

1-1-2001

Manual de procedimientos para la construcción, montaje electromecánico, pruebas y puesta en servicio de una subestación de 115/11.4 kv

Ingrid Paola Arango Bueno
Universidad de La Salle, Bogotá

Diego Fernán Llanos Cortés
Universidad de La Salle, Bogotá

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

Citación recomendada

Arango Bueno, I. P., & Llanos Cortés, D. F. (2001). Manual de procedimientos para la construcción, montaje electromecánico, pruebas y puesta en servicio de una subestación de 115/11.4 kv. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/411

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 PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN, MONTAJE
ELECTROMECAÁNICO, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE UNA
SUBESTACIÓN DE 115/11,4 kV.**

**INGRID PAOLA ARANGO BUENO
DIEGO FERNÁN LLANOS CORTES**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
BOGOTÁ, D.C.
2001**

**MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN, MONTAJE
ELECTROMECAÁNICO, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE UNA
SUBESTACIÓN DE 115/11,4 KV.**

**INGRID PAOLA ARANGO BUENO
DIEGO FERNÁN LLANOS CORTÉS**

**Tesis para optar al título de
Ingenieros Electricistas**

**Director
CESAR AUGUSTO RINCÓN ALVAREZ
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
BOGOTÁ, D.C.
2001**

NOTA ACLARATORIA

Las ideas, recomendaciones y conclusiones expresadas en este documento son reflejo de las opiniones de los autores, en lo que al tema se refiere; por lo tanto, la Universidad de la Salle, el asesor y el jurado calificador no son responsables por éstas.

Nota de aceptación

Director Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Bogotá, 6 de Septiembre de 2001.

A Dios, a nuestros padres, profesores y amigos, por su apoyo y colaboración; y en especial a nuestras hijas por ser el incentivo de nuestras vidas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La Universidad De La Salle.

Dr. Hernán Carvajal Osorio, Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de La Universidad De La Salle.

Martín Garrido Madrid, Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de La Universidad De La Salle.

Cesar Rincón Alvarez, Ingeniero Electricista, Jefe del Departamento de Control y Protecciones de Codensa S.A. E.S.P. y Director de la investigación, por sus valiosas orientaciones.

Ramiro Rueda Bueno, Ingeniero Eléctrico, Jefe de la División Planificación de la Red de Codensa S.A. E.S.P.

Armando Antonio Ciendúa Ciendúa, Ingeniero Electricista, Jefe de División Mantenimiento de Líneas y Subestaciones de Codensa S.A. E.S.P.

Y, a todas aquellas personas, que de una u otra manera, colaboraron en la realización del siguiente proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

		Pág.
	INTRODUCCIÓN.....	1
1	ASPECTOS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE..... SUBESTACIONES DE ALTA TENSION	4
1.1	ORGANIZACIÓN DE LA OBRA: PLANIFICACIÓN	5
1.2	FASES DE LA CONSTRUCCIÓN	6
1.3	OBSERVACIONES SOBRE LOS PLANOS.....	7
1.4	SEGURIDAD DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.....	8
2	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	10
2.1	ESTUDIOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS.....	11
2.1.1	Objetivo.....	11
2.1.2	Justificación.....	11
2.1.3	Descripción y dimensionamiento.....	11
2.1.4	Acciones.....	12
2.2	MANTENIMIENTO DE LAS VÍAS DE ACCESO.....	12
2.2.1	Objetivo.....	12
2.2.2	Justificación.....	13
2.2.3	Localización.....	13
2.2.4	Acciones.....	13
2.3	TRANSPORTE Y MANEJO DE EQUIPOS Y MATERIALES.....	14
2.3.1	Objetivo.	14
2.3.2	Justificación.	14

2.3.3	Localización.	15
2.3.4	Acciones.....	15
2.4	SEÑALIZACIÓN.....	16
2.4.1	Objetivo.	16
2.4.2	Justificación.	16
2.4.3	Localización.	16
2.4.4	Descripción y dimensionamiento.	17
2.5	INSTALACIONES TEMPORALES.....	18
2.5.1	Objetivo.	18
2.5.2	Justificación.	18
2.5.3	Descripción y dimensionamiento.	18
2.5.4	Acciones.....	19
2.6	MANEJO DE RESIDUOS LÍQUIDOS.....	20
2.6.1	Objetivo.....	20
2.6.2	Justificación.....	20
2.6.3	Localización y descripción.....	20
2.6.4	Acciones a desarrollar.....	21
2.7	FUENTES DE MATERIALES.....	22
2.7.1	Objetivo.....	22
2.7.2	Justificación.....	22
2.8	SUMINISTRO DE AGUA.....	22
2.8.1	Objetivo.....	22
2.8.2	Justificación.....	22
2.8.3	Descripción y dimensionamiento.....	23
2.8.4	Acciones a desarrollar.....	23
2.9	ACTIVIDADES DE ADECUACIÓN DEL SITIO.....	23
2.9.1	Objetivo.....	23
2.9.2	Justificación.....	24
2.9.3	Descripción y dimensionamiento.....	24
2.9.4	Acciones a ejecutar.....	25

2.10	APROVECHAMIENTO DEL RECURSO FORESTAL Y DISPOSICIÓN DE BIOMASA REMOVIDA	26
2.10.1	Objetivo.....	26
2.10.2	Justificación.....	26
2.10.3	Localización.....	26
2.10.4	Actividades.....	27
2.11	PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE INDIVIDUOS ARBÓREOS.....	28
2.11.1	Objetivo.....	28
2.11.2	Justificación.	28
2.11.3	Localización.	28
2.11.4	Actividades.....	28
2.12	MANEJO DE EXCAVACIONES Y RELLENOS.....	30
2.12.1	Objetivo.	30
2.12.2	Justificación.	30
2.12.3	Localización y dimensionamiento.	30
2.12.4	Acciones a ejecutar.	31
2.13	MANEJO Y DISPOSICIÓN DE MATERIALES ESTÉRILES.....	34
2.13.1	Objetivo.....	34
2.13.2	Justificación.....	34
2.13.3	Descripción y dimensionamiento.....	34
2.13.4	Acciones.....	34
2.14	MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	35
2.14.1	Objetivo.....	35
2.14.2	Justificación.....	35
2.14.3	Descripción y dimensionamiento general.....	36
2.14.4	Acciones a desarrollar.....	37
2.15	MANEJO DE RESIDUOS LÍQUIDOS.....	39
2.15.1	Objetivo.....	39
2.15.2	Justificación.....	40
2.15.3	Acciones.....	40

2.16	DESMONTE Y RETIRO DE INSTALACIONES PROVISIONALES.....	42
2.16.1	Objetivo.....	42
2.16.2	Justificación.....	42
2.16.3	Responsabilidad de la ejecución.....	42
2.16.4	Acciones a ejecutar.....	43
2.17	PROGRAMA DE MANEJO PAISAJÍSTICO.....	43
2.17.1	Objetivo.	43
2.17.2	Justificación.	44
2.17.3	Acciones.	44
2.18	PAUTAS METODOLÓGICAS.....	45
2.18.1	Selección del material vegetal.....	45
2.18.2	Siembra del material vegetal.....	45
2.18.3	Especies Recomendadas.....	47
2.19	PLAN DE GESTIÓN SOCIAL.....	47
2.19.1	Campañas Informativas durante la fase de construcción.	48
2.20	PROYECTO DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL A CONSTRUCTORES Y TRABAJADORES	48
2.20.1	Introducción.....	48
2.20.2	Objetivo.....	49
2.20.3	Actividades.....	49
2.20.4	Resultados esperados.....	49
2.21	PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO.....	50
2.21.1	Introducción.....	50
2.21.2	Objetivo.....	50
2.21.3	Actividades.....	50
2.22	PLAN DE CONTINGENCIA.....	51
2.22.1	Fallas mecánicas.....	51
2.22.2	Caída de trabajadores, herramientas o herrajes.	51

2.23	PLANES DE ACCIÓN.....	52
2.24	PROCEDIMIENTOS PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS PARTICULARES.	53
2.24.1	Caída de un operario.....	53
2.24.2	Electrocución.....	54
3	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	55
	CIVIL	
3.1	OBRAS PRELIMINARES.....	55
3.1.1	Localización y replanteo.....	55
3.1.2	Desmante y limpieza inicial.....	56
3.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	57
3.2.1	Descapote.....	58
3.2.2	Excavaciones.....	59
3.2.3	Rellenos y terraplenes - disposiciones generales.....	62
3.2.4	Clasificación de los materiales de relleno.....	64
3.2.5	Mantos permeables (Geotextil).....	66
3.3	CONCRETOS.....	67
3.3.1	Estipulaciones generales.....	68
3.3.2	Materiales.....	72
3.3.3	Construcción y colocación de formaletas.....	78
3.3.4	Juntas en el concreto.....	78
3.3.5	Acabados.....	79
3.3.6	Mezcla del concreto.....	81
3.3.7	Colocación del concreto.....	82
3.3.8	Reparación del concreto deteriorado o defectuoso.....	85
3.4	ACERO DE REFUERZO.....	86
3.4.1	Suministro de materiales.....	86
3.4.2	Ejecución del trabajo.....	87
3.5	ACERO MISCELANEO.....	89
3.5.1	Normas y control de calidad de los materiales.....	89

3.5.2	Protección y pinturas.....	91
3.5.3	Instalación.....	91
3.5.4	Otros elementos misceláneos.....	91
3.5.5	Corte e Instalación de rieles.....	92
3.6	OBRAS DE PATIO Y EXTERIORES.....	93
3.6.1	Cimentaciones.....	94
3.6.2	Canalizaciones eléctricas.....	95
3.6.3	Cerramientos.....	98
3.6.4	Limpieza general y remoción de escombros.....	100
3.7	PISOS Y PAVIMENTOS.....	100
3.7.1	Preparación del terreno.....	101
3.7.2	Pavimentos en concreto.....	102
3.7.3	Vías interiores.....	102
3.7.4	Andenes.....	103
3.7.5	Sardineles en concreto.....	103
3.7.6	Empradización.....	104
3.7.7	Cunetas en concreto.....	104
3.7.8	Piso en grava para patio de equipos.....	104
3.8	DRENAJES Y DESAGÜES.....	105
3.8.1	Tuberías.	105
3.8.2	Sumideros, pozos y cajas de inspección.	106
3.8.3	Tanque para drenaje de aceites.	107
3.8.4	Cunetas revestidas.....	107
3.8.5	Tuberías de drenaje.....	107
3.9	EDIFICACIONES - ACABADOS ARQUITECTÓNICOS.....	108
3.9.1	Mampostería.....	109
3.9.2	Pañetes.....	112
3.9.3	Pisos.....	113
3.9.4	Cubierta en elementos de asbesto cemento.....	116
3.9.5	Impermeabilización.....	117
3.9.6	Enchapados de muros.	117
3.9.7	Pinturas.....	118

3.9.8	Cielos rasos.....	120
3.10	CARPINTERIA METÁLICA Y DE MADERA.....	122
3.10.1	Normas generales para materiales.....	123
3.10.2	Puertas y elementos en aluminio.....	125
3.10.3	Puerta metálica enrollable.....	126
3.10.4	Marcos en lamina y hojas en madera.	127
3.10.5	Pintura.....	127
3.11	INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS.....	128
3.11.1	Tuberías.....	128
3.11.2	Aparatos sanitarios.....	130
3.11.3	Acometida del acueducto.....	131
4	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA EL MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	132
4.1	MATERIALES.....	132
4.1.1	Perforaciones	133
4.1.2	Tolerancias.... ..	134
4.1.3	Uniones..... ..	135
4.1.4	Galvanización	137
4.1.5	Pintura..... ..	138
4.1.6	Marcas..... ..	139
4.2	ESPECIFICACIONES DE MONTAJE.....	140
4.2.1	Almacenamiento y manejo de las estructuras.....	141
4.2.2	Métodos de montaje.....	141
5	DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	144
5.1	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO.....	144
5.1.1	Procedimientos generales.....	144
5.1.2	Equipo misceláneo.....	147

