsistente amerita la interrupción de la prueba, hasta determinar su causa.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, o si se observa una situación anormal.

j). Pruebas a los conmutadores (NTC 380)

Precauciones

- Asegurarse que las válvulas de aceite entre el conmutador y el tanque de expansión estén abiertas.
- La inspección ha de realizarla personal experto y calificado. Al tomar la muestra se debe tener en cuenta la temperatura.
- Almacenar por separado el aceite del conmutador y el tanque principal.
- Por ningún motivo el conmutador debe ser accionado sin aceite.

Procedimiento

- Si se realizan más de 30000 maniobras al año se debe llevar a cabo un filtrado de aceite.
- Se debe tomar muestra de aceite y realizar las pruebas de resistencia dieléctrica y contenido de agua.
- Se pueden remover los depósitos de carbón.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben basarse en el tiempo de servicio y el número de operaciones a que este sometido el conmutador. La primera inspección debe realizarse al finalizar el primer año de operación, las siguientes deben basarse en los resultados de la inspección inicial. No se debe exceder de 5 años.

5.1.2. Estación de bombeo San Vicente

5.1.2.1. Cargador y banco de baterías¹

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores
- Brocha
- Aspiradora

B. Control de llenado y limpieza². (NTC 1152)

Precauciones

Mantener las baterías limpias. Limpiar las baterías solamente con agua fría, con una pequeña adición de alcohol industrial cuando sea necesario. Se deben vigilar las verticiones de agua destilada sobre los elementos.

Procedimiento

- Mantener el nivel del electrolito.
- Se debe hacer verificación de la densidad del electrolito de acuerdo a la designación del fabricante.
- Las sales que se forman en los elementos, chasis, cofres, bancadas deben ser eliminadas. Después de la limpieza, es recomendable engrasar ligeramente las tapas, bornes y conexiones con vaselina o grasa neutra.

¹ CIENDÚA, Armando. Ing. Electricista E.E.E.B. Cuartas jornadas nacionales sobre mantenimiento.

² SAFT, Departement Accumulateurs. Manual de entretenimiento para elementos Níquel – Cadmio.

- Las conexiones flexibles deben ser probadas para impedir su endurecimiento, y se debe revisar que no exista partes de cable desnudo, ya que puede provocar cortocircuitos.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Los controles de llenado se deben realizar 2 veces por año.

C. Control de carga. (NTC 2588, IEC 335-2-29)

Precauciones

Mantener las baterías limpias.

Procedimiento

- Limpiar las baterías solamente con agua fría, con una pequeña adición de alcohol industrial cuando sea necesario.
- La revisión de carga se debe realizar de la siguiente manera:
 - e. Se debe descargar la batería a una intensidad comprendida entre 0.2 y 0.5 C_5A , hasta llegar a 0 V./EI
 - f. Carga normal de 7 horas a 0.2 C_5A .
 - g. Descarga a 0 V./EI a una intensidad comprendida entre 0.2 y 0.5 C_5A , proseguida por una carga inversa al régimen de 0.1 C_5A durante 10 horas.
 - h. Carga 15 horas a 0.2 C_5A ,
- Para hacerle un seguimiento se verifica la descarga de capacidad efectuada a 0.2 C_5A , se mide a intervalos de 15 minutos la tensión en los bornes hasta 0.8

V./EI. Los elementos que presenten un defecto eléctrico deben ser desmontado de la caja y reemplazados.

- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Las revisiones de carga se deben hacer cada 18 meses.

D. Equipo de protección personal. (NTC 3398)

Los implementos de seguridad personal para este tipo de trabajo son casco de seguridad, botas aislantes, gafas protectoras, guantes aislantes y guantes de seguridad.

- El casco de seguridad debe tener una protección entre 5000 y 20000 V (AC), tipo B. (NTC 1523)
- Las botas aislantes deben ofrecer buena resistencia dieléctrica, por eso deben ser de caucho sin partes metálicas, cosidas con nylon y suela antideslizante. (NTC 3440)
- Las gafas protectoras deben ser marco y montura dieléctrica, vidrios endurecidos y protector lateral.
- Los guantes aislantes son dieléctricos, generalmente de carnaza, sobre los guantes aislantes se colocan los protectores para evitar el deterioro. (NTC 3440)
- La ropa de trabajo debe ser confeccionada en algodón, sin partes metálicas y la camisa debe ser de manga larga. (NTC 3398)

Todos los implementos se deben portar mientras se permanezca en los lugares de trabajo establecidos. (NTC 4116)

5.1.2.2. Acometida a motores

A. Herramientas

- Voltímetro
- Probador de temperatura infrarrojo
- Detector de tensión

B. Pruebas a la acometida

Precauciones

- Desenergizar
- Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas. (NEC. Art 300-5)
- Detector de tensión

Procedimiento

- Medir la temperatura de la acometida (no debe sobrepasar los 70°C). (NEC. Art 338)
- Llenar el formato para observar el comportamiento de la temperatura.
- Verificar conexiones.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses como mínimo (pudiéndose hacer una revisión cada mes).

5.1.2.3. Arrancadores

A. Herramientas

- Voltímetro
- Grasa neutra

B. Pruebas al contactor

Precauciones

- Desconectar la protección principal y los fusibles de control para evitar descargas eléctricas. (NEC. Art 208)
- Verificar ausencia de tensión

Procedimiento

- Verificar funcionamiento de la protección principal.
- El contactor debe ser limpiado para eliminar el polvo acumulado.
- Observe el estado de los contactos de los contactores.
- Limpie y observe el estado del relé térmico.
- Limpie y observe el estado del temporizador.
- Observe el estado de relés auxiliares.
- Observe el estado del transformador de control.
- El voltaje y la frecuencia deben ser legibles en el contactor.
- Probar el contactor para determinar su paso de corriente. (NEC. Art 240)
- Ajuste conexiones.
- Limpiar borneras.
- Hacer el reemplazo según el caso.
- Limpiar cubículos de los arrancadores.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses o cuando se presente falla en el arranque de los motores.

5.1.2.4. Acometidas 11.4 kV

A. Herramientas

- Voltímetro
- Probador de temperatura infrarrojo
- Detector de tensión

B. Pruebas a la acometida

Precauciones

Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas. (NEC. Art 230-24)

Procedimiento

- Desenergizar
- Medir la temperatura de la acometida (no debe sobrepasar los 70°C). (NEC. Art 338)
- Llenar el formato para observar el comportamiento de la temperatura.
- Verificar operación del seccionador en media tensión.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses como mínimo (pudiéndose hacer una revisión cada mes).

5.1.2.5. **Totalizador 11.4 kV. (NTC 3475)**

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores

B. Mantenimiento

Precauciones

- Desconectar la protección principal.
- Verificar ausencia de tensión.
- Limpiarlo solamente con un paño húmedo, con una pequeña adición de alcohol industrial (Líquido para evitar la estática de los elementos).

Procedimiento

- Inspeccionar que todos los tornillos se encuentren apretados.
- Todas las partes eléctricas y electrónicas deben ser limpiadas con líquido para partes eléctricas que eviten la estática.
- Se debe hacer una prueba de carga con el sistema manual.

Frecuencia

La inspección de los tornillos se debe realizar una vez al año. Las pruebas de carga cada 6 meses y la limpieza se debe realizar mensual.

5.1.2.6. Celda de medidas a 11.4 kV

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores (NTC 3398, ISO 6529)
- Brocha
- Detector ausencia de tensión

B. Control de limpieza

Precauciones

- Desenergizar las celdas y verificar ausencia de tensión. (IEC 70)
- Aterrizar los PT
- Mantener las celdas limpias. Limpiar las celdas solamente con un paño, con una pequeña adición de alcohol industrial cuando sea necesario.

Procedimiento

- Limpie y observe el estado de los fusibles.
- Limpie y observe el estado de aisladores.
- Observe el estado de la protección principal y verifique su funcionamiento.
- Limpie los cables de potencia.

- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.
- Ajustar conexiones en los PT.

Frecuencia

Se debe realizar 4 veces por año.

C. Control de medición

Precauciones

Aplicar la corriente y el voltaje según sea necesario.

Procedimiento

- Revisar conexiones.
- Aplicar la corriente y determinar el error en la medición.
- Realizar las correcciones del caso.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Las medidas de carga se deben realizar cada 3 meses.

5.1.2.7. Alimentación transformadores de potencia

A. Herramientas

- Voltímetro
- Probador de temperatura infrarrojo

B. Pruebas a la acometida

Precauciones

Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas. (NEC. Art 230-24)

Procedimiento

- Medir la temperatura de la acometida (no debe sobrepasar los 70°C). (NEC. Art 338)
- Llenar el formato para observar el comportamiento de la temperatura.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses como mínimo (pudiéndose hacer una revisión cada mes).

5.1.2.8. Alimentación transformadores auxiliares

A. Herramientas

- Voltímetro
- Probador de temperatura infrarrojo

B. Pruebas a la acometida

Precauciones

Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas. (NEC. Art 230-24)

Procedimiento

- Medir la temperatura de la acometida (no debe sobrepasar los 70°C). (NEC. Art 338)
- Llenar el formato para observar el comportamiento de la temperatura.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses como mínimo (pudiéndose hacer una revisión cada mes).

5.1.2.9. Salidas transformadores de potencia

A. Herramientas

- Voltímetro
- Probador de temperatura infrarrojo

B. Pruebas a la acometida

Precauciones

Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas. (NEC. Art 230-24)

Procedimiento

- Medir la temperatura de la acometida (no debe sobrepasar los 70°C). (NEC. Art 338)
- Llenar el formato para observar el comportamiento de la temperatura.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses como mínimo (pudiéndose hacer una revisión cada mes).

5.1.2.10. Celda de medidas a 4160 V

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores (NTC 3398, ISO 6529)
- Brocha
- Detector ausencia de tensión

B. Control de limpieza

Precauciones

- Desenergizar las celdas y verificar ausencia de tensión. (IEC 70)
- Aterrizar los PT
- Mantener las celdas limpias. Limpiar las celdas solamente con un paño, con una pequeña adición de alcohol industrial cuando sea necesario.

Procedimiento

- Limpie y observe el estado de los fusibles.
- Limpie y observe el estado de aisladores.
- Observe el estado de la protección principal y verifique su funcionamiento.
- Limpie los cables de potencia.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.
- Ajustar conexiones en PT.

Frecuencia

Se debe realizar 4 veces por año.

C. Control de medición

Precauciones

Aplicar la corriente y el voltaje según sea necesario.

Procedimiento

- Aplicar la corriente y determinar el error en la medición.

- Realizar las correcciones del caso.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Las revisiones de carga se deben realizar cada 3 meses.

5.1.2.11. **Condensadores¹**

A. Herramientas

- Voltímetro
- Barra para descarga

B. Pruebas a los condensadores². (NTC 2807, NTC 3421, IEC 70, IEC 831-1)

Precauciones

- Después de desconectar el condensador o el banco, y antes de tocar las partes metálicas se debe asegurar que se encuentra descargado. (NTC 3422)
- Cada condensador tiene una resistencia de descarga, la cual no debe tener más de 50 V después de 5 minutos de la descarga. Por esta razón no se debe acercar el operario antes de 5 minutos. (NTC 3422)
- Después de comenzado el trabajo se debe asegurar que el switch de tierra esta conectado.

¹ ELETTRONICHE, Industria condensatori applicazioni. Power capacitor bank.

² ICAR, capacità & sicurezza. Safety Reliability Life Modularity

Procedimiento

- Observe el estado de la protección principal y verifique su funcionamiento.
- Limpie los contactores y fusibles.
- Corriente de fase: La corriente en las 3 fases debe ser igual.
- Fusibles: Ninguno debe estar fundido. (IEV 436—03-16)
- Ajustar conexiones.
- Limpiar borneras.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben ser cada 3 meses.

5.1.2.12. Tablero servicios auxiliares. (NTC 3475)

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores
- Aspiradora

B. Mantenimiento

Precauciones

Mantener la consola limpia. Limpiarla solamente con un paño, con una pequeña adición de alcohol industrial (Líquido para evitar la estática de los elementos).

Procedimiento

- Inspeccionar que todos los tornillos se encuentren apretados.
- Todas las partes eléctricas y electrónicas deben ser limpiadas con liquido para partes eléctricas que eviten la estática.
- Verificación de cargas.

Frecuencia

La inspección de los tornillos se debe realizar una vez al año. Las pruebas de carga cada 6 meses y la limpieza se debe realizar mensual.

5.1.2.13. **Consola de control¹. (NTC 3475)**

A. Herramientas

- Voltímetro
- Cubridores y protectores aislantes conductores

B. Mantenimiento

Precauciones

Mantener el tablero limpio. Limpiarla solamente con un paño húmedo, con una pequeña adición de alcohol industrial (Liquido para evitar la estática de los elementos).

¹ABB TECNOMASIO, CCM Sulzer. Manual de operación.

Procedimiento

- Inspeccionar que todos los tornillos se encuentren apretados.
- Todas las partes eléctricas y electrónicas deben ser limpiadas con liquido para partes eléctricas que eviten la estática.
- Se debe hacer una prueba de carga con el sistema manual.
- Verificación de relés de protección y auxiliares.

Frecuencia

La inspección de los tornillos se debe realizar una vez al año. Las pruebas de carga cada 6 meses y la limpieza se debe realizar mensual.

5.1.2.14. **Motores¹.**

A. **Herramientas**

- Voltímetro
- Probador de temperatura infrarrojo
- Tacómetro
- Analizador de potencia
- Megger
- Megometro

¹BBC, Brown Boveri France S.A.. MotoresCuiracem.

B. Pruebas de verificación (NEC. Art 430-14)

Precauciones

Motor sin carga.

Procedimiento

- Limpie y observe el estado del estator.
- Verificar el alineamiento motor – bomba.
- Observe el estado del ventilador.
- Ajustar conexiones.
- Tome medida de aislamiento a los devanados.
- Observar si la velocidad esta cercana a la sincronía.
- Observar que no tenga vibración excesiva.
- Que no presente un calentamiento anormal.
- Que la corriente no sea excesiva y este equilibrada en las tres fases.
- Lubrique los rodamientos.

C. Pruebas a los devanados (NTC 3984)

- Medir aislamiento de devanados.
- Revisar si los devanados tienen contacto a tierra.
- Si existen espiras en cortocircuito en una o más bobinas.
- Conexión del devanado para un voltaje distinto al de operación.
- Falta de continuidad en el circuito de alguna fase.
- Existencia de bobinas desconectadas del devanado.
- Tomar medidas con el analizador de potencia con carga y sin carga.