5.2	INSTALACIÓN DE BARRAJES.....	150
5.3	CABLES Y AISLADORES.....	151
5.4	SERVICIOS AUXILIARES.....	152
5.5	EQUIPO DE ALTA TENSIÓN.....	153
5.6	EQUIPO PROTECCIÓN, CONTROL Y TELECOMUNICACIONES.....	155
5.7	CABLEADO Y CONEXIONADO.....	156
5.8	MONTAJE DE EQUIPOS DE PATIO.....	158
5.8.1	Interruptores de potencia.....	160
5.8.2	Seccionadores.....	161
5.8.3	Transformadores de corriente.....	162
5.8.4	Transformadores de potencial.....	163
5.8.5	Pararrayos y trampas de onda.....	163
5.8.6	Gabinetes de equipos y gabinetes concentradores de patio.....	163
5.9	EQUIPOS EN CASA DE CONTROL.....	163
5.10	PREVENCIONES CONTRA EL FUEGO.....	164
6	PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	165
6.1	SEGURIDAD.....	165
6.2	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA	167
6.2.1	Modificación del procedimiento.....	168
6.2.2	Resistencia de aislamiento de bujes.....	168
6.2.3	Operación relé Bucholz.....	168
6.2.4	Operación de termómetros.....	168
6.2.5	Operación manual del relé Bucholz.....	169
6.2.6	Operación del nivel de aceite.....	169

6.2.7	Operación de válvulas de sobre-presión.....	169
6.2.8	Resistencia de aislamiento en gabinetes.....	169
6.2.9	Rigidez dieléctrica del aceite.....	170
6.2.10	Polaridad de devanados.....	170
6.2.11	Resistencia del aislamiento.....	1171
6.2.12	Resistencia de devanados.....	171
6.2.13	Relación de transformación.....	172
6.2.14	Grupo Vectorial.....	172
6.2.15	Tensión aplicada en devanados.....	173
6.2.16	Factor de potencia.....	173
6.2.17	Impedancia de vacío con baja tensión.....	173
6.2.18	Impedancia de cortocircuito.....	175
6.2.19	Corrientes en los relés de protección.....	176
6.2.20	Corriente en regulador de tensión.....	177
6.2.21	Corriente en relé de imagen térmica.....	177
6.2.22	Impedancia de secuencia cero.....	178
6.2.23	Estanqueidad.....	179
6.2.24	Nivel de aceite y temperatura.....	179
6.2.25	Aterrizaje neutros y tanque.....	179
6.2.26	Válvulas.....	180
6.2.27	Purga de aire.....	180
6.2.28	Pintura y limpieza.....	181
6.2.29	Impedancia de vacío con alta tensión.....	181
6.2.30	Transformadores de corriente incorporados.....	181
6.2.31	Secuencia de fases.....	183
6.2.32	Firmeza de conexiones.....	185
6.2.33	Control de tomas.....	185
6.2.34	Control de ventiladores.....	189
6.2.35	Disparos y alarmas.....	190
6.3	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE INTERRUPTORES DE POTENCIA. DE TENSIÓN MAYOR A 33 KV	191
6.3.1	Alcance.....	191
6.3.2	Modificación del procedimiento.....	191
6.3.3	Operación del presóstato de SF6.....	192
6.3.4	Resistencia del aislamiento.....	192

6.3.5	Tensión aplicada.....	193
6.3.6	Resistencia de contactos y conectores.....	194
6.3.7	Resistencia de bobinas.....	195
6.3.8	Tiempo de apertura del interruptor.....	195
6.3.9	Tiempo de cierre.....	196
6.3.10	Tensión mínima de operación de la bobina de cierre.....	197
6.3.11	Tensión mínima de operación de la bobina de disparo.....	197
6.3.12	Indicador de posición.....	197
6.3.13	Contador de operaciones.....	198
6.3.14	Presión de Nitrógeno.....	198
6.3.15	Nivel de aceite.....	198
6.3.16	Estanqueidad del dieléctrico.....	198
6.3.17	Estanqueidad del mando (Solo para mandos neumáticos o hidráulicos).....	198
6.3.18	Presóstatos de mando.....	199
6.3.19	Verificación de bloqueos.....	199
6.3.20	Mando local.....	199
6.3.21	Mando remoto.....	200
6.3.22	Mando desde RTU.....	200
6.3.23	Señales de posición.....	200
6.3.24	Aterrizaje.....	200
6.3.25	Protección de motor y de circuitos.....	200
6.3.26	Alarmas.....	200
6.3.27	Pintura y limpieza.....	201
6.3.28	Conexiones según diseño.....	201
6.3.29	Lubricación.....	201
6.3.30	Calidad del dieléctrico.....	201
6.3.31	Pruebas adicionales.....	202
6.4	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE SECCIONADORES DE TENSIÓN .. MAYOR A 33 KV	202
6.4.1	Alcance.....	202
6.4.2	Modificación del procedimiento.....	202
6.4.3	Resistencia de aislamiento.....	203
6.4.4	Funcionamiento.....	203
6.4.5	Resistencia de contactos y conectores.....	204
6.4.6	Resistencia de dispositivos en enclavamiento.....	204

6.4.7	Prueba de dispositivos de enclavamiento.....	204
6.4.8	Mando local.....	204
6.4.9	Mando remoto.....	205
6.4.10	Mando desde RTU.....	205
6.4.11	Señal de posición.....	205
6.4.12	Aterrizaje.....	205
6.4.13	Tiempo de apertura.....	205
6.4.14	Tiempo de cierre.....	206
6.4.15	Conexiones según diseño.....	206
6.4.16	Lubricación.....	206
6.4.17	Pruebas adicionales.....	206
6.5	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DE TENSIÓN MAYOR A 33 KV	207
6.5.1	Alcance.....	207
6.5.2	Modificación del procedimiento.....	207
6.5.3	Orientación de terminales.....	207
6.5.4	Medio aislante.....	208
6.5.5	Resistencia de aislamiento.....	208
6.5.6	Tensión aplicada.....	209
6.5.7	Polaridad.....	209
6.5.8	Resistencia de devanados.....	209
6.5.9	Curva de excitación.....	210
6.5.10	Aterrizaje principal.....	210
6.5.11	Aterrizaje del gabinete.....	211
6.5.12	Conexiones según diseño.....	211
6.5.13	Aterrizaje de secundario.....	211
6.5.14	Relación de transformación.....	211
6.5.15	Circuitos cerrados.....	212
6.5.16	Impedancia en circuito secundario.....	212
6.5.17	Correspondencia de fases.....	215
6.5.18	Resistencia de las conexiones primarias.....	216
6.5.19	Estanqueidad.....	216
6.5.20	Pruebas adicionales.....	216

6.6	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE TENSIÓN DE VOLTAJE MAYOR A 17,5 KV	217
6.6.1	Alcance.....	217
6.6.2	Modificación del procedimiento.....	217
6.6.3	Medio aislante.....	217
6.6.4	Resistencia de aislamiento.....	218
6.6.5	Tensión aplicada.....	218
6.6.6	Polaridad.....	218
6.6.7	Aterrizaje principal.....	219
6.6.8	Firmeza de conexiones y terminales.....	219
6.6.9	Conexiones según diseño.....	219
6.6.10	Aterrizaje de secundarios.....	219
6.6.11	Relación de transformación.....	219
6.6.12	Devanados sin cortocircuito.....	220
6.6.13	Correspondencia de fases.....	220
6.6.14	Estanqueidad.....	221
6.6.15	Pruebas adicionales.....	221
6.7	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE TENSIÓN CAPACITIVOS DE VOLTAJE MAYOR A 33 kV	221
6.7.1	Alcance.....	221
6.7.2	Modificación del procedimiento.....	221
6.7.3	Nivel de aceite.....	222
6.7.4	Resistencia de aislamiento.....	222
6.7.5	Tensión aplicada.....	222
6.7.6	Polaridad.....	222
6.7.7	Capacidad y reactancia capacitiva.....	223
6.8	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE TRAMPAS DE ONDA.....	223
6.8.1	Alcance.....	223
6.8.2	Modificación del procedimiento.....	224
6.8.3	Revisión general.....	224
6.8.4	Impedancia de la trampa con 60 Hz.....	224
6.8.5	Impedancia de conexiones.....	225
6.9	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO TABLEROS DE CONTROL, MEDIDA Y PROTECCIÓN	226
6.9.1	Alcance.....	226

6.9.2	Modificación del procedimiento.....	226
6.9.3	Aislamiento del cableado de control.....	226
6.9.4	Verificación de las características de las protecciones.....	227
6.9.5	Verificación de instrumentos.....	230
6.9.6	Impedancia en circuitos y conductores de alimentación.....	231
6.9.7	Relés auxiliares con tensión reducida.....	231
6.9.8	Operación total de protecciones.....	232
6.9.9	Señales para los instrumentos de medida.....	244
6.9.10	Inyección primaria de corriente.....	244
6.9.11	Correspondencia de fases.....	248
6.9.12	Consumo.....	248
6.9.13	Protección de circuitos.....	248
6.9.14	Iluminación.....	248
6.9.15	Calefacción.....	249
6.9.16	Tomacorrientes.....	249
6.9.17	Aterrizaje del gabinete.....	249
6.9.18	Firmeza de conexiones.....	249
6.9.19	Terminales.....	249
6.9.20	Marquillas.....	249
6.9.21	Aislamientos de cables.....	250
6.9.22	Aterrizaje de pantallas.....	250
6.9.23	Conexiones según diseño.....	250
6.9.24	Amarre de cables.....	250
6.9.25	Placas de identificación.....	250
6.9.26	Lógica funcional.....	251
6.9.27	Selectores y pulsadores.....	252
6.9.28	Lámparas e indicadores.....	252
6.9.29	Anunciadores de alarma.....	252
6.9.30	Limpieza y pintura.....	252
6.9.31	Ajustes.....	252
6.10	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE CELDAS DE MEDIA TENSION.....	253
6.10.1	Alcance.....	253
6.10.2	Tensión aplicada.....	253
6.10.3	Resistencia de aislamiento.....	254
6.10.4	Resistencia del circuito de media tensión.....	254

6.10.5	Interruptores.....	254
6.10.6	Transformadores de corriente.....	257
6.10.7	Transformadores de tensión.....	257
6.10.8	Resistencia de aislamiento de pararrayos.....	258
6.10.9	Verificación de características de protección.....	258
6.10.10	Operación total de protecciones.	258
6.10.11	Consumo normal.	260
6.10.12	Continuidad del piso.	260
6.10.13	Pruebas adicionales.....	260
6.11	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE CARGADORES DE BATERÍAS.....	261
6.11.1	Alcance.....	261
6.11.2	Generalidades.....	261
6.11.3	Resistencia de aislamiento.....	261
6.11.4	Ajuste de tensión.....	262
6.11.5	Prueba en vacío.....	263
6.11.6	Tensión de ondulación.....	263
6.11.7	Alarmas.....	263
6.11.8	Ventilación.....	263
6.11.9	Conexiones según diseño.....	264
6.11.10	Control automático.....	264
6.11.11	Limpieza y pintura.....	264
6.11.12	Pruebas adicionales.....	265
6.12	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE BANCOS DE BATERÍAS.....	265
6.12.1	Alcance.....	265
6.12.2	Revisión antes de carga.....	265
6.12.3	Carga inicial.....	266
6.12.4	Prueba de descarga.....	267
6.12.5	Carga final.....	268
6.12.6	Consumo.....	269
6.12.7	Pruebas adicionales.....	269
6.13	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE PARARRAYOS.....	269
6.13.1	Alcance.....	269
6.13.2	Resistencia de aislamiento.....	270