D. Prueba de impulsos

- Prueba de comparación de dos impedancias. (descargar el voltaje acumulado en un capacitor a través de dos devanados conectados en serie, se utiliza un osciloscopio para observarse de que forma aumenta o decae la frecuencia).

E. Rodamientos

- Tomar las temperaturas de los rodamientos.
- Observar si los protectores de los rodamientos se encuentran en buen estado (o según sea el caso la aplicación de grasa lubricante).
- Observar si los rodamientos están libres de partículas que obstruyan su movimientos.
- Observar el ajuste de los rodamientos con respecto al eje.

F. Prueba de resistencia del aislamiento

- Con el Megger se toman las medidas de aislamiento entre sus fases.
- El mismo procedimiento anterior pero entre fase y tierra.
- Las medidas se deben tomar con un intervalo mínimo de 10 minutos.

Frecuencia

Se debe realizar este mantenimiento cada 6 meses o cuando se presenten paradas de mantenimiento correctivo.

5.1.2.15. Puente grúa

5.1.2.15.1. Para los motores¹

A. Herramientas

- Voltímetro
- Probador de temperatura infrarrojo
- Tacómetro
- Analizador de potencia
- Megger
- Megometro

B. Pruebas de verificación (NEC. Art 430-14)

Precauciones

Motor sin carga.

Procedimiento

- Limpie y observe el estado del estator.
- Verificar el alineamiento motor – bomba.
- Observe el estado del ventilador.
- Ajustar conexiones.
- Tome medida de aislamiento a los devanados.
- Observar si la velocidad esta cercana a la sincronía.
- Observar que no tenga vibración excesiva.
- Que no presente un calentamiento anormal.

¹BBC, Brown Boveri France S.A.. MotoresCuiracem

- Que la corriente no sea excesiva y este equilibrada en las tres fases.
- Lubrique los rodamientos.

C. Pruebas a los devanados (NTC 3984)

- Medir aislamiento de devanados.
- Revisar si los devanados tienen contacto a tierra.
- Si existen espiras en cortocircuito en una o más bobinas.
- Conexión del devanado para un voltaje distinto al de operación.
- Falta de continuidad en el circuito de alguna fase.
- Existencia de bobinas desconectadas del devanado.
- Tomar medidas con el analizador de potencia con carga y sin carga.

D. Prueba de impulsos

- Prueba de comparación de dos impedancias. (descargar el voltaje acumulado en un capacitor a través de dos devanados conectados en serie, se utiliza un osciloscopio para observarse de que forma aumenta o decae la frecuencia).

E. Rodamientos

- Tomar las temperaturas de los rodamientos.
- Observar si los protectores de los rodamientos se encuentran en buen estado (o según sea el caso la aplicación de grasa lubricante).
- Observar si los rodamientos están libres de partículas que obstruyan su movimientos.
- Observar el ajuste de los rodamientos con respecto al eje.

F. Prueba de resistencia del aislamiento

- Con el Megger se toman las medidas de aislamiento entre sus fases.

- El mismo procedimiento anterior pero entre fase y tierra.
- Las medidas se deben tomar con un intervalo mínimo de 10 minutos.

Frecuencia

Se debe realizar este mantenimiento cada 6 meses o cuando se presenten paradas de mantenimiento correctivo.

5.1.2.15.2. Para los engranajes

Precauciones

Motor sin carga.

Procedimiento

- Localización de piezas rotas con respecto a cada una de las otras.
- Presencia de defectos obvios en el material.
- Niveles de aceite en los engranajes.
- Presencia de oxidación o productos de corrosión.
- Datos que pueda suministrar el operario de la maquina.
- Recopilación de información.

Frecuencia

Se debe realizar este mantenimiento cada 4 meses o cuando se presenten paradas de mantenimiento correctivo.

5.1.2.16. Transformadores¹. (NTC 2743)

A. Herramientas

- Banco o plataforma aislante.
- Tapete aislante.
- Pértiga de maniobras de 6 m (min.).
- Cubridores y protectores aislantes conductores.
- Detector de verificación de ausencia de tensión, puede ser de tipo luminoso o acústico.
- Escalera dieléctrica.
- Equipo de señalización.

B. Equipo de protección personal. (NTC 3398)

Los implementos de seguridad personal para este tipo de trabajo son casco de seguridad, botas aislantes, gafas protectoras, guantes aislantes y guantes de seguridad.

- El casco de seguridad se debe tener una protección entre 5000 y 20000 V (AC), tipo B. (NTC 1523)
- Las botas aislantes deben ofrecer buena resistencia dieléctrica, por eso deben ser de caucho sin partes metálicas, cosidas con nylon y suela antideslizante. (NTC 3440)
- Las gafas protectoras deben ser marco y montura dieléctrica, vidrios endurecidos y protector lateral.
- Los guantes aislantes son dieléctricos, generalmente de carnaza, sobre los guantes aislantes se colocan los protectores para evitar el deterioro. (NTC 3440)

¹SEA. Libretto istruzioni. Conservación para transformadores.

- La ropa de trabajo debe ser confeccionada en algodón, sin partes metálicas y la camisa debe ser de manga larga. (NTC 3398)

Todos los implementos se deben portar mientras se permanezca en los lugares de trabajo establecidos. (NTC 4116)

Nota: No es conveniente que el transformador se encuentre fuera de servicio por un periodo mayor a dos meses, para evitar daños a éste.

C. Pruebas on-line¹: Las pruebas on-line se llevan a cabo con el equipo en operación.

- Los trabajos con el transformador energizado no se deben realizar cuando exista indicio o presencia de lluvias y tormentas eléctricas o descargas atmosféricas.
- Se deben respetar las distancias mínimas de seguridad a la línea energizada según el Código Eléctrico Nacional.

a). **Inspección visual**

Constituye el primer paso en el mantenimiento preventivo on-line, no solo incluye al transformador sino también su entorno.

Precauciones

Se debe tener en cuenta el cumplimiento estricto de las normas de seguridad y las distancias mínimas.

¹CIENDÚA, Armando. Ing. Electricista E.E.E.B. Cuartas jornadas nacionales sobre mantenimiento.

Procedimiento

- Realizar una inspección detallada de las partes de acuerdo al formato.
- Diligenciar el formato incluyendo las observaciones de cada elemento.

Frecuencia

Se debe realizar el procedimiento a diario.

ELEMENTO A INSPECCIONAR	OBSERVACIONES
PORTICOS DE BARRAJE ALTA TENSIÓN	
CABLES DE GUARDA	
AISLADORES	
DERIVACIONES A LOS CONMUTADORES, PARARRAYOS, BUJES A.T. Y CONECTORES	
PORCELANAS, BUJES Y PARARRAYOS	
AISLADORES BASES, CABLES A CONTADORES DE DESCARGA Y ATERRIJAJE PARARRAYOS	
ESTADO GENERAL DEL TANQUE, RADIADORES Y TANQUE DE EXPANSIÓN	
PUESTA A TIERRA DE LA CARCASA	
RUEDAS FRENOS Y ANCLAJE	
VÁLVULAS Y TAPONES	
NIVELES DE ACEITE Y TEMPERATURA	
NIVELES DE ACEITE DE LOS BUJES	
PUESTA A TIERRA DE LOS NEUTROS	
CAJAS DE PASO, DUCTOS Y CONDUCTORES A LOS CONMUTADORES	
MIRRIJAS DEL RELÉ BUCHHOLZ	
DUCTOS Y CABLEADO DE LAS PROTECCIONES. MECANICAS Y VENTILADORES	
TERMÓMETROS Y SONDAS	
VENTILADORES	
INDICADORES ON-OFF VENTILACION	
CALEFACCIÓN E ILUMINACIÓN	
BORNERAS Y CONDUCTORES	
NIVEL DE ACEITE Y FUGAS	
SELECTORES Y PULSADORES	
CABLES DE SALIDA B.T.	
CONTADOR DE OPERACIONES	

b). **Control de procesos**

b.1). **Proceso químico**

Se deben realizar las siguientes pruebas:

- Pruebas de aceite.
- Cromatografía de gases: Debe seguirse el procedimiento de toma de aceite y luego realizar el análisis en un cromatógrafo de gases.
- Monitoreo de gases: Con el equipo de monitoreo ensamblado en la estructura del transformador, se proporciona datos sobre la producción de gases en el interior.
- Cromatografía líquida: Debe seguirse el procedimiento de toma de aceite y luego realizar el análisis en un cromatógrafo de líquidos.

Precauciones

- Siempre que se vaya a realizar el muestreo de aceite se debe utilizar el equipo de seguridad personal.
- Se deben utilizar guantes nuevos de nitrilo durante la toma de la muestra, por su capacidad de agarre y para proteger las manos. Estos deben ser desechados al finalizar cada muestreo.
- Se debe verificar que la humedad relativa sea menor a 60% con el fin de obtener mayor exactitud en los resultados.
- Evitar la toma de muestras en condiciones de lluvia.
- Para evitar la contaminación ambiental a causa de un derrame de aceite, es necesario colocar una seda absorbente.
- El personal debe tener la capacitación adecuada.
- Después de la muestra el personal debe lavar su ropa y las partes del cuerpo que hayan sufrido contacto con el aceite.

Procedimiento

- La toma de aceite se debe realizar con el equipo en servicio o inmediatamente después de su desenergización.
- Para la toma de muestras se deben utilizar botellas de vidrio con un revestimiento opaco o recipientes de polietileno de alta densidad los cuales deben estar limpios y secos.
- Si se trata de toma de una muestra para cromatografía líquida se utiliza una jeringa limpia y libre de humedad.
- Tomar muestra de todas las válvulas del transformador.
- Abrir la válvula y dejar salir aproximadamente dos litros de aceite antes de tomar la muestra con el fin de evitar la presencia de oxido y otros agentes contaminantes.

b.2). Proceso electromagnético (NTC 801)

- Medición de armónicos.

b.3). Proceso térmico (NTC 380)

- Coeficiente de expansión térmica.
- Calor específico.
- Conductividad térmica.
- Cromatografía de gases.

b.4). Vibración mecánica

- Inspección por ultrasonido.

D. Pruebas off-line¹

Las pruebas off-line se llevan a cabo con el equipo desenergizado.

Procedimiento para desenergizar el transformador:

- Colocar el equipo en las condiciones requeridas para realizar la maniobra de desenergización .
- Accionar los interruptores.
- Abrir los seccionadores.
- Unir las fases con un conductor.
- Mantener el personal fuera del área delimitada en el momento de la desenergización.
- Ubicar avisos correspondientes para no operar el transformador.
- Cerciorarse que el transformador este desenergizado.

Precauciones

- Los ensayos a realizar deben realizarse a temperaturas entre 10 y 40 °C.
- Todos los componentes y accesorios para la operación deben estar en el lugar para realizar la prueba.
- En los devanados con derivaciones los ensayos se deben realizar en la derivación de uso normal.
- Todos los ensayos deben realizarse a valores nominales con excepción de la prueba de aislamiento.
- Las tensiones aplicadas para realizar las pruebas deben ser a frecuencia nominal y tener una forma de onda sinusoidal, con excepción de las pruebas de impulso.

¹CIENDÚA, Armando. Ing. Electricista E.E.E.B. Cuartas jornadas nacionales sobre mantenimiento.

a). **Prueba de resistencia de aislamiento del núcleo (NTC 380, NTC 801, NTC 836)**

Precauciones

Asegurarse de retirar los objetos extraños del interior del transformador para evitar errores en la medida y fallas posteriores.

Procedimiento

- Se localiza el elemento que aterriza al núcleo y se desconecta de donde se encuentre adherido a la carcasa.
- Se procede a tomar los valores de resistencia.
- Realizar el correspondiente análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Se debe realizar el procedimiento durante el ensamble o después de un mantenimiento correctivo.

b). **Localización de tierra inadvertida en el núcleo**

Precauciones

Se deben tomar las mismas precauciones de la prueba de resistencia del núcleo.

Procedimiento

- Localizar y desconectar el elemento que aterriza al núcleo.
- Conectar un extremo al otro núcleo con una batería de 12 V.

- Con la utilización del voltímetro observar la tensión entre tierra y cada una de las laminas.
- La lamina en la que la lectura sea cero corresponde a la presencia de tierra inadvertida en el núcleo; una inspección visual permite determinar su tamaño y si puede ser eliminada; si esto es imposible, la solución es trasladar el punto de conexión a tierra del núcleo avgf esta lámina, este procedimiento no elimina la tierra inadvertida pero reduce la circulación de corriente a niveles insignificantes.

Frecuencia

Se debe realizar el procedimiento durante el ensamble o después de un mantenimiento correctivo.

c). **Corriente de excitación del núcleo**

Precauciones

- Verificar que el conmutador bajo carga funcione correctamente.
- Mantenerse alejado de los terminales del transformador durante la realización de la prueba.
- El voltaje de prueba no debe exceder el voltaje normal línea – línea para devanados conectados en delta o el voltaje línea – neutro para los devanados conectados en Y. Son hechas dependiendo de la capacidad del equipo de prueba.
- Se deben utilizar transformadores de medida, éstos deben ser de clase 0.5 o de mayor precisión.
- Si no se utilizan transformadores de potencial se deben utilizar resistencias multiplicadoras en serie con la bobina de potencial del instrumento de medida teniendo en cuenta que estas deben calibrarse con éste.

Procedimiento

- La prueba puede limitarse a los devanados de alto voltaje, en ellos la corriente de excitación es pequeña; para detectar daños en el devanado de baja tensión, se debe garantizar una corriente muy pequeña.
- En los transformadores conectados en Y, el neutro del devanado de bajo voltaje debe estar conectado a tierra.
- En los transformadores conectados en Δ , la terminal que no está bajo prueba debe estar aterrizada.
- Los voltajes de prueba deben ser los mismos para cada fase, con el fin de facilitar la comparación de los resultados dado el comportamiento no lineal de la corriente de excitación.
- Para transformadores trifásicos el voltaje aplicado no debe exceder el valor del voltaje línea – línea si están conectados en Δ , o línea – neutro si están conectados en Y.
- Para efectos de comparación se pueden invertir los terminales a energizar, en cada toma de datos.
- Las variaciones de temperatura no afectan sensiblemente la corriente de excitación y por lo tanto no es necesario hacer correcciones.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, en cuyo caso se recomienda un año.

d). Impedancia de corto circuito (NTC 380)

Precauciones

- Los conductores utilizados para realizar el cortocircuito de los devanados del transformador debe ser de baja impedancia.
- El calibre debe ser igual o mayor al N° 1 AWG, dependiendo de la potencia del transformador.
- Los cables utilizados para cortocircuitar deben ser tan cortos como sea posible y estar alejados de la parte magnética.
- Los contactos deben estar limpios.