6.13.3	Tensión aplicada.....	270
6.13.4	Firmeza de conexiones.....	270
6.13.5	Corriente con tensión de servicio.....	270
6.13.6	Contador de descargas.....	271
6.13.7	Pruebas adicionales.....	271
6.14	PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE MALLAS DE TIERRA.....	272
6.14.2	Pruebas a conectores.....	272
6.14.3	Medida de resistencia.....	273
6.14.4	Tensión de paso y de contacto.....	274
6.14.5	Pruebas adicionales.....	278
7	CONCLUSIONES.....	279
	BIBLIOGRAFÍA.....	281
	ANEXO A. Formulario de características técnicas garantizadas para la Construcción de la obra civil de la subestación eléctrica	283
	ANEXO B. Planos de dimensiones, despieces y localización de los elementos que conforman la subestación	295

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Especies de plantas recomendadas para el manejo paisajístico.	50
Tabla 2. Características del material geotextil.	66
Tabla 3. Clasificación del concreto.	68
Tabla 4. Especificaciones del material para formaletas.	73
Tabla 5. Desviaciones de las líneas de las estructuras de concreto.	79
Tabla 6. Tolerancias en la colocación del acero de refuerzo.	82
Tabla 7. Espesores de vidrios.	109
Tabla 8. Efectos fisiológicos de la circulación de corriente a través del cuerpo humano.	144
Tabla 9. Distancia permitida entre un brazo o pierna extendida y la parte energizada para los diferentes niveles de tensión.	144
Tabla 10. Tensión de prueba a frecuencia industrial para celdas de media tensión.	213
Tabla 11. Rangos de tensión para baterías.	219

TABLA DE ILUSTRACIONES

	pág
Figura 1. Prueba del grupo vectorial para un transformador y-y-o.	149
Figura 2. Medición de factor de potencia de un transformador.	150
Figura 3. Medición de factor de potencia de un transformador con vatímetro trifásico	151
Figura 4. Corrientes en relés de protección.	153
Figura 5. Aterrizajes de neutros y tanque de un transformador.	155
Figura 6. Identificación y secuencia de fases del transformador.	158
Figura 7. Confirmación de la identificación de fases un transformador.	159
Figura. 8. Prueba de tensión aplicada del interruptor de potencia.	165
Figura 9. Esquema para el cálculo de resistencia de contactos y conectores de interruptor de Potencia.	166
Figura 10. Medida de impedancia en circuitos de medida y de protección conectados en estrella.	180
Figura 11. Medida de impedancia de circuitos de protección conectados en triángulo.	181
Figura 12. Medida de tensión del circuito secundario para relés diferenciales de alta impedancia.	182
Figura 13. Impedancia de trampa de onda.	189
Figura 14. Esquema para aplicar tensión reducida a relés auxiliares.	194
Figura 15. Tensión bobina de disparo y rtu.	195
Figura 16. Esquema para prueba de relés de sobrecorriente de fase y tierra.	196
Figura 17. Operación total de relés direccionales.	198
Figura 18. Operación total relé de distancia de fases (b-c).	198

Figura 19. Operación total relé de distancia de tierra (c-n).	200
Figura 20. Operación total diferencial de transformador.	201
Figura 21. Operación total diferencial de barras. (alta impedancia).	202
Figura 22. Esquema general de envío y recibo de señales de teleprotección para una línea de transmisión.	203
Figura 23. Señales para los instrumentos de medida	205
Figura 24. Inyección primaria a un transformador de corriente.	206
Figura 25. Inyección primaria a dos transformadores de corriente.	207
Figura 26. Circuito típico para contador de descargas.	226
Figura 27. Circuito de inyección de corriente para prueba de mallas de tierra.	229
Figura 28. Esquema para la medición de tensión de paso y de contacto.	231

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

PROYECTO DE GRADO: MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN,
MONTAJE ELECTROMECAÁNICO, PRUEBAS Y PUESTA EN
SERVICIO DE UNA SUBESTACIÓN 115/11,4 kV.

AUTORES: PAOLA ARANGO BUENO Y DIEGO FERNÁN LLANOS CORTÉS.

DIRECTOR: ING. CESAR AUGUSTO RINCÓN ALVAREZ

AÑO: 2001

RESUMEN

Con el desarrollo de esta monografía se busca crear una guía de procedimientos técnicos para la construcción, montaje electromecánico, pruebas y puesta en servicio de subestaciones reductoras, 115/11,4 kV, entre 15 y 60 MVA.

Dentro de los capítulos tratados en el Manual, el primero de ellos es el recuento de los aspectos generales de la obra, en cuanto a planificación, fases de la construcción y documentación general de la misma; el segundo capítulo hace referencia al plan de manejo ambiental, el cual se encuentra encaminado a la debida protección y conservación de los recursos naturales y particularmente, está orientado a formular medidas de manejo e ingeniería ambiental para el control, mitigación y corrección de los posibles efectos sobre el medio ambiente.

En el tercer capítulo se encuentra la descripción del procedimiento para la ejecución de la obra civil, estableciendo los parámetros básicos para las obras preliminares y construcción de las cimentaciones de los quipos en patio, construcción de la casa de control, canaletas para patio, tapas en concreto, bancos de ductos, drenajes y desagües, vías de mantenimiento, carrilera para transformador, cajas de inspección, etc.

Seguidamente se encuentran los capítulos donde se describen los procedimientos para el montaje de estructuras metálicas y para el montaje electromecánico, especificando las condiciones técnicas para pórticos de líneas, barraje, soportes de equipos de la subestación y estructura metálica en general. En el segundo apartado se establecen las instrucciones y pruebas que se deben tener en cuenta para el montaje de equipos de patio, celdas, tableros y demás equipos y materiales eléctricos.

Para finalizar, se indican los procedimientos necesarios para la ejecución de las pruebas y puesta en servicio de una subestación, con las debidas recomendaciones de seguridad, con el fin de minimizar los riesgos de accidentes en el desarrollo de dicha labor. Enseguida se describe el alcance de las pruebas recomendadas para garantizar la adecuada operación de los equipos bajo las condiciones reales del sistema y verificar la calidad y uniformidad de la mano de obra y los materiales utilizados en su fabricación.

Se concluye es de vital importancia realizar cuidadosamente cada uno de los procedimientos enunciados para los diferentes procesos, pues esto podrá evitar pérdidas de tiempo y retrasos de la obra, que redundaran en beneficios económicos.

RESUMEN

El presente documento presenta una síntesis del proyecto de grado, titulado: "Manual de procedimiento para la construcción, montaje electromecánico, pruebas y puesta en servicio de una subestación 115/11,4 kV".

El documento presenta inicialmente los antecedentes junto con las correspondientes explicaciones de los capítulos que componen el documento en mención.

En el acelerado desarrollo de los sistemas de transmisión del país, ha tenido un papel de suma importancia la SUBESTACIÓN ELÉCTRICA, la cual con sus especialidades de subestación elevadora en las centrales generadoras, de subestación de transmisión y de subestación reductora en los centros de consumo, ha sido la instalación eléctrica que mayor ingeniería ha demandado, pues en los últimos años se han instalado más de mil en nuestro país.

Los autores han deseado con este trabajo realizar un Manual sobre las prácticas utilizadas en los diferentes sistemas eléctricos del país, la construcción civil, el montaje electromecánico y las pruebas de los diferentes equipos electromecánicos y de control que componen una subestación, que deben realizarse de acuerdo con los procedimientos aquí anotados, pero naturalmente su aplicación siempre será una decisión del ingeniero responsable del proyecto.

Teniendo en cuenta que los procedimientos planteados en el presente trabajo se han venido desarrollando en nuestro país desde hace más de cinco décadas, es comprensible que muchos de los puntos aquí tratados, se encuentran dispersos en la literatura técnica de la especialidad, pero es de aclarar que hasta el momento no se ha implementado un Manual con cada uno de los procedimientos “estandarizados” y ajustados a las normas vigentes y aplicables para la construcción, montaje electromecánico, pruebas y puesta en servicio de una subestación de 115/11,4 kV.

Es importante anotar que este trabajo recopila, además de la información existente, todas las experiencias adquiridas en las ampliaciones y construcciones de subestaciones de CODENSA S.A E.S.P., trabajos en los cuales hemos participado, y lo cual es quizá la información más importante, porque se tienen en cuenta problemas que sólo surgen en el momento de la práctica.

El primer capítulo tratado en el Manual hace referencia a los aspectos generales de la obra, como la planificación del proyecto, en donde se hace énfasis en el plan de calidad, plan de salud ocupacional y las auditorias internas y externas del contrato. Seguidamente se indican las fases de la construcción y se realizan observaciones acerca de los documentos necesarios para dar inicio y desarrollar el proyecto.

En el segundo capítulo se hace referencia al plan de manejo ambiental, el cual se encuentra encaminado a la debida protección y conservación de los recursos naturales y particularmente, está orientado a formular medidas de manejo e ingeniería ambiental para el control, mitigación y corrección de los posibles efectos sobre el medio ambiente.

En el tercer capítulo se encuentra la descripción del procedimiento para la ejecución de las labores preliminares necesarias para la iniciación de las obras y que hacen parte de las mismas.

En particular el trabajo comprende los siguientes aspectos:

- Localización general de las obras.
- Replanteo y amojonamiento de los ejes del proyecto y de las referencias altimétricas del mismo.
- Desmonte y limpieza general inicial.
- Disposición y transporte de material sobrante a botaderos autorizados.
- Instalación de la malla de puesta a tierra.

Se establecen los parámetros básicos para las obras preliminares, materiales a utilizar y construcción de las cimentaciones de los quipos en patio, construcción de la casa de control, canaletas para patio, tapas en concreto, bancos de ductos, drenajes y desagües, instalaciones hidráulicas y sanitarias, alcantarillado para aguas negras, muros de cerramientos, vías de acceso, vías de mantenimiento, carrilera para transformador, cajas de inspección, etc.

Enseguida se encuentran los capítulos de descripción del procedimiento para el montaje de estructuras metálicas y montaje electromecánico, en el primero de ellos se establecen las condiciones técnicas para el montaje de las estructuras metálicas para pórticos de líneas, barraje, soportes de equipos de la subestación y estructura metálica de cubierta de la casa de control, se realiza una breve descripción de los factores involucrados en el diseño y los parámetros a tener en cuenta para la ejecución de los mismos. En el segundo aparte se establecen las instrucciones y pruebas que el constructor debe tener en cuenta para el montaje de equipos de patio, tales como interruptores de potencia, seccionadores, transformadores de corriente, transformadores de potencial, pararrayos y trampas de onda, celdas, tableros y demás equipos y materiales eléctricos.

Para finalizar, se indican las pruebas que se deben realizar a los transformadores de potencia, interruptores de potencia, seccionadores, transformadores de corriente y de potencial, transformadores de tensión capacitivos, rampa de onda, tableros, equipos de servicios auxiliares, pararrayos y malla de tierra. Estos procedimientos que se consideran como lo más importante dentro del montaje de una subestación, ya que será lo que garantiza la adecuada operación de los equipos bajo las condiciones reales del sistema y permitirá verificar la calidad y uniformidad de la mano de obra y los materiales utilizados en su fabricación.

Como resultado de la elaboración de este manual se obtuvo el compendio de procedimientos básicos y recomendaciones necesarias para llevar a cabo la construcción de una subestación reductora entre 15 y 60 MVA, 115/11,4 kV.

Por otra parte y cumpliendo con los objetivos propuestos al inicio de esta investigación, se recomienda adoptar políticas en las Universidades tendientes a desarrollar cátedras orientadas a la construcción y montaje de subestaciones, pues aunque en este momento la demanda de energía eléctrica en nuestro país se encuentra en descenso, debido a la crítica situación económica por la cual se atraviesa, se espera la reactivación del consumo en los próximos cinco años y con esto se reanudarán las construcciones de centros de transformación y distribución de energía eléctrica en el país con mayores exigencias tecnológicas.

RESUMEN

El objetivo de este manual es desarrollar un modelo de procedimientos técnicos para la construcción, montaje electromecánico, pruebas y puesta en servicio de subestaciones reductoras entre 15 y 60 MVA, 115/11,4 kV.

Se fijan las pautas necesarias para tomar las medidas de precaución y compensación para contrarrestar y minimizar los impactos ambientales que se puedan ocasionar en la ejecución del proyecto, se orienta la elección de condiciones técnicas necesarias para la ejecución de la obra civil, fabricación y montaje de estructuras, señalando los aspectos relevantes del diseño; se determinan los procedimientos generales para realizar las actividades relacionadas con el montaje de equipos.

Para finalizar, se establecen las diferentes pruebas relacionando sus procedimientos y alcances, para realizar la energización y puesta en servicio de una subestación.

Como resultado de la elaboración de este manual, se obtuvo el compendio de procedimientos básicos y recomendaciones necesarias para llevar a cabo la construcción de una subestación eléctrica, información que aunque en muchos casos existente, se encontraba dispersa, lo que dificultaba su aplicación.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía eléctrica, ha llevado a un rápido desarrollo de los sistemas de distribución en las diferentes regiones del país.

La técnica del suministro de electricidad en el mundo y también en Colombia, se inició a comienzos del siglo XX, con la instalación de pequeñas turbinas hidroeléctricas para atender casi exclusivamente las necesidades del alumbrado residencial.

A medida que fue llegando el desarrollo industrial y la necesidad de hacer más fácil las labores domésticas, el consumo de energía eléctrica se vio gradualmente incrementado y fue necesario instalar en el país centrales térmicas e hidroeléctricas de mayor capacidad y a la vez de mayor tensión, se hizo así necesario adoptar las técnicas de la tensión de 115 kV, para la transmisión de energía desde las centrales generadoras hasta los centros de consumo regionales. Esto se hizo a mediados y a finales de la década de los años cincuenta.

Casi de inmediato con la aplicación de los sistemas de transmisión de 115 kV , se hizo sentir la necesidad de interconectar los grandes centros de producción y consumo de energía eléctrica del país y fue así como se realizó la interconexión entre departamentos con un sistema de transmisión de 230 kV , esto al final de la década de los setenta.

En este desarrollo tan acelerado de los sistemas de transmisión del país, ha tenido un papel de suma importancia la SUBESTACIÓN ELÉCTRICA, la cual con sus especialidades de subestación elevadora en las centrales generadoras, de subestación de transmisión y de subestación reductora en los centros de consumo, ha sido la instalación eléctrica que mayor ingeniería ha demandado, pues en los últimos años se han instalado más de mil en nuestro país.

Los autores han deseado con este trabajo realizar un Manual sobre las prácticas utilizadas en los diferentes sistemas eléctricos del país para la construcción civil, el montaje electromecánico y las pruebas de los diferentes equipos electromecánicos y de control que componen una subestación, basados en las normas internacionales, IEC, ANSI, ASTM, AISC, SAE, AWS, Normas colombianas ICONTEC, Norma Sismo Resistente Colombiana NSR y los estándares de CODENSA S.A. ESP.

Como limitación surge el hecho de que la información sobre el tema se encuentra en numerosas fuentes, no siempre de fácil alcance lo que obliga a emplear valioso tiempo en encontrar una referencia de utilidad.

Como metodología, se presenta el recuento secuencial de cada una de las actividades necesarias para la construcción de una Subestación, dando el alcance y detalle necesarios para ofrecer al lector un amplio panorama de actividades las cuales podrán ser aplicadas de acuerdo a las necesidades y criterios del constructor.

Teniendo en cuenta que los procedimientos planteados en el presente trabajo se han venido desarrollando en nuestro país desde hace más de cinco décadas, es comprensible que muchos de los puntos aquí tratados, se encuentran dispersos en la literatura técnica de la especialidad, pero es de aclarar que hasta el momento ninguno de los autores ha implementado un Manual en el nivel de tensión de 115 kV, con cada uno de los procedimientos “estandarizados” y ajustados a las normas vigentes y aplicables para la construcción, montaje electromecánico, pruebas y puesta en servicio de una subestación.

Es importante anotar que este trabajo recopila, además de la información existente, todas las experiencias vividas en las ampliaciones y construcciones de subestaciones de CODENSA S.A E.S.P., trabajos en los cuales hemos participado, y lo cual es quizá la información más importante, porque se tienen en cuenta problemas que sólo surgen en el momento de la práctica.

1 ASPECTOS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE SUBESTACIONES DE ALTA TENSIÓN

Adjudicada la contratación comienza la obra. El constructor debe hacerla en las condiciones a las que se ha comprometido: un proyecto que ha aceptado con o sin modificaciones, un plan de obra, unas calidades, unos medios humanos y materiales que ha ofrecido, unos plazos de ejecución y unos precios.

Como el período preparatorio de la obra requiere un cierto tiempo (consecución de predios, caminos, instalaciones, etc.), se aprovecha para redactar o terminar el Proyecto de Construcción que, sobre la base del de licitación, introduce las modificaciones que se hayan podido acordar con el constructor, así como otros detalles necesarios para la obra que no lo eran para el de licitación o no podían precisarse hasta no tener la propuesta del contratista.

Por detallado y amplio que sea el proyecto de construcción, requerirá adaptaciones o ampliaciones, normalmente en forma de planos de detalle, según lo vaya requiriendo la construcción, y ante eventuales cambios de circunstancias o características del terreno.

1.1 ORGANIZACIÓN DE LA OBRA: PLANIFICACIÓN

La buena calidad de un proyecto radica en la adecuada información sobre los datos básicos y una competente elaboración técnica, la eficacia de una obra reside fundamentalmente en una planificación ordenada y previsor, junto con la disponibilidad de medios técnicos, materiales y humanos. De poco valen estos medios, por buenos y potentes que sean, si no se mueven según un plan coordinado que prevea la marcha regular de la obra y las contingencias que previsiblemente se presentarán, aunque no se pueda vaticinar cuándo ni cómo.

El Plan ha de ser lo más completo posible pero, aunque lo sea, no pueden evitarse situaciones imprevisibles que ocasionen retrasos. Debe analizarse la incidencia de eventos posibles y bastante probables: resultados no satisfactorios en la compactación del concreto de las cimentaciones, retraso en la entrega de equipos, defectos de fábrica como fugas, fisuras, lluvias, y otros. En cualquier caso no hay que dejar a la improvisación del momento las decisiones a tomar; deben estar previstas, y luego las condiciones, intensidad y tiempo en que se produzcan aconsejarán las necesarias adaptaciones.

Para tener en cuenta esas circunstancias, el plan debe hacerse lo más flexible que se pueda y dejar en él holguras que permitan absorber las posibles desviaciones y, por otra parte, en el extremo opuesto, deben analizarse los caminos críticos o actividades que inciden de manera determinante en el plazo conjunto de la obra.

Otra consecuencia del plan es la cuantificación de los recursos de todo tipo en cada momento de la construcción: materiales diversos, personal, maquinaria, instalaciones y suministros varios, que se recogen en cuadros y gráficos.

1.1.1 Plan de Calidad.

El plan de calidad establece los requerimientos de calidad y el sistema de administración de calidad aplicable al desarrollo del Proyecto y se deberá elaborar para asegurar que se cumpla con los siguientes requisitos:

- ISO 9002 Modelo para aseguramiento de la calidad en producción, instalación y servicio asociado.
- Requerimientos del CLIENTE para la ejecución del proyecto.
- Que todo el personal de la firma Contrista, asignado al proyecto, está entera los requerimientos de calidad establecidos.

El propósito del plan de calidad es definir e implementar procedimientos específicos tomados del sistema de aseguramiento de la calidad de la firma Contratista que aplicarán al proyecto, así como los demás requerimientos contractuales especificados que afectan la calidad del trabajo. También

define las actividades claves de calidad, e incluye el programa de actividades de aseguramiento de calidad del proyecto.

- **Distribución**

El plan de calidad junto con sus revisiones, será emitido en forma controlada y estará bajo la responsabilidad del Ingeniero de obra darlo a conocer a las personas que participen en la ejecución de la obra.

- **Alcance General de un Plan de Calidad.**

El plan de calidad abarca todas las áreas y actividades asociadas con el desarrollo del alcance completo del trabajo. El plan será revisado y actualizado durante la ejecución del proyecto, cuando sea necesario.

Los objetivos de calidad del proyecto son:

- Cumplir con las especificaciones y los requerimientos del contrato.
- Aplicar todos los requerimientos de aseguramiento de la calidad en las actividades del proyecto.
- Satisfacer los requerimientos del cliente establecidos en el contrato.
- Asegurar que todo el personal vinculado en el proyecto entienda e implemente los requerimientos de este plan de calidad
- Brindar confiabilidad y seguridad operacional en la ejecución del proyecto.

- **Definiciones**

Para los propósitos del plan de calidad se utilizan las siguientes definiciones dadas en la NTC-ISO 8402:

Contrato: Requisitos acordados entre un proveedor y un cliente transmitido por cualquier medio (verbal o escrito).

Proyecto: Proceso único que consta de un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de comienzo y terminación que se emprenden para lograr un objetivo conforme a los requisitos especificados incluyendo las restricciones de tiempo, costo y recursos.

Procedimiento: Una manera específica de efectuar una actividad.

Producto: El resultado de actividades o de procesos.

Plan de calidad: Un documento que establece las prácticas específicas de calidad, los recursos y la secuencia de actividades correspondientes a un producto, proyecto o contrato particular.

Sistema de Calidad: La estructura organizacional, los procedimientos, los procesos y los recursos para implementar la administración de la calidad.

- Contenido del plan de calidad.
- Responsabilidades Gerenciales

Se deberá designar una persona encargada dentro de la ejecución del proyecto para el Aseguramiento de la calidad quien será responsable por:

- Asegurar que se planifiquen, implementen y controlen las actividades requeridas por el sistema de calidad durante la ejecución del proyecto.
- Comunicar los requisitos del proyecto a los demás departamentos implicados en el proyecto, a los subcontratistas y a los clientes.
- Revisar los resultados de las auditorías efectuadas.
- Controlar las acciones correctivas tomadas.

De igual forma se deberá presentar un organigrama con la organización detallada de la empresa encargada del proyecto.

- Plan de Calidad y Sistema de Calidad

El plan de calidad del proyecto se basa en la documentación del sistema de calidad de la firma encargada del proyecto. Cuando sea necesario desarrollar procedimientos detallando los requerimientos específicos de este proyecto deben ser escritos con base en los procedimientos institucionales de la misma firma, y serán revisados y aprobados por las personas designadas en el sistema de calidad.

- Revisión del Contrato

La revisión del contrato se hará de acuerdo a los procedimientos establecidos en el sistema de calidad de la firma encargada del proyecto, y serán revisados el personal designado por el Contratista.

- Control del Diseño

No Aplica. El proyecto se ejecuta de acuerdo al diseño establecido por el cliente.