Procedimiento

- Para efectuar la medición en transformadores monofásicos, se pone en cortocircuito preferiblemente el devanado de bajo voltaje.
- Se aplica el voltaje en el otro devanado, ajustando la corriente aproximadamente al 10% del valor nominal del transformador.
- Se debe evitar sobrepasar el límite de corriente para evitar distorsiones en la onda de voltaje debido a la sobrecarga de la fuente.
- Se puede utilizar un osciloscopio para controlar la forma de la onda durante la prueba.
- Para una medición correcta se conecta el voltímetro directamente en las terminales de alto voltaje del transformador.
- Los valores de voltaje y corriente se pueden tomar simultáneamente.
- Para transformadores trifásicos bi-devanados, cuando se utiliza una fuente monofásica se pone en cortocircuito el devanado de alto voltaje y se aplica a una sola fase. Las lecturas se toman entre pares de conductores.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado o cuando se detecten corrientes asimétricas en el conmutador o en las bobinas.

- e). **Medición de resistencia de devanados (NTC 375, NTC 380, NTC 801, NTC 837)**

Precauciones

- Si el transformador tiene ventilación con aceite forzada, se debe verificar que las bombas de aceite están apagadas.
- Se puede realizar la medición de la resistencia en frío o en caliente, efectuando las correcciones respectivas por temperatura.
- Si la medición de resistencia se va a realizar en frío, el transformador debe permanecer por lo menos tres horas antes de la medida sin excitación o carga.
- Se debe realizar una medición de la temperatura de los devanados al momento de efectuar la prueba.
- Para efectuar la medición de temperatura en el interior no se deben utilizar termómetros de mercurio.
- Los instrumentos de medición deben colocarse en el mayor rango de lectura.
- La corriente aplicada no debe ser interrumpida repentinamente debido a los altos voltajes que se generan.

Procedimiento

- Tomar lecturas de los termómetros inmediatamente salga el transformador del servicio.
- Las lecturas de voltaje y corriente deben ser tomadas hasta que estos alcancen un valor estable.
- Se deben desconectar los instrumentos de medida antes de retirar la fuente de voltaje.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, o cuando se detecten corrientes asimétricas.

f). Prueba de relación de transformación (NTC 380)

Precauciones

La medición se debe realizar a tensión nominal o menor y a frecuencia nominal o mayor.

Procedimiento

- Se debe aplicar una tensión alterna cuyo valor es conocido al devanado de alto voltaje y medir la tensión resultante en el devanado de bajo voltaje.
- Las lecturas han de realizarse simultáneamente.
- El ensayo ha de realizarse con por lo menos cuatro valores diferentes. Si las medidas difieren en más del 1% han de volverse a realizar.

- Se deben realizar las mediciones a todas las fases independiente del tipo de conexión.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, o si se observa una situación anormal.

g). Medición de la resistencia de aislamiento (NTC 380, NTC 801)

Precauciones

- La energía almacenada en el transformador ha de ser descargada a tierra al finalizar las mediciones para evitar accidentes en los operarios.
- Se debe realizar la prueba con el transformador lleno de aceite.
- Se debe medir la humedad relativa y el punto de rocío.
- Se debe evitar el contacto con los conductores por parte del operario.
- Se debe limpiar la superficie de los pasatapas para remover polvo y partículas contaminantes.

Procedimiento

- Los devanados deben ser cortocircuitados, el tanque y el núcleo aterrizado.
- Los devanados que han de ser evaluados deben estar aterrizados.
- La medición se hace entre los devanados y entre devanados y tierra.
- Se aplica voltaje durante diez minutos tomando medidas cada minuto.
- Se deben hacer las respectivas correcciones por temperatura.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, o si se observa una situación anormal.

h). Prueba de factor de potencia

Precauciones

- Retirar los objetos extraños que puedan actuar como tierras.
- Se deben tener en cuenta los valores de la humedad relativa y precipitación.

Procedimiento

- El equipo de medición debe estar aislado de tierra.
- Se debe utilizar los pasos que indique el fabricante del equipo de medición.
- La lectura puede ser notoriamente afectada por falla en las conexiones, si esto sucede se debe repetir la prueba.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, o si se observa una situación anormal.

i). **Detección de descargas parciales**

Precauciones

- Si las descargas parciales se van a detectar por el método de voltaje inducido es necesario efectuar antes las pruebas de factor de potencia, contenido de humedad, relación de transformación, resistencia del aislamiento y análisis de gases disueltos.
- Se debe realizar en un día claro, lejos de las interferencias provocadas por los motores.
- La duración del voltaje aplicado depende de las condiciones de aislamiento del transformador.

Procedimiento

- Conectar el equipo de prueba y calibrar los instrumentos.
- Aumentar el voltaje lentamente hasta un valor mayor al nominal.
- Los niveles de descargas parciales o radio de interferencia deben ser grabados cada 5 minutos.
- Cualquier valor inconsistente amerita la interrupción de la prueba, hasta determinar su causa.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Esta prueba es realizada por el fabricante, como requisito de la caracterización, después de un mantenimiento correctivo o durante un mantenimiento preventivo programado, o si se observa una situación anormal.

j). Pruebas a los conmutadores (NTC 380)

Precauciones

- Asegurarse que las válvulas de aceite entre el conmutador y el tanque de expansión estén abiertas.
- La inspección ha de realizarla personal experto y calificado. Al tomar la muestra se debe tener en cuenta la temperatura.
- Almacenar por separado el aceite del conmutador y el tanque principal.
- Por ningún motivo el conmutador debe ser accionado sin aceite.

Procedimiento

- Si se realizan más de 30000 maniobras al año se debe llevar a cabo un filtrado de aceite.
- Se debe tomar muestra de aceite y realizar las pruebas de resistencia dieléctrica y contenido de agua.
- Se pueden remover los depósitos de carbón.
- Realizar el respectivo análisis y reporte de resultados.

Frecuencia

Los intervalos de inspección deben basarse en el tiempo de servicio y el número de operaciones a que este sometido el conmutador. La primera inspección debe realizarse al finalizar el primer año de operación, las siguientes deben basarse en los resultados de la inspección inicial. No se debe exceder de 5 años.

5.1.3. Formato mantenimiento preventivo

ANEXO C. Formato mantenimiento preventivo de cargador y banco de baterías.

ANEXO D. Formato mantenimiento preventivo de acometidas, tablero servicios auxiliares, consola de control, celda de medidas y condensadores.

ANEXO E. Formato mantenimiento preventivo de arrancadores y motores.

ANEXO F. Formato mantenimiento preventivo de medida de aislamiento a motores.

ANEXO G. Formato mantenimiento preventivo de transformadores e interruptores.

5.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

En común acuerdo con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, se decidió realizar un formato para llevar el historial de los equipos y así dentro de un tiempo poder realizar el programa de mantenimiento predictivo. El acuerdo se logró teniendo en cuenta que los equipos no poseían una hoja de vida muy bien elaborada, lo cual nos dificultaba realizar el programa sin estos datos.

Se recomienda implementar las nuevas tecnologías descritas más adelante, con el fin de facilitar la programación del mantenimiento predictivo.

5.2.1. Introducción. Este manual está preparado para instruir y asistir a los ingenieros de diseño y proceso para efectuar el análisis del efecto y modo de fallas. Deberá ser una parte integral del diseño inicial y evaluación del proceso, deberá ser actualizado periódicamente para reflejar cambios en el diseño y en los procesos o cuando se descubran nuevos modos de fallas en pruebas posteriores o por la experiencia en el campo. A continuación se enlistan los beneficios que se obtienen cuando se lleva a cabo el manual:

- Ayuda en la selección de alternativas de diseño con un alto potencial de fiabilidad y seguridad durante la fase inicial de diseño.
- Asegura que todos los modos de falla concebibles y sus efectos en operaciones favorables hayan sido considerados.
- Nos enlista las fallas potenciales e identifica la magnitud relativa de sus efectos.
- Proporciona una base para un programa de pruebas.
- Proporciona una documentación histórica para ayudar en el análisis de fallas en el campo y consideración de cambios en el diseño.
- Proporciona bases en el establecimiento de prioridades en las acciones correctivas.

El consenso del grupo identificará las áreas de alto riesgo a las cuales se deben dirigir para asegurar que los cambios en el diseño y en el proceso sean implementados para mejorar la calidad y fiabilidad.

5.2.2. Equipos sugeridos

A. Para diseño

- Ingenieros de diseño.
- Ingenieros de desarrollo y pruebas.
- Ingenieros de fiabilidad.
- Ingenieros de materiales.
- Ingenieros de servicio y campo.
- Ingenieros de proceso.

B. Para proceso

- Ingenieros de diseño.
- Ingenieros de proceso.
- Ingenieros de calidad.
- Ingenieros de herramientas.
- Operadores responsables.

5.2.3. Definiciones

A. **Función.** La tarea que un componente, subsistema o producto debe llevar a cabo, por ejemplo, funciones típicas son: posiciona, soporta, sella, retiene, lubrica.

B. **Falla.** La incapacidad de un componente / subsistema / sistema para llevar a cabo la función para la cual fue diseñado.

C. **Modo de falla.** Las formas en las cuales el componente / subsistema / sistema puede fallar al efectuar la función para la cual fue diseñado.

D. **Mecanismo y causa de falla.** Para cada modo de falla, el posible mecanismo y/o causas de falla deben ser enlistados. Este es un elemento importante, puesto que esto nos cambia las acciones de correctivas a predictivas. Ejemplos de causas de fallas:

- **Por diseño.** Especificación de material inadecuado, espesor de soldadura inadecuado, sobrecarga de componentes, contaminación, vibración, ajustes inadecuados, etc.
- **De proceso.** Exceso de voltaje, contaminación, herramientas rotas, rodamientos desgastados, mal manejo, enfriamiento insuficiente, malas condiciones de arranque, error de operador, caída de voltaje, etc.

Existen dos tipos de efectos los cuales deben ser considerados.

LOCALES: no afectan otros componentes.

GLOBALES: pueden tener efecto en otras funciones o componentes.

5.2.4. **Guía para la evaluación de la probabilidad del riesgo (EPR).** Es una medición cuantitativa para evaluar el modo de la falla. Es otro ítem importante, puesto que la evaluación determinará las prioridades a ser asignadas.

Este sistema de probabilidad esta compuesto de los tres criterios siguientes:

P = probabilidad de ocurrencia.

S = grado de severidad del defecto.

D = probabilidad de que el defecto prosiga con sus respectivas consecuencias.

El sistema de calificación para cada criterio está basado en una escala de 1 a 5 como se describe a continuación:

CALIFICACIÓN	PROBABILIDAD (P) Y PROBABILIDAD (D)	GRADO DE SEVERIDAD (S)
--------------	--	---------------------------

1	Muy baja	Ninguna
2	Baja	Menor
3	Moderada	Significante
4	Alta	Alta
5	Muy alta	Catastrófica

Tabla 1. Sistema de Calificación¹.

5.2.5. Guía para la calificación de P ó D

CALIFICACIÓN	INDUSTRIA MECÁNICA O ELECTROMECAÁNICA	INDUSTRIA ELECTRÓNICA
1 = Muy baja	≤ 1 en 10,000	≤ 1 en 1 millón
2 = Baja menor	2 a 10 en 10,000	2 a 10 en 1 millón
3 = Moderada	11 a 25 en 10,000	11 a 25 en 1 millón
4 = Alta	26 a 50 en 10,000	26 a 50 en 1 millón
5 = Muy alta	≥ de 50 en 10,000	≥ a 50 en 1 millón

Tabla 2. Sistema de calificación P ó D¹.

5.2.6. Guía de la descripción de términos designados en el sistema de evaluación.

CALIFICACIÓN	(P) PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	(S) GRADO DE SEVERIDAD	(D) PROBABILIDAD EFECTO PROSIGA
1 = Muy baja	Raro	Menor	Ninguna

¹ Fuente: Planeación avanzada de la calidad y métodos. Control de calidad Staff. 1999

o ninguna	$< \frac{1}{10^4 a 10^6}$	Poco usual	
2 = Baja o menor	No frecuente $\frac{2a10}{10^4 a 10^6}$	Producto operable A bajo rendimiento	Bajo
3 = Moderada o significativa	Moderada $\frac{11a25}{10^4 a 10^6}$	Degradación Gradual del Funcionamiento	Moderado
4 = Alta	Frecuente y alta $\frac{26a50}{10^4 a 10^6}$	Pérdida del Funcionamiento	Alto
5 = Muy alta o catastrófica	Muy alta o catastrófica $\frac{50}{10^4 a 10^6}$	Fallas catastróficas Relacionadas con la Seguridad	Muy alto

Tabla 3. Guía de la descripción de términos designados en el sistema de evaluación¹.

5.2.7. Guía para la evaluación de “R”

R = Rango de ocurrencia X rango de severidad X rango de detección.

R = P X S X D = Medida del riesgo prioritario.

VALOR “R”	INTERPRETACIÓN
$1 \leq R \leq 17$	Riesgo menor
$18 \leq R \leq 63$	Riesgo moderado
$64 \leq R \leq 125$	Riesgo mayor

Tabla 4. Guía para la evaluación rango de ocurrencia².

¹Fuente: Planeación avanzada de la calidad y métodos. Control de calidad Staff. 1999

²Fuente: Planeación avanzada de la calidad y métodos. Control de calidad Staff. 1999

5.2.8. **Procedimiento.** Esta sección proporciona instrucciones detalladas para elaborar el análisis del mantenimiento predictivo. Un ejemplo ha sido seleccionado para demostrar el desarrollo de este análisis.

Las instrucciones que se deben seguir están numeradas y hacen referencia al formato de la pagina siguiente. Esta forma se muestra únicamente como ejemplo.