- Compras

El contratista solo suministrarán elementos fungibles, los demás materiales son suministrados por el cliente.

Los posibles subcontratistas se seleccionan de la lista de proveedores aprobados por la empresa.

- Control del proceso

Para el control del proceso en la ejecución del proyecto se establece:

Programación de obra: Se deberá incluir, un programa de trabajo que incluya la utilización de recursos. (Diagrama Pert)

- Inspección y ensayo

Se especificaran procedimientos para la inspección y ensayo de equipos y materiales que se requieren.

- Control del equipo de inspección, medición y ensayo

Se deberán especificar los equipos de inspección, medición y ensayo que se requiere para el proyecto.

- Acción Correctiva y preventiva

Las acciones correctivas y preventivas se manejan de acuerdo a lo establecido en el sistema de calidad de la firma encargada del proyecto.

- Control de los registros de calidad

Los registros que se generan en las obras deberán ser conservados de acuerdo a lo establecido en el listado maestro de registros de calidad que forma parte del sistema de calidad.

1.1.2 Auditorias internas de Calidad.

- Objetivo:

Verificar que se cumplan los requisitos estipulados en cada elemento de la norma ISO 9002 y en el manual de calidad.

- Alcance:

Se auditarán todos aquellos procedimientos e instrucciones de trabajo que aseguran que el sistema de calidad cumple con los requisitos de la Política de Calidad.

- Responsables:

La auditoría del sistema de calidad será responsabilidad del gerente de calidad.

- Actividades:

- Se elabora un plan de auditorías internas de calidad.
- Se establece el auditor o auditores internos para realizar la auditoría de acuerdo al Cronograma, teniendo en cuenta que no tengan responsabilidad en la ejecución de las actividades que se verifican.
- Cuando haya más de un auditor se define el auditor líder, quien distribuye los elementos a auditar por cada uno.
- El (los) auditor (es) elaboran el plan de auditoría(s)
- Se aprueba el plan de auditoría interna el cual contiene objetivo y alcance, identificación de personas que tienen responsabilidad directa significativa con respecto a elementos a auditar, definiciones de fecha y lugar de la auditoría, decisión esperada, agenda de reuniones.
- Se realiza la auditoría de calidad iniciando con una reunión de apertura, elaborando la auditoría propiamente dicha y finalizando con la reunión de cierre.
- En cada reunión de apertura se busca romper el hielo, generar un clima de confianza, explicar los objetivos, la metodología a utilizar, los aspectos a cubrir y clarificar las dudas (auditores).
- La auditoría se centra en revisar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el manual para dar respuesta a los requerimientos del sistema de calidad en cada elemento, mediante la solicitud de evidencias (registros) de su cumplimiento, observación directa, entrevistas para indagar sobre actividades de soporte.

- Cuando se evidencien no conformidades se registran en el informe de ejecución de la auditoría y se verifican a través de otras fuentes.
- Las No Conformidades se clasifican de acuerdo al impacto sobre el sistema de calidad en:

No conformidad mayor (NCM) : ausencia o falla total en el proceso para cumplir un requisito de los procedimientos aplicables; un número de no conformidades menores contra un requisito, puede representar una falla total del proceso y de esta manera ser considerada una no conformidad mayor; cualquier incumplimiento que pudiera resultar en un servicio no conforme; una condición que pueda resultar en una falla o materialmente reducir la utilidad de los servicios para la cual fueron propuestos; un incumplimiento que el juicio y la experiencia indican que es probable que resulte en una falla en el servicio.

No conformidad Menor (NCm) : Un incumplimiento en los requisitos de los procedimientos aplicables al proceso que el juicio y la experiencia indican que no es probable que resulte en una falla del proceso. Puede ser una falla en la documentación o un único error observado en el seguimiento del proceso.

Observación (Obs) : Es algo que aunque no está incumpliendo ningún punto del procedimiento, se puede mejorar.

- Se elabora informe de la auditoria con los datos recolectados incluyendo fortalezas y no conformidades.
- Se realiza reunión de cierre con auditados y sus jefes para informar los resultados y las no conformidades.
- El Gerente, Jefe o Director de Obra, es el responsable de tomar. una acción correctiva oportuna sobre las no conformidades detectadas en su área.
- El Gerente, Jefe o Director de obra firman las no conformidades en señal de aceptación
- Se elabora el acta de reunión de cierre.
- Se elabora informe final de auditoria incluyendo alcance y objetivo, detalles del plan.
- Se entrega informe al Gerente de Calidad, a las personas auditadas y a sus jefes.

- Los auditados elaboran plan de acciones de mejoramiento.
 - Se realiza un seguimiento periódico al plan de acción.
 - Se entrega informe de seguimiento al Gerente de Calidad.
- Registro:

El Gerente de Calidad mantendrá una copia en su carpeta de las Auditorias que se hayan realizado de:

- Plan de auditoria Interna de Calidad
- Entrevista de auditoria Interna de Calidad
- Informe de auditoria Interna de Calidad
- Plan de acciones correctivas.

1.1.3 Plan de Salud Ocupacional.

Se debe elaborar el programa teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

- Cumplir las disposiciones legales vigentes en materia de salud Ocupacional, Código Sustantivo del Trabajo y Resoluciones reglamentarias, Ley Novena de 1979, Decreto 614 del 84 y Resolución 1016 del 89.
- Fomentar y mantener el mas alto nivel de bienestar físico, social y mental de los trabajos en todas las profesiones, asignando al trabajador en un empleo acorde a sus aptitudes sicologías y fisiológicas, para obtener un máximo rendimiento sin daño a su salud.

- Garantizar al máximo a todos los trabajadores condiciones seguras y saludables para el desempeño de sus labores, minimizando la ocurrencia de accidentes o enfermedades en el trabajo, para lograr la reducción de ausentismos, costos de producción y seguros, pérdida de tiempo laboral.
- Prevenir todo daño causado a la salud de los trabajadores por las condiciones de su trabajo o por la presencia de agentes nocivos para su salud.
- Facilitar la adecuada y oportuna atención médica a través de la Seguridad Social, así como la rehabilitación y reubicación laboral, si llegase a ser necesario.

El programa de Salud Ocupacional, debe incluir los siguientes subprogramas:

- Subprograma de Medicina Preventiva y del Trabajo
- Subprograma de Seguridad Industrial
- Subprograma de Higiene Industrial
- Funcionamiento del Comité Paritario
- Manejo de residuos tóxicos desechables.

1.1.3.1 Subprograma de Medicina Preventiva y del Trabajo.

Se deben tener en cuenta el conjunto de actividades dirigidas a la identificación precoz de los agentes no ocupacionales que puedan causar enfermedad, de su control y rehabilitación integral del individuo afectado, para prevenir todo daño a la salud de los trabajadores derivado de sus condiciones de vida y de trabajo.

Se deben incluir acciones básicas como la realización de exámenes médicos preocupacionales (de ingreso), periódicos y postocupacionales (de egreso).

Las actividades de Vigilancia Epidemiológica de Accidentes y Enfermedades, deben incluir los registros correspondientes, la realización de investigación de accidentes y con base en las estadísticas correlacionar las enfermedades con el puesto de trabajo.

Se debe definir el servicio de Primeros Auxilios, con el animo de prestarlo de una manera oportuna y eficiente.

1.1.3.2 Subprograma de Seguridad industrial

Se deben considerar los procedimientos seguros de trabajo que prevengan la ocurrencia de accidentes laborales y garanticen el control de los riesgos.

Los principales objetivos a tener en cuenta, son el estudio e implantación de sistemas de control para los riesgos existentes en la ejecución de los trabajos, el establecimiento de programas de mantenimiento preventivo, la dotación a los trabajadores de los elementos de protección personal.

Se deben incluir acciones como la realización de visitas de supervisión que permitan verificar el mantenimiento de los métodos de control aplicados y de las medidas correctivas aprobadas, la inspección de las herramientas y los elementos de protección, la elaboración de informes de accidentes, elaboración de registros estadísticos de accidentalidad (Norma NTC-3701).

La elaboración e implementación de un Plan de Emergencias que incluya los aspectos de primeros auxilios, contra incendio, de evacuación y rescate, debe ser tenido en cuenta en este subprograma.

La preparación, dirección y control de este Plan, se recomienda coordinar con profesionales expertos de la Cruz Roja.

Se deben elaborar normas y procedimientos, que permitan la preservación de la salud de los trabajadores, tales como:

- Señalización del área de trabajo: El área de trabajo debe ser delimitada por elementos tales como: conos, vallas o cintas. En los trabajos nocturnos se utilizarán conos o vallas fluorescentes y además señales luminosas a ambos lados del sitio de trabajo.

Cuando se trabaje sobre vías que no permitan el bloqueo del tránsito, se deberá parquear el vehículo antes del área de trabajo.

Para realizar trabajos que requieran el bloqueo del tránsito, se debe realizar los trámites pertinentes ante la Secretaría de Tránsito Distrital y dar cumplimiento al procedimiento establecido.

- Utilización de elementos de seguridad y herramienta adecuada: La adecuada dotación de elementos de seguridad y herramienta, permite al personal desarrollar los trabajos en forma segura y mejorar sus rendimientos.

- Subprograma de Higiene Industrial.

En esta componente del Programa de Salud Ocupacional, se deben incluir el conjunto de actividades encaminadas a la atención del ambiente laboral así como las acciones que se deben desarrollar para garantizar el control de los riesgos.

Se deben identificar, reconocer, evaluar y controlar los factores ambientales que se originen en los lugares de trabajo y que pueden ocasionar enfermedades profesionales al igual que determinar la aplicación de medidas correctivas. Mediante el control de los actos inseguros y condiciones ambientales peligrosas que potencialmente pueden causar daño a la integridad física del trabajador, se debe mantener un ambiente laboral seguro.

Dentro de las acciones básicas a realizar, se debe elaborar un Panorama de Riesgos a partir de la observación directa, identificando los principales factores de riesgos físicos, químicos, mecánicos, eléctricos y ergonómicos que puedan afectar al personal.

- Funcionamiento del Comité Paritario

De acuerdo con lo dispuesto en la Resolución 2013 del 6 de junio de 1986 y el decreto 1295, se debe conformar el Comité Paritario de Salud Ocupacional y registrarlo ante el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

1.2 FASES DE LA CONSTRUCCIÓN

Genéricamente cabe distinguir las siguientes actividades principales en la construcción de una subestación:

- Obras previas: localización, replanteo y estudio de manejo ambiental.
- Excavaciones y cimientos.
- Realización de obras civiles y puesta a tierra.
- Montaje de estructuras metálicas, equipos de potencia, celdas y equipos de control y protecciones.
- Pruebas y puesta en servicio de la subestación.

La primera fase de actividades consiste en dejar preparada la infraestructura para realizar las obras civiles, la construcción de la puesta a tierra y el montaje de las estructuras metálicas.

La segunda tiene por objeto el montaje electromecánico.

Por último, terminada la subestación, suelen quedar algunas obras de remate (iluminación, embellecimiento, etc.), así como de los caminos. Además del desmontaje de las instalaciones, demolición de obras inútiles antiestéticas, etc.

1.3 OBSERVACIONES SOBRE LOS PLANOS Y DOCUMENTACIÓN EN GENERAL

En general cada plano debe tener la máxima autonomía y autosuficiencia posibles. Deben figurar en él las cotas y dimensiones fundamentales, aunque ya estén consignadas en otros, para no tener que consultar simultáneamente varios; la reiteración de datos es cómoda y conveniente para su mejor interpretación

Los detalles deben especificarse en forma de secciones varias, o incluso croquis acotados; no debe suponerse que se coligen del contexto, pues fuerzan al constructor a un trabajo evitable y, sobre todo, porque podría llegar a una interpretación incorrecta.

Se deberá tener la siguiente información para el inicio y desarrollo de la obra:

1.3.1 Planos

- Simbología (Ver Anexo A)
- Nomenclatura
- Información genérica en los planos
- Guías para elaboración e interpretación de diagramas de circuito.

Los planos deben estar elaborados según las pautas estipuladas en la Publicación "ISO Standards Handbook 12" y estos se deben utilizar formatos de la serie ISO-A.

1.3.1.1 Equipo de alta tensión

La firma encargada de la obra deberá tener la siguiente información mínima para dar inicio a los trabajos:

Planos y memorias de cálculo que indiquen la siguiente información:

- Dimensiones y masas
- Material de los componentes y su ubicación.
- Máximas fuerzas admisibles sobre los bornes.
- Detalles de los bornes de alta tensión y de puesta a tierra.
- Detalle de las cajas terminales.
- Parámetros eléctricos.
- Línea de fuga.
- Distancia de arco.
- Detalle para fijación a la estructura soporte.
- Volumen de aceite o SF6.
- Dimensiones máximas y mínimas de la porcelana.
- Centro de gravedad.
- Detalles de pernos, tuercas y arandelas para fijación a la estructura soporte.
- Plantas y cortes que indiquen:

- Distancias eléctricas.
- Ubicación e identificación de equipos de alta tensión, conectores de alta tensión, conductor y barraje tubular.

- Planos eléctricos :
 - Diagramas de principio comprendidos por:
 - Diagrama unifilar
 - Diagrama de protección
 - Diagrama de medición
 - Diagrama de flujo de secuencias de maniobra
 - Diagramas lógicos de enclavamientos.
 - Diagrama unifilar del sistema de registro de fallas.
 - Diagrama unifilar del sistema de telecomunicaciones por PLP o PLC.
 - Diagrama de módulos de *software*.

 - Diagramas de circuito: los cuales deben tener todos los diagramas de secuencias y diagramas secuenciales en el tiempo que sean necesarios para clarificar la operación del sistema y deben mostrar todos los terminales de reserva, contactos de relé, interrelaciones *hardware-software*, etc.

 - Diagramas de localización los cuales deben contener información detallada sobre la localización de componentes del equipo, por ejemplo borneras, unidades enchufables, subconjuntos . módulos, etc.

 - Tablas de cableado
 - Tabla de cableado interno: Esta tabla debe mostrar todas las conexiones dentro de una unidad de una instalación.
 - Tabla de cableado externo: Esta tabla debe representar todas las conexiones entre las diferentes unidades de una instalación y deberá incluir la longitud prevista de los cables.
 - Tabla de borneras : Esta tabla debe mostrar todos los bornes y los conductores internos y externos conectados a aquellos.

- Planos de estructuras
 - Planos de taller
 - Planos de montaje
- Planos para archivo

Una vez realizadas las correcciones de los errores detectados durante el montaje, pruebas y puesta en servicio, se deberán entregar los planos de las plantas y cortes y los planos eléctricos. Dicha información se deberá suministrar en formato DWG para ser procesados por AUTOCAD (Versión 14 o superior). Para tal fin la información será guardada en discos compactos (CD), con un índice por cada uno de estos que se relacione el código asignado al plano y la identificación del archivo que contiene dicho plano, estructurado por directorios y subdirectorios como se detalla a continuación:

- Plantas y cortes. (Ver Anexo B).
- Planos eléctricos.
 - Diagramas de principio.
 - Diagramas de circuito.
 - Diagramas de localización.
 - Tablas de cableado.
- Manuales

Los manuales se deben elaborar en español y deben utilizar el léxico de la Publicación "IEC multilingual dictionary of electricity".

Los manuales se deben separar en tres partes:

- Manuales de Operación y Mantenimiento.
- Manuales de Planos Eléctricos.
- Manuales Funcionales.

1.4 INTERVENTORÍA

El constructor se reserva el derecho de contratar o delegar una firma responsable que será la que ejerza en nombre del mismo el control Técnico, administrativo y contable del contrato o interventoría.

De ser así la interventoría estará compuesta o estructurada por dos áreas:

- Dirección General de la Interventoría: Oficina Central de la Interventoría.
- Interventoría de Campo: Oficina en el lugar o sitio del montaje.

Así mismo la Interventoría tiene relaciones administrativas y técnicas con:

- El Cliente: La entidad dueña del proyecto que puede tener oficina de campo.
- El contratista de la obra: Firma encargada de la ejecución del proyecto.

La Interventoría debe manejarse dentro de un "Plan de Calidad". El cual debe definir todos los procedimientos para entrelazar las comunicaciones técnicas y administrativas entre Oficina, Principal, Oficina de Campo, Cliente y Contratista.

Así mismo debe definir todos los procedimientos técnicos para desarrollar la Interventoría y finalmente, debe definir los procedimientos administrativos de campo para conformar una organización idónea para desarrollar los trabajos.

Dentro de estos procedimientos se deberán mencionan los siguientes:

- Definición de los alcances y la metodología de los Trabajos de Interventoría.
- Definición de los Objetivos de Calidad de tal manera que los participantes del proyecto tengan claro el alcance de su trabajo, los registros y documentos que deben llevar .
- Organización del Proyecto: Organigrama (Ver Anexo C), Asignación de Funciones y Plan de Calidad.

- Revisión del contrato Interventor/Cliente: Definición de alcances y responsabilidades con el cliente.
- Control de Documentos y Datos.
- Control de compras del contratista y de los equipos suministrados por el Cliente.
- Control técnico de la interventoría: Control de la actividad del contratista.
- Elaboración de Informes y manejo de las observaciones de campo del montaje. Elaboración del Diagrama de Control del Proceso de Interventoría: registros diarios, libros de obra, actas de obra, reuniones de obra, informes diarios, informes semanales, informes mensuales, pruebas de recepción e Informe final.
- Control y Monitoreo Ambiental
- Control y Monitoreo Salud Ocupacional.
- Control de Documentos de la Interventoría
- Manejo, almacenamiento, embalaje de materiales de la obra.
- Entrenamiento del Personal de la Interventoría.

1.5 SEGUROS

El dueño de la obra con el objeto de asegurar los riesgos que puedan derivarse de la ejecución de la obra, solicitara la contratación a su cargo de las correspondientes pólizas que garanticen frente a los daños que pudieran sufrir la totalidad de los bienes y equipos, así como las responsabilidades Civiles por daños que pudieran ocasionarse así mismo como a los contratistas y/o subcontratistas, por el contratista o su personal pudieran ocasionar a terceras partes.

En dichas pólizas se harán constar como asegurados tanto los dueños de la obra como cualquier contratista y/o subcontratistas que intervengan, de alguna manera, en la ejecución de la obra.

Así mismo, serán a cargo del contratista y/o subcontratistas responsables, los daños y pérdidas en la cuantía no soportada por las pólizas contratadas.

El contratista, una vez se firme el contrato, deberá constituir como mínimo las siguientes pólizas:

- Cumplimiento del contrato.
- Calidad y Estabilidad de la obra:
- Pago de salarios y Prestaciones Sociales.
- Responsabilidad Civil Extracontractual.
- Tenencia y manejo de equipos, partes y piezas entregadas por el dueño de la obra.
- Seguros del personal.
- Seguro de Transporte y montaje
- Otros seguros
 - Para el caso de vehículos que hayan de acceder al recinto de la obra y transportar los equipos, seguro de responsabilidad civil de todos los vehículos obligatoriamente asegurables según la legislación vigente que regula el uso y circulación de vehículos de motor.
 - Cualquier otro seguro que pueda serle exigido por la legislación aplicable a lo largo de la vigencia del contrato.

2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental enfatiza sobre los aspectos concernientes a la debida protección y conservación de los recursos y, particularmente, está orientado a formular pautas de acción para contrarrestar los efectos negativos que pueden aparecer durante el desarrollo de la obra. (De acuerdo a lo estipulado en el Decreto 883 del 31 de marzo de 1997. Artículo 5: Contenido y Alcance del Documento de Manejo Ambiental).

De esta manera, se pueden señalar como objetivos básicos del Plan los siguientes:

- Definir los criterios generales para la preservación y conservación de los recursos naturales en el área inmediata a la obra (medidas preventivas).
- Formular medidas de manejo e ingeniería ambiental para el control, mitigación y corrección de los posibles efectos sobre el medio, especialmente de aquellos que se considera implican mayores riesgos de deterioro o son más incidentes. Estas medidas abarcan recomendaciones para el tratamiento de los sectores más sensibles o vulnerables.
- Especificar los procedimientos y responsabilidades de la Interventoría ambiental para supervisar y exigir cumplimiento de las medidas ambientales del Plan, de modo que se garantice la armonía permanente entre el medio y las acciones propias de las fases de construcción y de operación del proyecto.

Para el desarrollo del plan de manejo ambiental se ha determinado analizarlo desde el punto de vista de las medidas de prevención, control, mitigación, partiendo de la interrelación con el medio y los efectos que se causan en él.

En consecuencia se deberá estructurar el programa de la siguiente manera:

2.1 ESTUDIOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS

2.1.1 Objetivo.

Realizar los levantamientos topográficos para la construcción del proyecto, de manera que se involucren las medidas de manejo que permitan efectuar una intervención controlada y minimizar la alteración de recursos.

2.1.2 Justificación.

Para construir la subestación, se realizan actividades topográficas que demandan el uso de recursos (p.ej. madera para estacas), y se requiere despejar zonas donde se deben efectuar mediciones, colocar mojones, etc., las cuales afectan de algún modo a los recursos. Deben aplicarse medidas para evitar una afectación mayor de la necesaria.

2.1.3 Descripción y dimensionamiento.

- Las labores que se efectúan en general son: La medición del terreno, colocación de los puntos de referencia y localización de los sitios donde harán intervenciones los equipos, se instalarán los equipos, se construirán los drenajes y en general determinar los puntos donde se construirán las diferentes obras.
- Los efectos se causan por el retiro y corte de vegetación que impide la visual, la colocación de estacas y mojones y la producción de residuos, aunque estas últimas resultan mínimas.

2.1.4 Acciones.

- No se deben utilizar los troncos y ramas de la vegetación aledaña para la colocación de señales, referencias ni anotaciones de ninguna clase. Esta medida se dispone dado que usualmente las comisiones de topografía producen peladuras sobre los árboles con estos fines, lo que le ocasiona deterioro y lo expone a la acción de agentes patógenos que lo pueden matar.
- Los topógrafos son responsables del manejo de sus residuos. Para esto deben disponer de una bolsa plástica o recipiente en el cual se haga la acumulación y disposición final de sus residuos a diario. No debe dejarse ninguna clase de residuo en el terreno al finalizar labores.

- Para la colocación de hitos y mojones deben usarse cilindros de concreto prefabricados, como los utilizados para ensayo de mezclas de concreto. Esto evita la mezcla de materiales en el sitio y el deterioro de zonas.

2.2 MANTENIMIENTO DE LAS VÍAS DE ACCESO

2.2.1 Objetivo.

Definir las recomendaciones que se requieren para evitar el deterioro de la vía de acceso, para garantizar las condiciones de tránsito requeridas para la movilización y transporte del proyecto, logrando que el impacto sea lo más mínimo posible, y entregar a las autoridades y a la comunidad la vía por lo menos en las mismas condiciones en que se encontraba en el momento de iniciarse la construcción de la subestación.