- **Nombre/subsistema.** Escriba el número de la parte ó el nombre del elemento.
- **Año modelo.** Escriba el año modelo del elemento.
- **Departamento responsable.** Escriba el departamento que tiene la responsabilidad del mantenimiento del elemento.
- **Preparado por.** Nombre y firma de quien preparo el informe.
- **Revisado por.** Nombre y firma de la persona que reviso el informe.
- **Fecha del mantenimiento.** Escribir la fecha de la revisión.
- **Número de ítem del análisis.** El número de ítem del análisis usado para el componente que esta siendo analizado.
- **Nombre y número de la parte.** Escriba el nombre y número de la parte que esta siendo analizada. Breve descripción de la función de la parte o del componente que se está considerando; si la parte o componente tiene más de una función, enlistar todas las funciones separadamente.
- **Fecha del mantenimiento.** Escribir la fecha de la revisión.
- **Número de ítem del análisis.** El número de ítem del análisis usado para el componente que esta siendo analizado.
- **Nombre y número de la parte.** Escriba el nombre y número de la parte que esta siendo analizada. Breve descripción de la función de la parte o del componente que se esta considerando; si la parte o componente tiene más de una función, enlistar todas las funciones separadamente.
- **Modo de falla.** Enliste las formas en las cuales el funcionamiento de la parte o componente pueden fallar en la ejecución del trabajo para el cual fueron diseñados.

- **Mecanismos y causas de la falla.** Enliste todas las causas de la falla concebibles asignables a cada modo de falla identificado.
- **Efectos de la falla.** Escriba los efectos de la falla en términos sencillos.
- **Controles actuales.** Enliste todos los controles actuales diseñados para prevenir la ocurrencia de falla o para detectarla. No hay que dar por asentado cualquier control actual al menos que este previsto en la especificación de ingeniería. Si se considera necesario cualquier otro control, estos se deberán de enlistar en acciones correctivas recomendadas.
- **Evaluación de la probabilidad de riesgo EPR.** Es una evaluación cuantitativa para medir la consecuencia del modo de falla identificado.

Esta evaluación se divide en cuatro partes:

P = probabilidad de ocurrencia.

S = grado de severidad del defecto.

D = probabilidad de que el defecto prosiga con sus respectivas consecuencias.

R = medida del riesgo prioritario.

DISEÑO ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLAS

Nombre subsistema Motor No 1
 Año Modelo: 1992
 Departamento responsable: División eléctrica

Fecha de realización: Julio 13 del 2000
 Preparado por: Ing. Guzmán
 Revisado por: Ing. J. Pérez
 Ubicación: Columnas

Página 1 de 1

No.	NOMBRE DE LA PARTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	MECANISMO Y CAUSA DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	PRA (E.R.P)				ACCIÓN CORRECTIVA RECOMENDADA	ACCIÓN TOMADA	PAR (E.R.P)				RESPONSABLE
							P	S	D	R			P	S	D	R	
23	Motor No. 1	Mover bomba unidad 1	Deformación	Falta de mantenimiento	Desgaste prematuro de los rodamientos	Ninguno	3	3	3	27	Realizar termografía	Programar mantenimiento	1	3	2	6	Ing. J. Pérez

Tabla 5. Ejemplo de análisis¹.

¹Fuente: Planeación avanzada de la calidad y métodos. Control de calidad Staff. 1999

- **Probabilidad de ocurrencia.** Escriba el valor numérico estimado (1 a 5) de P.
- **Gravedad de la falla.** Escriba el valor numérico estimado de (1 a 5).
- **Probabilidad de que el defecto prosiga (D).** Escriba el valor numérico estimado (1 a 5).
- **Medida del riesgo prioritario (R).** Calcular R, multiplicando P, S y D. poner el resultado en la columna para el cálculo de prioridades de acción.
- **Acciones correctivas recomendadas.** Una descripción breve de las acciones correctivas recomendadas. Si la acción correctiva no es requerida indicar "N.R." en esta columna.
- **Acción tomada.** Después de que una acción ha sido implementada, hacer una breve descripción de la acción tomada y fecha de efectividad.
- **Seguimiento del PRA (EPR).** Después de que una acción correctiva ha sido determinada, evalúe la medida del riesgo de la acción. Si no hay acciones tomadas dejar en blanco esta columna. Si varias acciones han sido implementadas, evalúe el PRA de cada acción para propósitos de toma de decisiones.
- **Departamento responsable.** Escriba el nombre del departamento y la persona responsable de cada recomendación.

5.2.9. Pasos siguientes

- Revisar el análisis del modo y efecto de falla.
- Dar énfasis a las áreas de alto riesgo.
- Identificar las características críticas y/o mayores.
- Asegurar que exista un plan de control y que sea utilizado.
- Efectúe estudios de capacidad.

5.2.10. Guía para el sistema de control de procesos

- Seleccione el proceso.
- Efectúe el análisis de modo y efecto de falla en el proceso.
- Efectúe el estudio potencial del proceso.
- Desarrolle el plan de control.
- Capacite operadores en métodos de control.
- Implemente el plan de control.
- Determine la capacidad a largo plazo del proceso.
- Revise el sistema para mejoramiento continuo.
- Desarrolle un sistema de auditorías.
- Instituya acciones de mejora.

5.2.11. Formato

El formato **ANEXO H** deberá ser usado cuando se lleva a cabo un análisis de modo de falla de un diseño o proceso.

El análisis se reporta en el formato y se firma por la persona que lo preparo y por la persona que lo revisa. Esta forma es un documento dinámico y debe ser actualizado cuando existan cambios en el diseño, se completen pruebas o se implementen controles.

5.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es el mantenimiento efectuado a una máquina o instalación cuando la avería ya se ha producido, para establecerla a su estado operativo habitual de servicio. Es un mantenimiento de crisis porque se paraliza todo el proceso productivo por una falla imprevista y convierte al personal en “bomberos” que deben estar listos a apagar cualquier incendio. Es muy costoso para la empresa.

Se espera que con los resultados obtenidos por el mantenimiento preventivo y el mantenimiento predictivo, no se tenga que llegar a la instancia de este mantenimiento. Se anexa el formato de registro diseñado para el mantenimiento correctivo (**ANEXO I**).

6. STOCK DE REPUESTOS

6.1. ESTACIÓN DE BOMBEO COLUMNAS

6.1.1. Banco de baterías

10 BORNERAS

10 TAPAS

GRASA NEUTRA PARA LAS TAPAS

15 FRASCOS LÍQUIDO ELECTROLITICO (250 CM³)

2 BATERÍAS DE REPUESTO SAFT TIPO 102 SLP8

6.1.2. Cargador de baterías

4 DIODOS O PUENTE RECTIFICADOR 1N4148

1 CONDENSADOR 0.1M/100/R

2 CONDENSADORES 10KPF

2 CONDENSADORES 2M2/63/R

1 AMPERÍMETRO DC 0-30A

1 VOLTÍMETRO DC 150 V

7. IMPLANTACIÓN DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Para integrar los programas de mantenimiento más efectivamente en toda la compañía, deben clarificarse en todos los niveles de la compañía los problemas actuales, el potencial para su solución y los beneficios a ganar. Esto exige técnicas de medición que pueden aislar los problemas y el potencial de mejora en cada departamento en cualquier momento. La efectividad del mantenimiento se mide por dos razones: para ayudar a establecer prioridades entre proyectos de mejora y reflejar sus resultados precisa y razonablemente. Las medidas de efectividad revelan los frutos de nuestros esfuerzos diarios, aíslan los puntos que debemos enfocar, y nos ayudan a planificar contramedidas.

Para implementar efectivamente el mantenimiento, debemos conocer qué áreas en la planta experimentan problemas y cuáles son esos problemas. Esto requiere índices que muestren precisa y continuamente qué mejoras se necesitan actualmente y qué clases de resultados cabe esperar. Tales índices centran las actividades de mejora identificando los aspectos más importantes. Facilitan una rápida identificación y respuesta ante el cambio y juicio más precisos, y ayudan a promover unas actividades de mantenimiento más eficientes. Los resultados de las actividades de mantenimiento se miden también utilizando índices que muestren precisa y razonablemente la efectividad relativa de las actividades y las medidas de mejora en las diferentes plantas y divisiones.

Una estricta monitorización a todos los niveles ayuda a mantener y mejorar resultados y promueve el desarrollo de contramedidas más efectivas (donde no se están produciendo resultados positivos). Esto nos ayuda también a entender y evitar las caídas súbitas en la efectividad.

7.1. DISPONIBILIDAD (PÉRDIDAS DE TIEMPO)

Fracción del tiempo calendario en que el equipo es operable.

La disponibilidad del equipo o tasa de operación se calcula como la relación entre el tiempo de operación y el tiempo total.

$$disponibilidad = \frac{\text{tiempo operacion}}{\text{tiempo total}} = \frac{\text{tiempo total} - \text{tiempo perdido}}{\text{tiempo total}}$$

En un turno de trabajo de 30 días el tiempo total son 720 horas. El tiempo perdido lo componen los daños en el equipo, cambio de útiles y alistamientos y los ajustes. Se puede suponer que este tiempo puede sumar 50 horas. El tiempo de operación será, entonces de 670 horas (720 - 50).

$$disponibilidad = \frac{670h}{720h} \times 100 = 93.05\%$$

Es importante recoger estos datos en la forma más precisa posible, de lo contrario se puede calcular este índice en forma equivocada.

7.2. TIEMPOS PROMEDIOS REPARACIÓN (MTTR)

Medición básica de la efectividad de la función de mantenimiento.

Método de medición: a ser medido por el seguimiento de eventos.

$$MTTR(\text{tiempo medio reparacion}) = \frac{\text{tiempo total paradas}}{\text{total paradas}}$$

$$\text{tasa fallos} = \frac{\text{tiempo total paradas}}{\text{tiempo carga}}$$

Siguiendo con el ejemplo anterior: suponemos que el equipo paro 4 veces en el mes.

$$MTTR = \frac{50h}{4} = 12.5h$$

El equipo en cada parada estuvo sin funcionar 12.5 h.

$$\text{tasa de fallos} = \frac{50h}{720h} = 0.069 = 6.9\%$$

Del tiempo programado, el equipo fallo en el 6.9% del tiempo.

7.3. FRECUENCIAS DE PARADAS

La tendencia de este indicador será identificar oportunidades de mejoramiento.

Método de medición: adicionar a las ordenes de trabajo o controles de producción códigos de falla.

Siguiendo con el ejemplo anterior: Número de fallas experimentadas en el equipo, en este caso fueron 4.

7.4. TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF)

Valor medio de tiempo entre fallas consecutivas de un equipo. Indicador básico de confiabilidad.

Método de medición: a ser medido por el seguimiento de eventos.

$$MTBF = \frac{\text{tiempo operacion}}{\text{total paradas}}$$

Para el ejemplo:

$$MTBF = \frac{670h}{4} = 167.5h$$

Cada 167.5 h, el equipo paró por falla.

7.5. FICHAS CHEQUEO DE EQUIPOS

Se anexarán los formatos de inspección correspondientes.

ANEXO J. Formatos inspección de cargador y banco de baterías.

ANEXO K. Formatos inspección acometidas, tablero servicios auxiliares, consola de control, celda de medidas, condensadores.

ANEXO L. Formatos inspección de arrancadores y motores.

ANEXO M. Formatos inspección de transformadores e interruptores.

7.6. HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS

La hoja de vida para cada uno de los equipos constará de una carpeta, en la cual se guardará toda la información correspondiente a cada uno (formatos de mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo, etc..).

7.7. RUTAS DE CHEQUEO

7.7.1. Banco de baterías y cargador¹

- Observe el estado de protección principal del cargador.
- Observar el estado de las baterías.
- Determinar que las placas estén siempre cubiertas del electrolito.
- Observe el estado de las conexiones del cargador de baterías.
- Tome medidas del amperaje de las baterías.
- Observe el estado de las señales del cargador de baterías.
- Tome medida del voltaje del banco de baterías.

7.7.2. Acometida a motores

- Medir la temperatura de la acometida. (NEC. Art 338)

¹SAFT, Departement Accumulateurs. Manual de entretenimiento para elementos Níquel – Cadmio.

7.7.3. Tablero servicios auxiliares (NTC 3475)

- Verificar que las partes eléctricas y electrónicas se encuentren sin exceso de polvo.

7.7.4. Arrancadores

- Verificar el estado de aseo y funcionamiento de los instrumentos de medida.
- Tomar lectura de los instrumentos de medida.
- Verificar funcionamiento y aseo de las protecciones y contactos eléctricos.

7.7.5. Celda de medidas a 480 V

- Observe el estado de los fusibles.
- Observe el estado de los aisladores.
- Observe el estado de la protección principal.
- Observar el estado de los cables de potencia.

7.7.6. Banco de condensadores¹

- Verificar la corriente de fase.
- Observe el estado de los fusibles.

¹ELETTROELETTRONICHE, Industria condensatori applicazioni. Power capacitor bank.

7.7.7. Consola de control (NTC 3475)

- Verificar el estado de aseo y funcionamiento de los instrumentos de señalización y medida.
- Inspeccionar que todas las conexiones se encuentren apretadas.

7.7.8. Acometida 11.4 kV

- Medir la temperatura de la acometida. (NRC. Art 338)

7.7.9. Interruptor 11.4 kV¹ (NEC. Art 380)

- Revisión de porcelanas.
- Estado de aisladores y limpieza.
- Revisión de borneras; estado y limpieza.
- Revisión del fusible; estado del fusible y el portafusible.
- Verificar que no existan indicios de corrosión.

7.7.10. Celda de medidas a 11.4 kV

- Observe el estado de los fusibles.
- Observe el estado del aislador.
- Observe el estado del seccionador.
- Observar el estado de los cables de potencia.

¹SACE, S.P.A.. Costruzioni Electromeccaniche. Bergamo - Italy

7.7.11. Alimentación trafo potencia

- Medir la temperatura de la acometida. (NEC. Art 338)

7.7.12. Salida trafo potencia

- Medir la temperatura de la acometida. (NEC. Art 338)

7.7.13. Alimentación trafo auxiliares

- Medir la temperatura de la acometida. (NEC. Art 338)

7.7.14. Motores¹

- Verificar conexiones de las borneras.
- Tomar temperaturas.
- Verificar funcionamiento, ruidos extraños.
- Limpieza general.

7.7.15. Transformadores (NTC 2743)

- Observe el estado del tanque de expansión.
- Observar estado de válvulas.

¹BBC, Brown Boveri France S.A.. MotoresCuiracem

- Observar el estado de las conexiones.
- Tomar lectura de temperatura.
- Observe estado del conmutador.
- Observar el estado de los aisladores.
- Observe el estado de la sílica gel.
- Compruebe el nivel de aceite.
- Observe el estado del relé buchholz.
- Observe estado del tanque del transformador.

8. IMPLANTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGIAS

8.1. TERMOGRAFÍA

8.1.1. **Análisis térmico.** Es el seguimiento y monitoreo de temperaturas ó estados térmicos presentes en un conjunto de elementos que conforman la imagen del sistema para el evento ó procesos críticos de la producción. Estableciendo que periódicamente y de acuerdo al tipo de proceso, se realice la termografía; creándose parámetros de comportamiento mediante el estudio de los muestreos, así se puede establecer la evolución y desarrollo de cada evento, para a partir de ello informar si se presenta una anomalía y así tomar medidas correctivas dentro de un trabajo programado.

8.1.2. **Imagen térmica.** Es una nueva tecnología, que permite capturar las emisiones naturales de radiación emitidas por los cuerpos siendo reproducida la imagen con su distribución de energía térmica. Este tipo de sistemas permite inspeccionar procesos en plena operación sin detener la producción ni ocasionar perdidas de tiempo; todo esto debido a su no contacto y gran cobertura de superficies.

8.1.3. **Termografía.** Es un método de inspección para sistemas ó procesos eléctricos, mecánicos y de producción, con el cual podemos obtener la distribución térmica, la temperatura presente en la superficie integrada por varios componentes al mismo tiempo y representada en forma de foto ó imagen. Este método de inspección se basa en el hecho que todos los componentes del sistema presentan una diferencia de temperatura entre ellos y a su vez incremento en la misma ante un mal funcionamiento. *Ejemplo:* una conexión eléctrica al estar suelta ó floja, presenta un incremento de temperatura.

8.1.4. **Teoría de la toma de imagen térmica.** Debemos entender que para poder lograr esta toma de imagen, tenemos que apoyarnos en los conocimientos básicos de la teoría infrarroja. Por lo cual, la cámara de toma de imagen captura la energía electromagnética radiada por los objetos a medir y establecerá una relación con la temperatura de los mismos; la única diferencia para este caso es que son varios elementos de toma de radiación dentro de la cámara, los cuales están realizando las mediciones de forma sectorizada sobre toda la imagen a analizar y poder establecer una relación de coordenadas para identificar cual es la temperatura perteneciente a cada punto referido.

El equipo de toma de imagen debe poseer control sobre los valores de emisividad de cada punto medido otorgándole precisión, dado que así se le informa al equipo cual es el nivel de radiación del material observado. Cuando salimos a realizar la termografía, debemos tener claros los componentes a analizar y los parámetros de referencia. Además factores como distancia de medición pueden ser adecuados para que el mismo equipo integre y ajuste su campo focal.

8.1.5. Factores que inciden en un análisis termográfico

- **Carga.** El efecto de calentamiento cuando se presenta una falla, incrementa en términos generales con el valor de la carga elevada al cuadrado.

Ejemplo. Se encontró un calentamiento de 8°C en una conexión eléctrica cuando el circuito se encontraba cargado a un 20%, al incrementarse la corriente de carga a un 50%, la temperatura del componente aumentaría así:

$$(50/20)^2 = 6.25 \text{ veces}$$

por lo tanto la temperatura sería $6.25 \times 8^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C}$

- **Atenuación atmosférica.** La atmósfera no es completamente transparente a la radiación infrarroja, información que puede ser atenuada al pasar a través de ella y la cual también puede emitir radiación, para ello existen factores de corrección como la distancia al objeto, la humedad relativa, la temperatura del aire y modelos de transmisión atmosférica.
- **Emisividad.** Como no todos los cuerpos cuando aumentan su temperatura pueden radiar energía de la misma forma, esta dependerá del tipo de material. La emisividad de los cuerpos siempre variará entre cero y uno, muchos elementos tienen buena capacidad de reflexión como lo son las superficies de material brillante cuya emisividad tiende a cero y pueden reflejar brillos que seguramente se mostrarían como puntos calientes, cuando el cuerpo es opaco la emisividad tiende a uno.

Un cuerpo con diferentes emisividades puede lucir como si estuviese sobrecalentado en varios puntos, a este efecto debe tenerse cuidado y a menudo es muy obvio donde el objeto a sido pulido o limpiado últimamente. En

el termograma se muestra el reflejo de la temperatura irradiada por el cuerpo de la persona que realiza el análisis.

EMISIVIDAD DE ALGUNOS MATERIALES		
METALES Y SUS ÓXIDOS	TEMP. (°C)	EMISIVIDAD
Aluminio:		
Lámina (brillante)	20	0.04
Tratado	20	0.83-0.94
Cobre:		
Pulido	100	0.05
Alto grado de oxidación	20	0.78
Hierro:		
Fundido, oxidizado	100	0.64
Lámina oxidada	20	0.69-0.96
Acero inoxidable (tipo 18-8):		
Pulido	20	0.16
Oxidado	60	0.85

Tabla 6. Emisividad de algunos materiales¹

- **Velocidad del viento.** Uno de los factores a tener en cuenta en un análisis termográfico es el efecto refrigerante producido por la velocidad del viento, a 1 m/seg el factor de corrección sería de 2.06 m/seg, duplicándose el factor de corrección.

¹Folleto termografía, Administrado por Transequipos Ltda. Ing. Hernán Ochoa.

8.1.6. Conservación de la energía

- **Eléctrica.** Contactos deficientes y pérdida por la disipación de calor al disminuir su área de contacto en los conductores y elementos eléctricos conllevan a fugas de corriente, aumento de la resistencia al paso de la misma, representan así una pérdida de energía manifestada en forma de calor.
- **Térmica.** Una de las pérdidas mayores de energía térmica se presenta en los ductos aislados de vapor, debido a una deficiente operación de sus trampas de vapor, cuya función es permitir solo la salida del condensado.

La termografía puede descubrir este tipo de anomalía indicando un paso directo del vapor y la necesidad de una reparación.

- **Mecánica.** La presencia de sobrecalentamiento de mecanismos en movimiento suele ser una señal de mal funcionamiento, la termografía ayuda a la detección y análisis de estos sobrecalentamientos presentados en máquinas rotatorias.

8.1.7. Especificación de un sistema de toma de imagen térmica

PORTATIL: permita fácil trabajo en campo.

RANGO TRABAJO: adecuado para los niveles de trabajo.

OPERACIÓN: sea de fácil operación durante la toma de imagen.

RESOLUCIÓN: posea una resolución elevada para establecer diferencias claras entre cada elemento de la imagen.

MANEJO IMAGEN: permita manejar, evaluar, verificar la totalidad del conjunto que forma la imagen, para así tener un primer dato de comportamiento.

MANEJO INFORMACIÓN: tener la posibilidad de almacenar las imágenes en un medio magnético, para un posterior análisis.

FACILIDAD DE UBICACIÓN IMAGEN: que el mismo instrumento se especifique para el rango del cuadro evaluado, elevando su precisión.

PRESICIÓN: posea la más alta dado que este permite mayor estabilidad en las soluciones.

CAPACITACIÓN: entrenamiento en cuanto a la operación del equipo.

RESPALDO: garantías, calibraciones, renovaciones.

8.1.8. Ventajas de un análisis termográfico

- El análisis termográfico permite detectar las fallas solo cuando los equipos estan en funcionamiento, por lo cual no es necesario parar la producción.
- Elimina los riesgos cuando hay presentes altas temperaturas, voltajes y dificultad de acceso a equipos al poderse detectar las fallas a distancias seguras.
- Agiliza la solución de anomalías al poderse entregar información inmediata de las fallas encontradas en estado crítico.
- Versatilidad de los equipos al poder contar con accesorios que lo hacen más eficiente para poder llegar hasta el punto de la medición.
- Las fallas son gravadas en una tarjeta PCMCIA y su información puede ser llamada en el computador y analizada posteriormente como si fuesen vistas en el tiempo real.
- Se reducen los costos por mantenimiento y consumo de energía eléctrica, térmica y mecánica.

8.2. ANÁLISIS DE VIBRACIONES

8.2.1. **¿Qué es la vibración?** La vibración no es más que el movimiento de un lado a otro de una máquina o parte de máquina con respecto a su posición de descanso.

La manera más sencilla de ilustrar lo que es la vibración es siguiendo el movimiento de una pesa suspendida del extremo de un resorte. Es típico de todas las máquinas ya que éstas también tienen peso y propiedades como las de un resorte.

8.2.2. **¿Qué causa la vibración?** Con muy pocas excepciones los problemas mecánicos son lo que causa problemas en una máquina. Como descomponer todos los problemas posibles en una máquina sería imposible, no relacionamos sino los más frecuentes que sabemos que provocan la vibración. Son como sigue:

- Desequilibrio de las partes rotativas
- Desalineación de los acoplamientos y cojinetes
- Flexión de los ejes
- Engranajes desgastados, excéntricos o dañados
- Mal estado de correas o cadenas de transmisión
- Cojinetes defectuosos tipo antifricción
- Variaciones de torsión
- Fuerzas electromagnéticas
- Fuerzas aerodinámicas
- Fuerzas hidráulicas
- Frotamiento
- Resonancia

La causa de la vibración tiene que ser una fuerza que cambie o su dirección o su importancia. Es la fuerza que provoca la vibración y las características que resultan serán determinadas por el modo en que se generan las fuerzas. Esto es por qué cada fenómeno que causa vibración tiene características propias.

8.2.3. Cuándo se analiza. Generalmente se realiza un análisis de vibración cuando se revela un aumento significativo de vibración o ruido general en la maquinaria durante inspecciones regulares, o quizás un monitor de vibraciones da la señal de alarma, lo que indica que la máquina tiene averías en formación. La incapacidad de las herramientas de producir un acabado satisfactorio en la superficie o de mantener tolerancias dimensionales podría ser una señal de defectos mecánicos. Evidentemente el siguiente paso es analizar la vibración para determinar el por qué.

Cuando el problema es ruido excesivo, el análisis de vibración y el ruido de la maquinaria dará a conocer si el ruido proviene de desperfectos mecánicos del aparato o si este es una característica del funcionamiento normal de la máquina.

Con el fin de determinar si la máquina se encuentra en buen estado de funcionamiento, se debe realizar también un análisis de la vibración y el ruido de la maquinaria al comienzo de un programa de mantenimiento preventivo. Si la máquina tiene defectos, este análisis inicial los detectará y se podrán realizar las reparaciones necesarias para restituir el funcionamiento normal de la máquina. La información de análisis que se obtiene cuando la máquina se encuentra en buen estado de funcionamiento se llama "información de referencia" y sirve de base para efectuar futuras comparaciones con las revisiones y los análisis regulares.

Para simplificar esta exposición, el proceso de análisis se dividirá en dos etapas: 1) adquisición de información e 2) interpretación de información. El proceso de adquisición de información que se resume aquí es simplemente una forma de

medir y anotar en detalle las características de vibración o ruido que se necesitan para corregir el defecto. Para interpretar la información el dato anotado se compara con lo que se sabe de la máquina, su velocidad o velocidades, lo que hace y las causas de vibración y ruido, para poder determinar el problema y solucionarlo.

8.2.4. Sistema MARLIN (SKF). Con este sistema, podemos monitorizar el comportamiento de la maquinaria mientras se encuentra funcionando, así se puede predecir la necesidad del mantenimiento y se puede planificar; el actual sistema ha revolucionado básicamente la forma de recoger y almacenar los datos en proceso y el estado de las máquinas en las plantas. No existe la necesidad de carpetas, ni archivadores, este sistema es la diferencia entre recoger información y recopilar inteligencia, es una valiosa herramienta de gestión.

Es un programa de funcionamiento sin problemas que llega a un sistema de inspección de fiabilidad de las máquinas, que esta revolucionando la forma en que la industria recoge, almacena y usa los datos de las máquinas y el proceso de las plantas.

Si usted dirige una planta de proceso o una planta de fabricación tiene maquinaria que debe funcionar día y noche, fines de semana y fiestas, si una de esas máquinas deja de funcionar inesperadamente puede resultar caro, especialmente si sumamos las horas extraordinarias, la pérdida de producción e incluso la pérdida de clientes.

El secreto del funcionamiento sin problemas es saber lo que está sucediendo dentro de la máquina; en el pasado se han empleado muchos métodos para monitorizar el estado de las máquinas, una de las técnicas favoritas consistía en escuchar los ruidos con un destornillador o con un estetoscopio, algo muy poco científico, pero a veces podía ayudar al personal de mantenimiento a evitar una parada catastrófica.

Para la producción, la necesidad más apremiante es la información; puede ser necesario recorrer la planta hasta tres veces al día recogiendo datos de proceso tales como: presión, PH, caudal, velocidad y otra información crítica, el trabajo es tedioso y requiere tiempo.

Encontrar una forma sistemática de registrar, almacenar y utilizar toda esa información, es una fuente continua de frustración. La respuesta es un sistema sencillo pero sofisticado que simplifica la recogida y gestión de datos de fiabilidad de las máquinas y del proceso de la planta, que elimina esa montaña de papeles y pone instantáneamente los datos históricos a disposición de sus expertos de mantenimiento y producción.

Este sistema se compone de un sensor MGD, los adaptadores de conexión rápida, el colector de datos y el software que permite al personal de la planta compartir fácilmente la información.

8.2.4.1. Instalaciones más productivas. Con el sensor MGD se registran con rapidez lecturas de vibración y temperaturas de las máquinas sin necesidad de pararas, aunque no es una herramienta de diagnóstico el sensor permite una detección prematura de las condiciones anormales de la maquinaria, incluyendo daños en rodamientos, fallas de cajas de engranajes y problemas de lubricación.

Las lecturas se muestran automáticamente en la pantalla LCD de la sonda, las luces de alarma proporcionan información instantánea sobre el comportamiento de una máquina dando un aviso anticipado cuando se sobrepasan los límites de seguridad de vibración y temperatura.

La incorporación de adaptadores de conexión rápida, añade nuevas ventajas; con un rápido giro de la muñeca el sensor se conecta firmemente a la máquina que está siendo medida, asegurando una correcta colocación y orientación de la sonda

para mayor precisión. Los espárragos MQT también proporcionan la mejor respuesta de señales de vibración.

Los adaptadores informatizados o inteligentes incluyen un dispositivo de medición de temperatura y un chip de memoria interna que se puede programar para ajustes de alerta y alarma específicos para una máquina o puntos de medición concretos; cuando se efectúan las mediciones las lecturas actuales se comparan con los niveles de alarma almacenados en el espárrago y los indicadores de alarma de la sonda se actualizan para mostrar la condición de alarma.

En el corazón del sistema se encuentra el colector de datos, un sofisticado ordenador de mano que amplía las capacidades del sistema exponencialmente, por ejemplo: se pueden establecer ajustes específicos de alarma para todas las máquinas de su planta, de echo, se pueden almacenar datos de hasta 2000 puntos. El colector de datos proporciona al personal de mantenimiento y de producción de la planta avisos anticipados de problemas de las máquinas que podrían afectar la productividad, la seguridad del personal y los programas de mantenimiento.

Igual de importante, el colector de datos permite una recogida rápida y sin papeles de datos del proceso de la planta; usando su pantalla táctil resulta fácil registrar, realizar tendencias y establecer alarmas de variables tales como: velocidad, temperatura y presión de los indicadores de la maquinaria o paneles de control sin lápiz ni carpetas.

Si lo desea puede usar el escáner, integrándole el código de barras de el colector para identificar rápidamente la ubicación de cada punto de medición y mostrar la correspondiente pantalla de entrada de datos, una vez registradas las lecturas se comparan automáticamente con las lecturas y valores de referencia anteriores. Los valores de tendencia registrados permiten observar cambios difíciles de percibir, que de lo contrario pasarían inadvertidos.

Cuando las lecturas sobrepasan los ajustes de alarma preestablecidos, los indicadores de alarma alertan al operario.

El colector de datos se puede programar incluso para especificar las acciones correctoras que se deben tomar en respuesta a lecturas específicas, esta función permite que las personas sin experiencia que recogen datos se beneficien de los conocimientos de los expertos, los operarios también pueden registrar mensajes usando el lápiz y la pantalla táctil del colector de datos; además, todos los datos se pueden cargar en la base de datos del software, desarrollado específicamente para soportar el sistema.

Este programa fácil de usar y basado en Windows, permite convertir rápidamente los datos de la maquinaria y de producción de la planta en informes viables.

Como resultado, los valiosos datos de fiabilidad de las máquinas y de producción de la planta se sacan del archivador y se ponen a disposición de todas las personas que participan de la mejora de la productividad.

8.2.4.2. Capacidades del sistema

- Lee simultáneamente la temperatura y vibración globales de las máquinas y la vibración de los rodamientos.
- Permite a los operarios leer y registrar datos del proceso de la planta, comparando las lecturas con los parámetros previamente definidos y con los datos históricos, predice los problemas de las máquinas antes de que se produzcan, permitiendo maximizar la productividad y minimizar el tiempo improductivo.

- Usando espárragos inteligentes y códigos de barras, recuerda el emplazamiento exacto de los puntos de medición a lo largo de sus instalaciones, eliminando la necesidad de seguir una ruta de medición.
- Recuerda sus ajustes de alarma específicos y muestra las acciones correctoras que deben tomarse cuando las lecturas sobrepasan los parámetros de seguridad.
- Lo más importante es que comparte, es una herramienta tanto para el personal de mantenimiento como el de operarios; no solo facilita la recogida de datos, si no que pone a disposición de todos la información histórica a través del programa.

8.3. ANÁLISIS DE ACEITES

8.3.1. Introducción. Hoy en día los aceites lubricantes son considerados un verdadero componente de la maquinaria, un elemento que no sólo es indispensable en el funcionamiento mecánico sino que además, es vital para prolongar la vida útil de sus componentes. Es por esto importante conocer sus propiedades fundamentales para poder establecer, en determinado momento, las condiciones que presente un aceite usado, a fin de estimar si el mismo aún conserva sus características lubricantes o de lo contrario sustituirlo por uno nuevo.

La importancia de estas pruebas radica en que puede establecerse en forma bastante precisa, si el aceite en un determinado equipo aún conserva sus especificaciones como para seguir garantizando su uso. Igualmente puede estimarse el momento oportuno en que debe procederse a su cambio, estableciéndose de esta forma un verdadero mantenimiento preventivo el cual en forma efectiva ayuda a prolongar tanto la vida útil de la maquinaria como la del mismo aceite lubricante.

Para hacer un análisis más efectivo, las diferentes pruebas que se realizan las agruparemos de acuerdo al tipo de maquinaria/equipo del cual ha sido obtenida la muestra, estableciendo así las condiciones del aceite, posibles contaminantes del mismo, las causas que originaron dicha contaminación y los límites condenatorios del aceite. De esta manera se logra obtener importante información sobre ciertos parámetros operacionales del sistema, los cuales nos permiten prevenirnos contra el funcionamiento inadecuado de los equipos.

Existe una gran variedad de pruebas que se emplean para establecer las condiciones del aceite y comportamiento de la maquinaria que lo utiliza. Se tratarán solamente aquellas pruebas que nos permiten obtener en el menor tiempo posible los resultados necesarios, a fin de reportar prontamente las recomendaciones a seguir para resolver el problema de manera rápida y efectiva, en pro del buen funcionamiento de la maquinaria.

En referencia a las pruebas de laboratorio que se efectúan en aceites usados indicaremos en primer lugar la clasificación de las mismas, luego su significado y medición, seguidamente detallaremos la interpretación de los resultados obtenidos por tipo de maquinaria/equipo para finalmente resumir en tablas los límites permisibles de contaminación y las condiciones de operación del equipo como posibles responsables de la degradación del aceite.

8.3.2. Pruebas de laboratorio. Las pruebas de laboratorio constituyen una de las herramientas principales para estimar si un aceite en uso sigue conservando sus propiedades lubricantes, si está contaminado y el tipo de contaminante presente. Todo con la finalidad de detectar y prevenir fallas en los equipos, alargando de esta manera la vida efectiva de estos y la del mismo aceite lubricante. Para lograr este objetivo existen diferentes pruebas, las cuales para su mejor interpretación las clasificaremos en los dos siguientes grupos:

A. **Pruebas básicas.** Evalúan las propiedades físico-químicas del aceite, es decir las propiedades que los caracterizan, como son:

- Apariencia y olor.
- Viscosidad.
- Acidez.
- Basicidad.
- Demulsibilidad.
- Espuma.

B. **Pruebas de contaminación.** Son muy importantes debido a que indican el tipo y la cantidad de contaminantes presentes en el aceite usado. De acuerdo al resultado de las mismas, se puede determinar con bastante certeza que clase de falla presenta el equipo y la zona o parte del mismo que origina alteraciones en las propiedades del aceite. Según la clase de contaminante estas pruebas pueden dividirse en :

Pruebas para determinar la contaminación con agua:

- Crepitación.
- Contenido de agua por destilación.

Pruebas para determinar la contaminación con combustible:

- Punto de inflamación.
- Difusión por combustible.

Pruebas para determinar la contaminación con sólidos.

- Prueba de papel de filtro.
- Insolubles.
- Metales.

8.3.3. Observaciones generales.

- El análisis del aceite usado es fundamental como herramienta en el mantenimiento predictivo de los equipos siempre y cuando se establezca en un buen programa de mantenimiento. Tomar una muestra para análisis sin un objetivo claro no tiene ningún sentido, con la consiguiente pérdida de tiempo y dinero.
- Como se indica en el procedimiento para la toma de muestra del aceite usado, las muestras deben estar plenamente identificadas con la información básica ya sea en la etiqueta o en el formulario de análisis de aceites usados. Las muestras que no tengan la suficiente información no serán analizadas ya que los datos obtenidos en el laboratorio no tendrían ningún valor.
- Los resultados de laboratorio con sus respectivas recomendaciones se entregarán máximo en tres días hábiles a partir del recibo de las muestras en el laboratorio de la fábrica de lubricantes.

8.3.4. Etiquetado del envase. Datos mínimos a llenar:

- Nombre de la empresa, Sección.
- Ciudad, Lugar.
- Fecha toma de muestra.
- Identificación del equipo.
- Tiempo de servicio del equipo, horas. Antecedentes de reparación, enviar información adicional.
- Nombre del lubricante, especificando grado SAE o ISO de viscosidad.
- Tiempo de servicio del lubricante, horas, días, meses.

8.3.5. Procedimiento para la toma de muestras. Para la toma de muestras se utilizarán periódicamente recipientes de 120 cc con sus respectivas etiquetas.

Se recomienda el siguiente procedimiento para la toma de muestras:

- Se debe muestrear la máquina después de haber estado en funcionamiento, como es el caso de los vehículos. Si el muestreo se efectúa en un depósito de maquinaria industrial, en lo posible hay que recircular para homogeneizar antes de la toma.
- Identificado el punto de muestreo, prepare el envase, el cual se entrega completamente limpio y pegue la etiqueta autoadhesiva con los datos.
- Limpie el área del tapón o grifo de llenado antes de toma de muestra.
- Retire el tapón o grifo, dejando salir una determinada cantidad de aceite de purga antes de colocar el envase. Hay que disponer de un recipiente para el recibo del aceite de purga.
- Se tapa el recipiente y se procede a limpiarlo, esta operación no se debe efectuar con el envase abierto ya que se puede contaminar la muestra.
- **IMPORTANTE:** Del cuidado que se tenga en la toma de muestra depende el resultado de laboratorio, cualquier contaminación ocasionada durante la toma puede inducir a recomendaciones y diagnósticos erróneos.
- Verifique la hermeticidad del envase, utilice empaques adecuados para evitar el daño de la muestra durante el transporte.

8.3.6. Pruebas sugeridas para el análisis de aceites usados

ACEITES INDUSTRIALES	
MÉTODO	ENSAYO
ASTM D – 445	Viscosidad, cSt a 40 °C
-----	Humedad en plancha
ASTM D – 95	%, volumen de agua
ASTM D – 664	TAN, mg KOH/gr de muestra
ASTM D – 1401	Características de emulsión
*****	Contenido de desgaste metálico en ppm de Fe, Cr, Al, Pb, Cu, Si
*****	Espectrofotometría de absorción atómica.

Tabla 7. Pruebas a aceites industriales¹.

8.4. TECNICAS CONVENCIONALES Y TECNICAS MODERNAS DE REALIZAR MANTENIMIENTO

El éxito que tenga una empresa dependerá a menudo del funcionamiento continuo, seguro y productivo de su maquinaria. El mantenimiento que se le dé a las máquinas será el factor que determina cuán largo sea su funcionamiento, así como la seguridad y productividad con que trabajan.

No se puede hablar de una diferencia entre técnicas modernas y técnicas convencionales de realizar mantenimiento, más bien se pueden tratar las técnicas

¹ MATEUS VELASCO, Lilia. Texaco, Ingelub Ltda. 2000

modernas de realizar mantenimiento como un complemento ideal para el buen funcionamiento de las máquinas.

Es evidente que el modo más deseable de realizar el mantenimiento de las máquinas es mediante la detección y diagnóstico de los problemas mientras estas están funcionando. Si se puede descubrir un defecto antes que éste dé lugar a una falla extensiva y se puede diagnosticar la naturaleza del problema mientras anda la máquina para el personal de mantenimiento será mucho mejor.

Con la ayuda de las nuevas tecnologías se podrán programar los mantenimientos con una mayor confianza y exactitud, lo cual traerá muchos beneficios para las empresas y usuarios de éstas.

Para poder llevar a cabo un buen programa de mantenimiento, lo que se requiere es poder medir las características de la máquina para que refleje realmente cuál es su estado.

Otras ayudas que prestan estas nuevas tecnologías:

- Puede programarse un paro para efectuar reparaciones en un momento conveniente.
- Puede prepararse un plan de trabajo que incluya todo lo necesario en lo que respecta a la mano de obra, herramientas y repuestos antes del paro programado. Además se reduce así a lo mínimo la posibilidad de hacer daño a la máquina por una falla forzada. Todo esto quiere decir que se puede reducir el tiempo pasado en reparaciones y por lo tanto la duración del paro.

9. COSTOS POR MANTENIMIENTO

El mantenimiento se basa en la relación costos contra tiempo perdido. Las diferencias de esta relación originan los tres tipos de mantenimiento conocidos: correctivo, preventivo y predictivo, lo cual se muestra en la figura 1.

9.1 TIEMPOS DE MANTENIMIENTO

Estación de Bombeo Columnas

No.	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA (X AÑO)	TIEMPO REALIZACIÓN	TECNICO 1	TECNICO 2	TECNICO 3
1	Cargador y Banco de Baterías	2	2 h	X	X	X
2	Acometida a Motores	4	15 min.	X	X	
3	Tablero Serv. Auxiliares	2	1 h	X	X	
4	Arrancadores	4	2 h 30 min.	X	X	X
5	Celda Medidas a 480 V	4	15 min.	X	X	X
6	Banco de Condensadores	3	30 min.	X	X	X
7	Consola de Control	2	30 min.	X	X	X
8	Acometida 11.4 KV No.1	4	30 min.	X	X	X
9	Acometida 11.4 KV No.2	4	30 min.	X	X	X
10	Interruptor 11.4 KV	4	1 h	X	X	X
11	Celda de Medidas a 11.4 KV	4	15 min.	X	X	X
12	Aliment. Trafo Potencia No.1	4	15 min.	X	X	
13	Aliment. Trafo Potencia No. 2	4	15 min.	X	X	
13	Salida Trafo. Potencia No 1	4	15 min.	X	X	
15	Salida Trafo. Potencia No 2	4	15 min.	X	X	
16	Aliment. Trafo. Auxiliares No.1	4	15 min.	X	X	
17	Aliment. Trafo. Auxiliares No.2	4	15 min.	X	X	
18	Motor No.1	2	1 h 15 min.	X	X	X
19	Motor No.2	2	1 h 15 min.	X	X	X
20	Motor No.3	2	1 h 15 min.	X	X	X
21	Motor No.4	2	1 h 15 min.	X	X	X
22	Motor No.5	2	1 h 15 min.	X	X	X
23	Trafo. Trifasico TR-A1	2	1 h	X	X	X
24	Trafo. Trifasico TR-A2	2	1 h	X	X	X
25	Trafo. Trifasico TR-1	2	3 h	X	X	X
26	Trafo. Trifasico TR-2	2	3 h	X	X	X