2.2.2 Justificación.

La construcción del proyecto demanda actividades de movimiento de equipos, transporte de materiales y de personal, para lo cual deben utilizarse las vías existentes, que también son usadas por las comunidades adyacentes y los constructores de las inmediaciones.

El deterioro, obstaculización y uso de la vía de acceso, genera situaciones que afectan a las personas que la tienen que utilizar, siendo necesario establecer condiciones de uso para lograr la aceptación y la adaptación de la comunidad al proyecto.

2.2.3 Localización.

Para la construcción de las obras de la subestación, se deben indicar las vías de acceso y la ubicación exacta de los terrenos.

2.2.4 Acciones.

- No se deben utilizar vehículos cuyo peso total (cargado) sea mayor de 52 toneladas. Los daños que se causen sobre las vías, como resultado del sobrepeso (mayor que la carga autorizada),

accidentes y operación de vehículos, son de responsabilidad del constructor y deberá repararlas de inmediato.

- Las labores de mantenimiento, reparación y limpieza que resulten necesarias, deberán ser ejecutadas, y se deberá informar a la Interventoría Ambiental sobre estas actividades previas a la iniciación de actividades de la construcción.
- Previo a la iniciación de las obras, se debe elaborar un documento descriptivo del estado de la vía y la adecuación que se proyecta dar para el transporte y desplazamiento de materiales y equipos, preferiblemente acompañado de un registro fílmico (fotografías o videos). Al terminar las obras, las vías deberán quedar como mínimo transitable y en mejor estado del inicialmente encontrado.

2.3 TRANSPORTE Y MANEJO DE EQUIPOS Y MATERIALES

2.3.1 Objetivo.

Adelantar las actividades de transporte y movilización de los materiales, tuberías, equipos y demás, de modo que se incluyan medidas de manejo, prevención y mitigación de los efectos que se causan en el medio con la operación, los procedimientos y los vehículos que se utilicen.

2.3.2 Justificación.

La movilización de los equipos y elementos para la preparación de las obras, así como la utilización de vehículos, produce incomodidades, ruido y emisión de polvo y gases que deben mitigarse para minimizar la afectación a la comunidad y al medio.

2.3.3 Localización.

Estas actividades se realizarán en la vía de acceso a la S/E y dentro de ella en las áreas de almacenaje de los equipos y parqueo de los vehículos principalmente.

2.3.4 Acciones

- Está prohibido el tránsito de vehículos de orugas por las vías pavimentadas. Su desplazamiento se hará mediante transporte en tractomulas o camabajas.
- Evitar sobrecarga o sobreancho de la carga. Cuando por razones de forma o tamaño de la carga no se pueda cumplir esta recomendación, se debe incrementar la señalización vial y contar con vehículos acompañantes que apoyen el desplazamiento de los vehículos.
- Los vehículos deben disponer de todos los elementos necesarios para el transporte de equipos y materiales tales como polines, sacos, cadenas, etc. Adicionalmente deben contar con silenciadores en los tubos de escape y cumplir con lo estipulado en el decreto 948 de 1.995 y los artículos tercero y séptimo del decreto 2107 de 1995 de 1.995 sobre emisiones de vehículos Diesel. El constructor debe realizar mantenimiento periódico a los equipos, maquinaria y vehículos garantizando la sincronización y carburación de los motores.
- Todos los vehículos y camiones del proyecto deben disponer de recipientes (bolsas) para la recolección de basuras y residuos tales como desperdicios de refrigerios y comidas del personal u otros residuos sólidos generados durante la movilización.
- Todos los vehículos deben limitar su velocidad a 30 km/h en la zona destapada de la vía de acceso. No deben utilizarse cornetas o pitos con altos niveles de ruido.
- Las volquetas que transporten material, deberán usar carpas para impedir que se caigan estos materiales sobre las vías, acorde con lo estipulado en la resolución 541 de 1995.

2.4 SEÑALIZACIÓN

2.4.1 Objetivo.

Informar, advertir y prevenir al personal de obra y a la comunidad sobre los riesgos y limitaciones que se presentan como resultado de las actividades que se desarrollan en la construcción de la subestación.

2.4.2 Justificación.

La construcción de las obras incide en las actividades normales de la comunidad y en la seguridad del personal de obra, por lo que se hace necesario informar, advertir y prevenir sobre situaciones de riesgo que se puedan generar, normas de comportamiento a seguir y restricciones que se pueden presentar en el uso de las vías.

2.4.3 Localización.

Se deben colocar señales de advertencia del flujo de vehículos pesados y límite de velocidad:

- En los frentes de trabajo.
- En la zona de construcción de la subestación.
- A lo largo de la vía una vez finalizada la construcción (Señalización definitiva), informando la localización de la S/E.

2.4.4 Descripción y dimensionamiento.

Las señales que se deben utilizar son de tres tipos:

- Preventivo, que advierten la existencia de un peligro y la naturaleza de éste.
- Reglamentarias, cuyo objeto es indicar las limitaciones, prohibiciones o restricciones de cualquier clase.
- Informativas, para identificar, guiar y proporcionar la información que se pueda necesitar, la dirección a seguir, las áreas de labor, etc.

Las señales deben ser visibles de noche y de día, para lo cual estas serán de tipo reflectivas y deben estar convenientemente iluminadas.

Donde se requiera, como en excavaciones abiertas donde se presente circulación de personal, roturas o presencia de obstáculos en las vías o andenes, deben utilizarse mecheros alimentados por aceite o ACPM en la noche.

Deben demarcarse las áreas de operación de equipos y las zonas en las cuales está limitado el acceso de personal y/o equipos de las obras. Para esto deben utilizarse cintas de advertencia y delimitación de las áreas que se pueden intervenir.

2.5 INSTALACIONES TEMPORALES

2.5.1 Objetivo.

Establecer las medidas de prevención, control, mitigación y rehabilitación, con las cuales se deberán construir, operar y mantener las instalaciones de apoyo para las obras del proyecto, de manera que se generen el mínimo impacto sobre el medio.

2.5.2 Justificación.

La presencia de instalaciones en las que se realizan acciones de diversa índole genera efectos en el entorno, siendo necesario darles tratamiento para recuperar y/o conservar la calidad ambiental del medio afectado y confinar los efectos de manera que se evite su expansión hacia otras zonas que no deben intervenir.

2.5.3 Descripción y dimensionamiento.

Durante la construcción de la subestación no habrá campamentos habitacionales, por lo que se reduce la demanda de recursos y minimiza la atención de las necesidades de personal. Las instalaciones provisionales de la obra consideradas son las siguientes:

- Oficinas de Ingeniería, Administración e instalaciones de apoyo para el personal.
- Bodegas de almacenamiento de materiales, herramientas y equipos y talleres de adecuación alistamiento y montaje de equipos.
- Zonas de estacionamiento de vehículos y equipos.
- Caseta de vigilancia.

2.5.4 Acciones.

- Construir un cerramiento que evite el ingreso de curiosos y animales al interior de la zona de las obras. En la medida de lo posible dar una ambientación con pintura y avisos sobre la finalidad de la obra, limitación de acceso y riesgos que se presentan en caso de ingreso no autorizado a las obras.
- Localizar las instalaciones en áreas que no interfieran con la construcción de la S/E y permitan dar las pendientes necesarias para dar un adecuado manejo de las aguas de escorrentía, industriales y sanitarias que se concentran en ellas.
- Colocar superficies endurecidas con concreto pobre o mezclas de suelo cemento en las instalaciones de bodegas, oficinas, y demás equipos fijos que se requieren para las obras.
- Construir cunetas colectoras perimetrales a las zonas duras mencionadas, conectadas a sistemas de cajas colectoras de sedimentos.
- Disponer en áreas contiguas los talleres de mantenimiento, bodegas y estacionamientos (cárcamos, patios de trabajo, etc.), de manera que el manejo de escorrentías potencialmente contaminadas con grasas y aceites se pueda unificar en un sistema dotado con trampas grasas.
- Deben disponerse baterías de servicios sanitarios acorde con la cantidad de personas que laborarán en la fase de construcción. Estos servicios sanitarios deben atenderse de acuerdo con las políticas presentadas en el presente plan, según se verá posteriormente.

2.6 MANEJO DE RESIDUOS LÍQUIDOS EN INSTALACIONES TEMPORALES

2.6.1 Objetivo.

Definir las medidas y obras ambientales requeridas para el manejo de las aguas lluvias, aceitosas y negras producidas en las instalaciones temporales, de manera tal que su composición físico-química y bacteriológica se encuentre dentro de condiciones aceptables para el entorno, de acuerdo con la legislación ambiental.

2.6.2 Justificación.

Las instalaciones temporales producen residuos líquidos de diferente índole, los cuales requieren ser recolectados y manejados para evitar la contaminación de suelos adyacentes y el vertimiento de aguas contaminadas a los sistemas de aguas lluvias o aguas negras locales.

2.6.3 Localización y descripción.

Se producirán residuos líquidos en los talleres, instalaciones de servicio de equipos, almacenaje de combustibles, donde haya concentración de personal y en los distintos frentes de obra en los que se concentran escorrentías por lluvias o nivel freático.

Los residuos primordialmente serán de tipo doméstico y pluvial, encontrándose algunos de origen industrial correspondientes a restos de pinturas, aceites, algunos combustibles y disolventes.

2.6.4 Acciones a desarrollar.

- Se deben construir cunetas interceptoras que colecten y desalojen las aguas de escorrentía antes de su llegada a las instalaciones y al terreno de la S/E.
- Deben interceptarse en cárcamos las aguas aceitosas, aceites, lubricantes y combustibles que provienen de la operación, mantenimiento y eventuales contingencias en talleres, equipos y vehículos, así como las escorrentías que tengan la posibilidad de contacto con este tipo de hidrocarburos en las zonas de talleres, lavado de equipos, etc. El efluente se tratará mediante trampa de grasas a la cual se le hará revisión y limpieza periódicas.
- Para el control de grasas que puedan escurrir de la zona de parqueos o de las áreas de talleres, se pueden disponer pequeñas trampas de tipo portátil, que se puede instalar directamente sobre las cunetas en tierra y permiten la intercepción de las lluvias.
- No se deben verter sobre el terreno ni los sistemas de drenaje líquidos sobrantes de construcción tales como pinturas, solventes, inmunizantes de madera, aditivos para concreto, pegantes, resinas u otros que por su calidad o composición resulten tóxicos. Además del posible taponamiento de las conducciones de aguas negras o de escorrentía, pueden causar su deterioro y el mal funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas. Estos residuos deben almacenarse en sus recipientes para darles disposición posterior final.

2.7 FUENTES DE MATERIALES

2.7.1 Objetivo.

Definir las recomendaciones necesarias para el manejo ambiental de las zonas de préstamo que se utilicen directamente durante la fase de construcción con el fin de minimizar los efectos adversos al ambiente.

2.7.2 Justificación.

En las actividades de extracción de materiales de préstamo se producen efectos sobre el suelo y a la vegetación. Estas actividades deben realizarse de manera que se evite la expansión de los efectos hacia áreas ajenas a la explotación, se realicen las labores con las seguridades necesarias y se prevea la restitución de los terrenos afectados. Por esta razón se deben adquirir los materiales en las fuentes que tengan autorización o seguimiento ambiental.

2.8 SUMINISTRO DE AGUA

2.8.1 Objetivo.

Definir las recomendaciones, el manejo y la localización más apropiada para la obtención de agua que se va a utilizar durante la construcción y la operación de la subestación.

2.8.2 Justificación.

Teniendo en cuenta las disposiciones actuales para la utilización del agua, se hace necesario establecer el origen y las cantidades de este recurso que la obra utilizará, disminuyendo los posibles conflictos por uso que se puedan generar por la implementación del proyecto en áreas netamente urbanas.