Estación de Bombeo San Vicente

No	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA (X AÑO)	TIEMPO REALIZACIÓN	TECNICO 1	TECNICO 2	TECNICO 3
27	Cargador y Banco de Baterías	2	2 h	X	X	X
28	Acometida a Motores	4	15 min.	X	X	
29	Arrancador No.1	4	30 min.	X	X	X
30	Arrancador No.2	4	30 min.	X	X	X
31	Arrancador No.3	4	30 min.	X	X	X
32	Arrancador No.4	4	30 min.	X	X	X
33	Acometida 11.4 KV No.1	4	30 min.	X	X	X
34	Acometida 11.4 KV No.2	4	30 min.	X	X	X
35	Totalizador 11.4 KV	4	1 h	X	X	X
36	Celda de medidas 11.4 K.V	4	30 min.	X	X	X
37	Aliment. Trafo Potencia No.1	4	15 min.	X	X	
38	Aliment. Trafo Potencia No. 2	4	15 min.	X	X	
39	Aliment. Trafo. Auxiliares No.1	4	15 min.	X	X	
40	Aliment. Trafo. Auxiliares No.2	4	15 min.	X	X	
41	Salida Trafo. Potencia No 1	4	15 min.	X	X	
42	Celda Medidas 4160 V	4	30 min.	X	X	X
43	Salida Trafo. Potencia No 2	4	15 min.	X	X	
44	Condensador No.1	4	15 min.	X	X	X
45	Condensador No.2	4	15 min.	X	X	X
46	Condensador No.3	4	15 min.	X	X	X
47	Tablero Servicios Auxiliares	2	1 h	X	X	
48	Consola de Control	2	30 min.	X	X	X
49	Motor No.1	2	1 h 15 min.	X	X	X
50	Motor No.2	2	1 h 15 min.	X	X	X
51	Motor No.3	2	1 h 15 min.	X	X	X
52	Motor No.4	2	1 h 15 min.	X	X	X
53	Puente Grúa	2	1 h 15 min.	X	X	X
54	Trafo. Trifásico TR-A1	2	1 h	X	X	X
55	Trafo. Trifásico TR-A2	2	1 h	X	X	X
56	Trafo. Trifásico TR-1	2	3 h	X	X	X
57	Trafo. Trifásico TR-2	2	3 h	X	X	X

En la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá el sueldo promedio por hora es:

Técnico 1: \$ 4.252

Técnico 2: \$ 3.402

Técnico 3: \$ 2.771

Tiempo total trabajado por cada técnico durante el año en el mantenimiento de las dos estaciones (frecuencia x tiempo de duración del trabajo):

Técnico 1: 129 h 30 min

Técnico 2: 129 h 30 min

Técnico 3: 111 h 30 min

Costo del mantenimiento (tiempo trabajado x sueldo promedio hora):

Técnico 1: \$ 550634

Técnico 2: \$ 440559

Técnico 3: \$ 308967

Costo total del mantenimiento para las dos Estaciones: \$ 1.300.160

Pérdidas por hora de paro no programada de cada Estación:

$$\text{Columnas: } 1670 \frac{m^3}{h} \times 500 \frac{\$}{m^3} = \$ 835.000 \text{ por hora}$$

$$\text{San Vicente: } 1090 \frac{m^3}{h} \times 500 \frac{\$}{m^3} = \$ 545.000 \text{ por hora}$$

Total: \$ 1.380.000 por hora

Entonces, podemos apreciar que el costo del mantenimiento por año para las dos Estaciones (\$ 1.300.160 por año) es aproximadamente igual a la pérdida que se generaría por la parada de las dos estaciones en tan solo una hora (\$ 1.380.000 por hora), lo cual nos da una idea significativa de la reducción de gastos si se realiza el Mantenimiento Preventivo correctamente.

9.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

No requiere de ninguna programación, puesto que ésta la dan las máquinas en la medida en que se van dañando. Los repuestos utilizados suelen ser en grandes cantidades y altamente costosos por su inmediata necesidad.

Este tipo de mantenimiento, no requiere participación de la empresa y es el más difundido en la industria nacional.

9.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Emplea una programación de reparaciones continuas, basado en los conceptos de uso, tiempo e inspección visual. El manejo de la información mediante órdenes de trabajo y afines. Normalmente la disponibilidad de la maquinaria para efectuar reparaciones cuando está trabajando bien, se prolonga más tiempo del programado, tratando de aprovechar al máximo su vida útil; los repuestos utilizados son costosos, ya que por el simple hecho de desarmar, muchos deben ser reemplazados aunque se hallen en buen estado. Al armar la maquinaria, se estima en 20% los defectos que aparecen y no existían antes de la reparación.

Comparado con el anterior, sus costos se reducen en un 30%. Aquí ya se ve involucrada la dirección de la empresa.

9.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Este requiere participación activa de la dirección de la empresa. Depende de periódicos análisis durante el arranque, operación y parada de la maquinaria. Una adecuada planeación e implementación de este mantenimiento reduce los costos en más del 50%, comparado con el primero. Además reduce costos en otras áreas tales como stock de repuestos, control de calidad, etc., siendo por esto el más rentable de todos

10. CONCLUSIONES

Con la aplicación de un buen mantenimiento las máquinas se encontrarán en buen estado operacional y podrán seguir trabajando, lo cual minimizará tiempo y dinero desarmando máquinas que ya trabajan debidamente.

Mantenimiento no es un departamento aparte, sino un componente importante de las funciones de producción. Los costos de mantenimiento son costos de producción y se debe tratar de disminuirlos al máximo.

El estado general de los equipos eléctricos es bueno. Las características del diseño original, con la inclusión del sistema de consola de control y supervisión, lo habilitan para implementarle equipos de control con PLC y posteriormente un sistema SCADA para supervisión y mando remotos.

Los diferentes aspectos a considerar sobre modificaciones, adiciones e implementación de nuevas tecnologías, deberán tener en cuenta todos los aspectos operativos de la estación, así como integrar y relacionar los sistemas hidráulicos, mecánicos y eléctricos, de tal manera que se enfoquen hacia un conjunto congruente de equipos y sistemas, con mejores interfaces hombre – máquina y facilidades de supervisión y mando local y remoto, de acuerdo a un plan general operativo.

Aplicando el manual de mantenimiento se reducirá en un alto porcentaje el número de fallas en equipos electromecánicos.

La organización del mantenimiento es una labor de continua renovación y actualización, tanto en la parte administrativa como en la técnica.

Como efecto lógico, el stock de repuestos se puede disminuir al prolongarse la vida de los instalados, permitiendo que la Empresa modifique sus políticas de compras, especialmente las de importaciones, en razón a que los stocks actuales permitirían cubrir un mayor tiempo de consumo. A lo anterior debe agregarse, que al disminuir los almacenamientos, se está disminuyendo el riesgo por obsolescencia.

Si bien existen ya trabajos con metodología muy definidos sobre la materia, se puede demostrar que el mejor parámetro para la medición del costo de mantenimiento es el tiempo perdido. Esto permite señalar con cifras concretas cuál es la rentabilidad de cualquier programa de mantenimiento.

Este tipo de programas es sin lugar a dudas una gran herramienta para el mantenimiento rentable de la maquinaria, ya que permite observar las bondades de un mantenimiento que como el predictivo, disminuye las pérdidas de tiempo por paradas no programadas, baja de stock de repuestos, disminuye los costos de reparación, disminuye costos de energía, en síntesis estaríamos en la antesala de un mantenimiento productivo.

En el transcurso del trabajo se presentó el inconveniente de que los equipos no poseían una hoja de vida muy bien elaborada, lo cual dificultó la realización de los programas de mantenimiento, debido a la poca información. Utilizando el manual se espera que se lleve un control estricto de cada elemento, aplicando los formatos correspondientes para cada tarea.

Es muy importante concientizar y capacitar a todo el personal de mantenimiento para que trabajen en equipo y de esta manera generar sentido de responsabilidad y compromiso. Para reducir la probabilidad de imprevistos en la realización de sus labores.

En una Empresa es indispensable tener un manual de procedimientos donde se definan de una manera clara las normas para la ejecución de las diferentes actividades del sector de mantenimiento.

En la elaboración de este proyecto de grado, se dió la oportunidad de interactuar con personas relacionadas con la industria del sector eléctrico, las cuales fueron un gran apoyo por su alto grado de experiencia. Gracias a estas personas y a la investigación realizada se pudo establecer realmente la importancia y el valor que tiene el mantenimiento en la actualidad.

Después de terminado el proyecto de grado, se espera sea de gran ayuda para la Empresa y de buena acogida para ésta. Cualquier persona o empresa que requiera de este proyecto, lo puede aplicar como guía de mantenimiento de acuerdo a sus necesidades.

BIBLIOGRAFÍA

ARMANDO NIÑO, Jesús. Mantenimiento rentable de maquinaria. Bogotá: ECOPETROL Oleoductos, 1985. Pag 291-304.

BENITEZ HERNANDEZ, Luis Eduardo. Primer Congreso Nacional de Ingeniería, Gestión productiva en la tribología. Santafé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 1999. Pag 19-38, Pag 291-304.

CIENDÚA CIENDÚA, Armando. Cuartas jornadas nacionales sobre mantenimiento. Santafé de Bogotá: E.E.E.B, 1999. Pag 289

CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL. NFPA 70. USA, 1996.

FLORES DEL FIERRO, Heriberto. Estudio sobre las causas de los accidentes originados por la electricidad y su prevención. Brasil, 1981. Pag 2-10

FEDEMETAL. Manual de mantenimiento. Santafé de Bogotá: Divulgación tecnológica, 1991. Cap I, Pag 9-23.

GALLO MARTÍNEZ, Ernesto. Diagnostico y mantenimiento de transformadores en campo. Santafé de Bogotá: Transequipos LTDA, 1998.

H.H., Robertson Company. Mechanalysis. U.S.A. 1993. Cap I, Pag 1-22.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Condensadores de potencia. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1991. NTC 3422.

----- Condensadores de potencia para tensiones alternas. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1996. NTC 3421.

----- Cuero para calzado de trabajo y de seguridad. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1992. NTC 3440.

----- Electrotecnia. Accesorios para transformadores trifásicos. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1989. NTC 2622.

----- ----- Baterías primarias. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1995. NTC 1152.

----- ----- Campos de prueba para transformadores. Requisitos mínimos y clasificación. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1997. NTC 2743.

----- ----- Cargadores para batería. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1989. NTC 2588.

----- ----- Condensadores de potencia. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1990. NTC 2807.

----- ----- Ensayos mecánicos a transformadores de distribución. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1994. NTC 3609.

----- ----- Especificaciones para aceites minerales. Aislantes nuevos para transformadores, interruptores y equipos eléctricos. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1990. NTC 1465.

----- ----- Métodos de ensayo para determinar la presencia de agua en líquidos aislantes. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1991. NTC 2976.

----- ----- . Niveles de aislamiento y ensayos para transformadores. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1998. NTC 836.

----- ----- . Tableros eléctricos. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1996. NTC 3475.

----- . Especificaciones para aceites minerales. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1990. NTC 1465.

----- . Formatos. Papel. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1975. NTC 1001.

----- . Higiene y seguridad, cascos de seguridad industrial. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1993. NTC 1523.

----- . Higiene y seguridad, ropa protectora. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1992. NTC 3398.

----- . Máquinas eléctricas rotatorias. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1998. NTC 3984.

----- . Materiales aislantes en general. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1996. NTC 3328.

----- . Seguridad industrial, metodología para el análisis de tareas. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1997. NTC 4116.

----- . Tesis y otros trabajos de grado. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1996. NTC 1486.

----- . Transformadores. Certificado de pruebas para transformadores. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1996. NTC 1358.

----- ----- . Ensayos del dieléctrico. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1997. NTC 837.

----- ----- . Ensayos eléctricos. Generalidades. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1970. NTC 380.

----- ----- . Limites de calentamiento. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1976. NTC 801.

Manual de Manutencao. ALCOA. Brasiñ. 1996. Pag 1-20.

MARTÍNEZ CLEVES, William. Mantenimiento Predictivo: Universidad Industrial de Santander. Pag 1-9, 27-39.

Mechanical vibrations With Applications. New York: Ellis horwood limited 1995. Cap IV, Pag 53-80.

Mundo Eléctrico Colombiano, MEC # 29. 1997. Pag 4-6, 36-42, 51-53.

----- ----- . MEC # 31. 1998. Pag 87-90, 130-132.

----- ----- . MEC # 35. 1999. Pag 99-100.

RAMIREZ CASTAÑO, Samuel. Mantenimiento. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. 1985. Pag 12-33, 48-77.

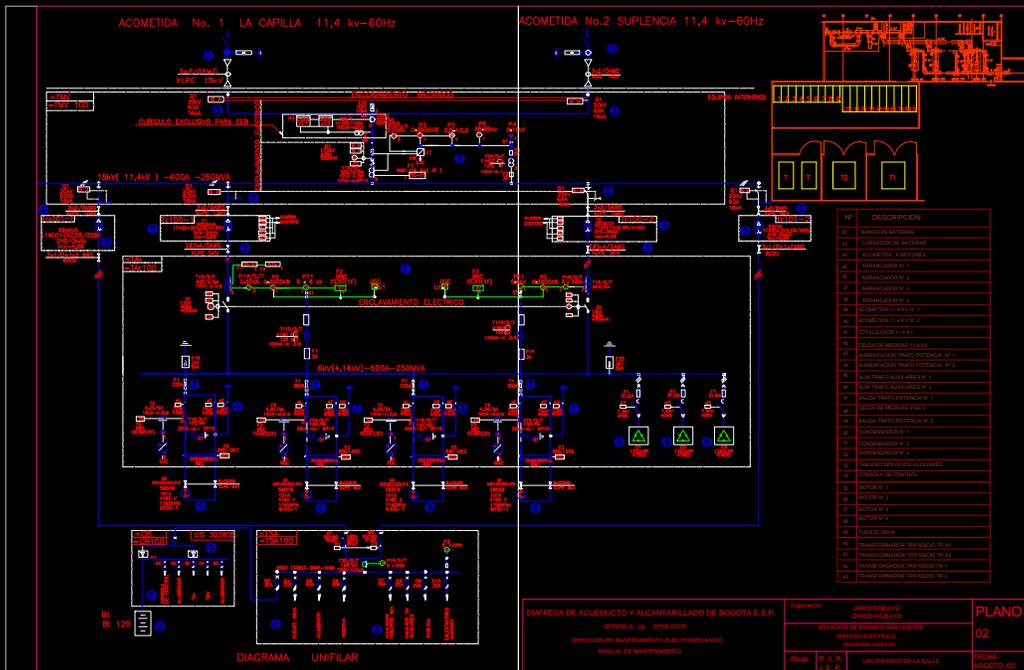
R.J. Lawrie. Biblioteca práctica de motores eléctricos. Madrid: Oceano, 1992. Pag 82

SMEATON, Robert W. Motores Eléctricos, selección, mantenimiento y reparación.
Mc Graw-Hill, 1991, Tomo 2 y 3. Cap 17, Pag 2-11.

SKF. Marlin. USA, 2000 CD ROM.

**ANEXO A. Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la Estación de Bombeo
Columnas**

**ANEXO B. Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la Estación de Bombeo
San Vicente**



IV	DESCRIPCION
01	BANCO DE BATERIAS
02	CONDENSADOR DE BATERIAS
03	CONDENSADOR DE BATERIAS
04	CONDENSADOR DE BATERIAS
05	CONDENSADOR DE BATERIAS
06	CONDENSADOR DE BATERIAS
07	CONDENSADOR DE BATERIAS
08	CONDENSADOR DE BATERIAS
09	CONDENSADOR DE BATERIAS
10	CONDENSADOR DE BATERIAS
11	CONDENSADOR DE BATERIAS
12	CONDENSADOR DE BATERIAS
13	CONDENSADOR DE BATERIAS
14	CONDENSADOR DE BATERIAS
15	CONDENSADOR DE BATERIAS
16	CONDENSADOR DE BATERIAS
17	CONDENSADOR DE BATERIAS
18	CONDENSADOR DE BATERIAS
19	CONDENSADOR DE BATERIAS
20	CONDENSADOR DE BATERIAS
21	CONDENSADOR DE BATERIAS
22	CONDENSADOR DE BATERIAS
23	CONDENSADOR DE BATERIAS
24	CONDENSADOR DE BATERIAS
25	CONDENSADOR DE BATERIAS
26	CONDENSADOR DE BATERIAS
27	CONDENSADOR DE BATERIAS
28	CONDENSADOR DE BATERIAS
29	CONDENSADOR DE BATERIAS
30	CONDENSADOR DE BATERIAS
31	CONDENSADOR DE BATERIAS
32	CONDENSADOR DE BATERIAS
33	CONDENSADOR DE BATERIAS
34	CONDENSADOR DE BATERIAS
35	CONDENSADOR DE BATERIAS
36	CONDENSADOR DE BATERIAS
37	CONDENSADOR DE BATERIAS
38	CONDENSADOR DE BATERIAS
39	CONDENSADOR DE BATERIAS
40	CONDENSADOR DE BATERIAS
41	CONDENSADOR DE BATERIAS
42	CONDENSADOR DE BATERIAS
43	CONDENSADOR DE BATERIAS
44	CONDENSADOR DE BATERIAS
45	CONDENSADOR DE BATERIAS
46	CONDENSADOR DE BATERIAS
47	CONDENSADOR DE BATERIAS
48	CONDENSADOR DE BATERIAS
49	CONDENSADOR DE BATERIAS
50	CONDENSADOR DE BATERIAS

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTA E.S.P.
 GERENCIA DE OPERACION
 DIRECCION DE MANTENIMIENTO ELCTROMECANICO
 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Proyectista: JAVIER ROJAS
 ESTACION DE BOMBEO SERVIENTE
 SISTEMA SATELITARIO
 DISEÑADA UNIFILAR
 dibuj: D. & R.
 UNIVERSIDAD DE LA SALLE

PLANO
 02
 FECHA:
 AGOSTO 00

**ANEXO C. Formato mantenimiento preventivo.
Cargador y banco de baterías**

ESTACIÓN: _____ EQUIPO: _____
FECHA DE INICIACIÓN: _____ TERMINACIÓN: _____

ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	
1. Limpieza general		
2. Medir nivel electrolito		
3. Verificar densidad electrolito		
4. Engrasar tapas y bornes		
5. Probar conexiones flexibles		
6. Revisión de carga		
TRABAJOS A PROGRAMAR		

TRABAJO REALIZADO POR: _____

MATERIALES Y REPUESTOS UTILIZADOS	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	UNIDAD

TIEMPO EMPLEADO: _____ Vo Bo _____

**ANEXO D. Formato mantenimiento preventivo.
Acometidas, tableros servicios auxiliares, consola de control,
celdas de medidas, condensadores.**

ESTACIÓN: _____
FECHA DE INICIACIÓN: _____

EQUIPO: _____
TERMINACIÓN: _____

ACTIVIDAD					
1. Medir temperatura					
2. Limpieza general					
3. ajuste tornillos					
4. Pruebas de cargas					
5. Estado fusibles					
6. Estado aisladores					
7. Estado protección principal					
8. control de medición					
9. medición corriente fase					
10. ajustar conexiones					
11. limpiar borneras					
OBSERVACIONES					

TRABAJO REALIZADO POR: _____

MATERIALES Y REPUESTOS UTILIZADOS	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	UNIDAD

TIEMPO EMPLEADO: _____

Vo Bo _____

**ANEXO E. Formato mantenimiento preventivo.
Arrancadores y motores**

ESTACIÓN: _____ **EQUIPO:** _____
FECHA DE INICIACIÓN: _____ **TERMINACIÓN:** _____

ACTIVIDAD	BCO.COND	UNIDAD 1	UNIDAD 2	UNIDAD 3	UNIDAD 4	UNIDAD 5	UNIDAD 6
1. Verificación instrumentos							
2. Lectura Voltímetros							
3. Lectura Amperímetros							
4. Lectura Horometros							
5. Estado Protección Principal							
6. Estado Contadores							
7. Estado Relé Bimetalico							
8. Estado Relé Temporizado							
9. Estado Relés Auxiliares							
10. Limpieza de contactos							
11. Estado de conexiones							
12. Ajuste de conexiones							
13. Tiempo de cambio Y-D							
14. Ajuste Tiempo Cambio Y-D							
15. Número Interno Motor							
16. Tiempo de Operación							
17. Temp. Rodam. Delantero							
18. Temp. Rodam. Trasero							
19. Temperatura Devanados							
20. Lubricación							
21. Ruidos Extraños Rodam.							
22. Medida de Vibración							
23. Estado Limpieza Motor							
24. Limpieza Motor							
25. Alineamiento y Estado Base							
OBSERVACIONES							

TRABAJO REALIZADO POR: _____

MATERIALES Y REPUESTOS UTILIZADOS	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	UNIDAD

TIEMPO EMPLEADO: _____

Vo Bo _____

**ANEXO F. Formato mantenimiento preventivo.
medida de aislamiento a motores**

ESTACIÓN: _____ **EQUIPO:** _____
FECHA DE INICIACIÓN: _____ **TERMINACIÓN:** _____

ACTIVIDAD	UNIDAD 1	UNIDAD 2	UNIDAD 3	UNIDAD 4	UNIDAD 5	UNIDAD 6
U - V MEGGER A VOLTIOS	1 MIN					
	2 MIN					
	3 MIN					
	4 MIN					
	5 MIN					
	6 MIN					
	7 MIN					
	8 MIN					
	9 MIN					
	10 MIN					
U-W MEGGER A VOLTIOS	1 MIN					
	2 MIN					
	3 MIN					
	4 MIN					
	5 MIN					
	6 MIN					
	7 MIN					
	8 MIN					
	9 MIN					
	10 MIN					
V-W MEGGER A VOLTIOS	1 MIN					
	2 MIN					
	3 MIN					
	4 MIN					
	5 MIN					
	6 MIN					
	7 MIN					
	8 MIN					
	9 MIN					
	10 MIN					
U - T MEGGER A VOLTIOS	1 MIN					
	2 MIN					
	3 MIN					
	4 MIN					
	5 MIN					
	6 MIN					
	7 MIN					
	8 MIN					
	9 MIN					
	10 MIN					
V - T MEGGER A VOLTIOS	1 MIN					
	2 MIN					
	3 MIN					
	4 MIN					
	5 MIN					
	6 MIN					
	7 MIN					
	8 MIN					
	9 MIN					
	10 MIN					

W-T MEGGER A VOLTIOS	1 MIN						
	2 MIN						
	3 MIN						
	4 MIN						
	5 MIN						
	6 MIN						
	7 MIN						
	8 MIN						
	9 MIN						
	10 MIN						

OBSERVACIONES	

TRABAJO REALIZADO POR: _____

MATERIALES Y REPUESTOS UTILIZADOS	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	UNIDAD

TIEMPO EMPLEADO: _____ Vo Bo _____

**ANEXO G. Formato mantenimiento preventivo.
Transformadores, interruptores**

ESTACIÓN: _____ **EQUIPO:** _____
FECHA DE INICIACIÓN: _____ **TERMINACIÓN:** _____

ACTIVIDADES				
1. Limpieza General				
2. Verificar Indicadores de Nivel				
3. Verificar Indicadores Sobrepresión				
4. Pruebas Aceite				
5. Estado Ventiladores				
6. Hermeticidad Tanque				
7. Revisar Radiadores y Válvulas				
8. Pruebas Eléctricas				
9. Revisar Conexiones				
10. Ajustes Borneras				
11. Estado Silica-gel				
12. Lectura Voltaje				
13. Lectura Corrientes				
14. Lectura Termómetro				
15. Revisión Porcelanas				
16. Revisión Fusible y Portafusible				
17. Verificar Seccionadores				
OBSERVACIONES				

TRABAJO REALIZADO POR: _____

MATERIALES Y REPUESTOS UTILIZADOS	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	UNIDAD

TIEMPO EMPLEADO: _____ **Vo Bo** _____

ANEXO I. Registro mantenimiento correctivo

Registro Mantenimiento Correctivo

Estación: _____ Es parada: Si No
 Equipo: _____
 Tarea efectuada: _____

Falla

- 01- Falta de controles y señales
- 02- Baja velocidad
- 03- No arranca
- 04- Rotura de piezas
- 05- Partes sueltas
- 06- Falta en mecanismos / sistemas
- 07- Fuga
- 08- Falta de herramienta o parte
- 09- Ruido extraño

Motivo de falla (QUE?)

- 01- Contaminación/suciedad
- 02- Montaje inadecuado
- 03- Corrosión
- 04- Desalineamiento / desincronización
- 06- Desgaste
- 07- Descalibración regulación defectuosa
- 08- Fatiga
- 09- Circuito abierto
- 10- Otro motivo. Especifique
- 11- Lubricación inadecuada
- 12- Mal contacto
- 13- Motor dañado
- 14- Obstrucción
- 15- Variación de voltaje/ corriente
- 16- Mal sello
- 17- Sobrecarga eléctrica
- 18- Sobrecarga mecánica
- 19- Agrietamiento

Causa de parada (POR QUE?)

- 01- Mano de obra: Mala operación
- 02- Máquina: Diseño o proyecto defectuoso
- 03- Máquina : Mantenimiento defectuoso
- 04- Máquina: Repuesto defectuoso
- 05- materiales (o insumo) : Dañado, contaminado
- 06- materiales (o insumo) : Uso incorrecto
- 07- métodos (o procedimientos) : inadecuados

Taller Mecánica Eléctrica

Inicio de parada: __/__/__ __:__:__ Inicio de arreglo: __/__/__ __:__:__
 Fin de arreglo : __/__/__ __:__:__ Fin parada: __/__/__ __:__:__

Observaciones: _____

Recursos utilizados

Código	Nombre	Hrs. Trab.	Régimen

Código	Nombre	Hrs. Trab.	Régimen

Repuestos usados

Cant.	Cód.	Desc. Resumida

Cant.	Cód.	Desc. Resumida

**ANEXO J. Formato de inspección.
Cargador y banco de baterías**

ESTACIÓN: _____ EQUIPO: _____
 FECHA DE INICIACIÓN: _____ TERMINACIÓN: _____

ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	
1. Limpieza general		
2. Medir nivel electrolito		
3. Probar conexiones flexibles		
4. Revisión de carga		
TRABAJOS A PROGRAMAR		

TRABAJO REALIZADO POR: _____

MATERIALES Y REPUESTOS UTILIZADOS	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	UNIDAD

TIEMPO EMPLEADO: _____ Vo Bo _____

**ANEXO K. Formato de inspección.
Acometidas, tableros servicios auxiliares, consola de control,
celdas de medidas, condensadores.**

ESTACIÓN: _____
FECHA DE INICIACIÓN: _____

EQUIPO: _____
TERMINACIÓN: _____

ACTIVIDAD					
1. Medir temperatura					
2. Limpieza general					
3. Estado fusibles					
4. Estado aisladores					
5. Estado protección principal					
6. control de medición					
7. medición corriente fase					
OBSERVACIONES					

TRABAJO REALIZADO POR: _____

MATERIALES Y REPUESTOS UTILIZADOS	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	UNIDAD

TIEMPO EMPLEADO: _____

Vo Bo _____

**ANEXO L. Formato de inspección.
Arrancadores y motores**

ESTACIÓN: _____ **EQUIPO:** _____
FECHA DE INICIACIÓN: _____ **TERMINACIÓN:** _____

ACTIVIDAD	BCO.COND	UNIDAD 1	UNIDAD 2	UNIDAD 3	UNIDAD 4	UNIDAD 5	UNIDAD 6
1. Verificación instrumentos							
2. Lectura Voltímetros							
3. Lectura Amperímetros							
4. Estado Protección Principal							
5. Estado Contadores							
6. Estado Relé Bimetalico							
7. Estado Relé Temporizado							
8. Estado Relés Auxiliares							
9. Estado de conexiones							
10. Ajuste de conexiones							
11. Tiempo de Operación							
12. Temp. Rodam. Delantero							
13. Temp. Rodam. Trasero							
14. Temperatura Devanados							
15. Ruidos Extraños Rodam.							
16. Estado Limpieza Motor							
17. Alineamiento y Estado Base							
OBSERVACIONES							

TRABAJO REALIZADO POR: _____

MATERIALES Y REPUESTOS UTILIZADOS	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	UNIDAD

TIEMPO EMPLEADO: _____

Vo Bo _____

**ANEXO M. Formato de inspección.
Transformadores, interruptores**

ESTACIÓN: _____ **EQUIPO:** _____
FECHA DE INICIACIÓN: _____ **TERMINACIÓN:** _____

ACTIVIDADES				
1. Limpieza General				
2. Verificar Indicadores de Nivel				
3. Verificar Indicadores Sobrepresión				
4. Hermeticidad Tanque				
5. Revisar Radiadores y Válvulas				
6. Revisar Conexiones				
7. Estado Silica-gel				
8. Lectura Voltaje				
9. Lectura Corrientes				
10. Lectura Termómetro				
11. Revisión Porcelanas				
12. Revisión Fusible y Portafusible				
13. Verificar Seccionadores				
OBSERVACIONES				

TRABAJO REALIZADO POR: _____

MATERIALES Y REPUESTOS UTILIZADOS	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	UNIDAD

TIEMPO EMPLEADO: _____ **Vo Bo** _____