2.8.3 Descripción y dimensionamiento.

Los trámites correspondientes ante la EAAB o la Empresa correspondiente se deben adelantar previamente a la iniciación de las obras, de manera que la acometida de instalaciones

provisionales de obra se puedan efectuar de inmediato se inicie la adecuación de las instalaciones provisionales.

Para atender la demanda se ha previsto la instalación de un tanque de almacenamiento con capacidad de 1000 lt para el uso de la cafetería, de los servicios sanitarios, el celador permanente y los ocasionales visitantes.

2.8.4 Acciones a desarrollar.

El constructor debe adelantar las gestiones pertinentes para la obtención del servicio provisional de la obra.

2.9 ACTIVIDADES DE ADECUACIÓN DEL SITIO

2.9.1 Objetivo.

Adelantar las actividades de adecuación que requiere el terreno de manera que se conserve en todo momento el equilibrio y estabilidad de los terrenos, se evite la dispersión de materiales hacia fuera de la obra y se logre confinar los efectos a la zona en intervención por el proyecto.

2.9.2 Justificación.

En las actividades de adecuación del sitio, se producen efectos sobre el suelo y en la vegetación principalmente, produciéndose transformación del paisaje, modificación de la estructura del suelo y otros efectos no reversibles. Deben aplicarse medidas de mitigación y reposición locales, de manera que los efectos se limiten y se evite la afectación de aguas y de las comunidades aledañas.

2.9.3 Descripción y dimensionamiento.

Las actividades que se desarrollarán durante la adecuación del terreno, serán las de corte, explanación, relleno y retiro de materiales para dejar plana y relativamente horizontal la zona donde se construirán las obras.

Dentro de las actividades de adecuación del terreno, se deben efectuar el desmonte, limpieza y descapote del terreno que se va a construir.

Los efectos inmediatos de estas actividades serán la modificación paisajística y cualitativa del terreno, cambio de uso y como producto final se obtendrá un volumen de residuos vegetales, los cuales son parcialmente utilizables en el proyecto y solamente los excedentes que resulten, que no se puedan disponer en el mismo sitio de las obras como se verá, deberán tener un manejo especial acorde con la resolución 541 de 1994 emanada del Ministerio del Medio Ambiente, con el fin de controlar y manejar adecuadamente los efectos que se pueden trasladar de la obra hacia otras zonas.

2.9.4 Acciones a ejecutar.

- Para delimitar la intervención en el terreno se debe delimitar la zona a utilizar y proceder al cerramiento del lote, lo que además de evitar riesgos a las personas con las obras, evita la presencia de extraños y semovientes.
- Dada la escasa vegetación que se encuentra en el terreno y el escaso o nulo horizonte de suelo, así como la casi inexistente fauna asociada pueden retirarse mediante el uso de buldózer y pueden disponerse en capas sucesivas dentro del mismo terreno, cuidando de dar la compactación y terminado suficientes de modo que se evite el arrastre de materiales por acción eólica o pluvial.
- Para garantizar un drenaje adecuado durante las actividades de conformación, es necesario tener especial cuidado con las obras de intersección y conducción provisionales, evitando su taponamiento y deterioro, tener acceso a bombas de achique y conservar al menos las pendientes mínimas del terreno.
- Para cualquier canal o cuneta provisional que se construya, deben mantenerse condiciones de flujo con velocidad menor de la de arrastre y en caso contrario deben colocarse sistemas de disipación mediante cascadas y resaltes y si es necesario deben dotarse de revestimiento en concreto.
- Debe garantizarse el flujo libre de las escorrentías durante las actividades de adecuación para evitar empozamientos que se contaminan y afectan la resistencia y/o estabilidad de los terrenos.

- Para evitar la pérdida de materiales reutilizables es recomendable que las actividades de adecuación se desarrollen en temporada seca, ya que si el material se satura, puede perderse y se deteriora rápidamente con el tránsito de vehículos. En ese caso, el material debe acumularse sobre terreno limpio con el propósito de permitir su drenaje y secado mediante oreo mecánico hasta darle las condiciones de uso requeridas.

2.10 APROVECHAMIENTO DEL RECURSO FORESTAL Y DISPOSICIÓN DE BIOMASA REMOVIDA

2.10.1 Objetivo.

Definir los aspectos operativos para el aprovechamiento del recurso forestal y la disposición de biomasa retirada en las áreas con vegetación afectadas durante la construcción de la subestación. (Decreto 2811 de 1974: Título III y IV, parte VIII, Título I – IV: De los bosques, de las áreas de reserva forestal, de los aprovechamientos forestales, de la reforestación; Decreto 1791 de 1996: Régimen de aprovechamiento forestal)

2.10.2 Justificación.

Controlar las acciones en la construcción de la subestación para no causar efectos desproporcionados durante la fase de construcción y montaje, mediante un manejo adecuado de la biomasa retirada.

2.10.3 Localización.

El programa se realizará en el sitio de la subestación en áreas con vegetación arbórea.

2.10.4 Actividades.

- Tumba y retiro del material arbóreo.
- En primer lugar se marcarán los individuos que no se van a talar mediante el uso de pintura o cinta de color.

- Se removerán solamente aquellos especímenes que se ubiquen en el área directa de la subestación o que por su porte o altura, atenten contra la infraestructura de la misma.
- En caso de no ser necesaria la tala, el corte se limitará a las ramas de árboles que por su condición presenten algún tipo de amenaza al momento de implementar obras o que obstaculicen el paso de la línea de transmisión en la llegada a la subestación.
- El sistema de corte y/o derribamiento de los árboles será mecanizado utilizando motosierras o manual con herramientas, lo más cerca posible a la superficie del suelo.
- Se removerán y/o se desraizarán solamente los árboles que queden en sitios estratégicos de la subestación y que interrumpen su buen funcionamiento (por la distancia de seguridad a la copa de los árboles, 6.5 m).
- Los árboles deberán derribarse en dirección al centro de la subestación para evitar el daño de áreas aledañas.
- Los restos de los árboles derribados, se trozarán en secciones de 1.5 a 2 m.

2.11 PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE INDIVIDUOS ARBÓREOS

2.11.1 Objetivo.

Se busca controlar mediante acciones de poda a los individuos que no fue necesario eliminar, pero que por su cercanía a la subestación evidencien alguna amenaza a la infraestructura física de la planta o vidas humanas durante las fases de construcción y operación.

2.11.2 Justificación.

Por el margen de seguridad necesario, se prevé la poda de ramas de algunos árboles y así garantizar la continuidad del servicio eléctrico.

2.11.3 Localización.

En el exterior de la planta o en sitios donde se realice el programa de manejo paisajístico.

2.11.4 Actividades.

- Solamente se cortarán las ramas que se encuentren inclinadas y/o aquellas que puedan interferir con la subestación.
- Corte selectivo de las ramas.

Para el corte de ramas gruesas se deben realizar varios cortes ya sea con motosierra u otro equipo, garantizando la seguridad del operador y evitando así mismo daños a la corteza por rasgaduras que puedan dejar grandes heridas al árbol.

Para el apeo de ramas gruesas con cuerda se debe tener en cuenta que:

El diámetro de la cuerda de apeo debe calcularse a partir del peso de la rama.

El punto de paso de la cuerda (horqueta) debe estar situado lo más vertical posible al punto de atadura de la cuerda, para evitar cualquier balanceo lateral de la rama cortada.

El punto de atadura de la cuerda sobre la rama debe situarse en el centro de gravedad estimado.

El pase de la cuerda detrás del tronco, permite evitar el esfuerzo a realizar y frenar la caída de la rama.

En el momento del corte no se debe permitir el paso de personas ajenas a la labor que se está desarrollando.

Uso de medidas profilácticas para la protección de las ramas suprimidas (aplicarles un control fitosanitario mediante una mezcla de un fungicida, herbicida y agua).

Disposición adecuada de la biomasa retirada, esta debe acumularse en los depósitos de la capa vegetal.

Seguimiento y control fitosanitario del individuo estabilizado hasta que se considere necesario.

2.12 MANEJO DE EXCAVACIONES Y RELLENOS

2.12.1 Objetivo.

Establecer las acciones necesarias para la construcción y protección de los taludes, terraplenes, explanaciones, excavaciones y rellenos que deben efectuarse en la adecuación del terreno y construcción de las obras, además de proteger al personal que labora con ellas.

2.12.2 Justificación.

La construcción de las obras y vías internas, así como la adecuación de terrenos para la instalación de equipos, conlleva la necesidad de efectuar cortes y excavaciones, terraplenes y rellenos de gran volumen, generando plataformas y taludes que pueden erodarse o desestabilizarse si no reciben el tratamiento adecuado. Ello a su vez, produce efectos adversos sobre los cursos de agua, su biota y las mismas obras, siendo necesario controlar la dispersión de efectos.

2.12.3 Localización y dimensionamiento.

El terreno es totalmente plano, por lo que los movimientos de tierra para la adecuación del sitio se originan principalmente en la presencia de un horizonte de suelo que debe descapotarse.

2.12.4 Acciones a ejecutar.

Ante todo, el constructor debe disponer de los equipos adecuados y suficientes para las labores a efectuar, los cuales deben tener las condiciones de operación y control de emisiones a que se refieren las normas del decreto 2107 de 1995 y decreto 948 de 1995 sobre emisiones de vehículos.

2.12.4.1 Explanaciones.

- Dado que el terreno de la S/E es plano, las explanaciones que se requieren para la adecuación del sitio para las obras provisionales se deben efectuar mediante la excavación de una capa superficial y su reemplazo mediante la colocación de un relleno en material compacto.

- El área de explanaciones en corte para el proyecto se extiende a toda la zona del patio de conexiones de la S/E, en la cual se requiere retirar la capa de materiales que en promedio alcanza unos 0,60 m de espesor. La problemática para esta labor se observará en la baja resistencia del subsuelo, lo que hará que se produzcan enterramientos, se generen baches y se produzca un volumen de barro importante en el sitio de las explanaciones. Por lo anterior se hace necesario limitar los movimientos superficiales únicamente a la zona determinada por los planos.
- Se sugiere que para las oficinas de obra y demás provisionales se utilicen instalaciones del tipo container, con lo cual se evita la demanda de adecuación de nuevas áreas del terreno.

2.12.4.2 Excavaciones.

- Las excavaciones del proyecto serán principalmente de dos tipos:
- Tipo pozo, que se requieren para la construcción de bases de equipos, zapatas de cimentación, tanques y similares.
- Tipo zanja, que se requieren para la construcción y colocación de tuberías de filtro y de drenaje, bancos de ductos, cables, etc.
- Con el fin de evitar la extensión de actividades a zonas que no deban transtornarse ni alterarse y se ayude a la prevención de accidentes de equipos y personas, deben señalarse y delimitarse con cintas de advertencia a una altura mínima de 1.0 m y máximo de 1.50 m todos los lugares de excavación.
- Dado que en los alrededores se presente circulación de personas en tránsito, a pie o en bicicletas, las excavaciones en zonas exteriores o aledañas al camino que lleva a la subestación deben tener señales visibles y barreras en la zona delimitando la excavación. En la noche es necesario colocar teas con ACPM e iluminar la zona si es posible.
- Para evitar el daño del suelo en las excavaciones menores en zanja o pozo que se adelanten, deberán instalarse tablestacados de retención especialmente si se adelantan en temporadas de lluvias y los materiales de las paredes presentan debilidad o partículas que amenazan caídos.

- Los derrumbes locales durante la construcción, deben retirarse y disponerse en la escombrera que se menciona en el siguiente numeral.
- Se debe mantener controlada la afluencia de las aguas superficiales mediante el uso de cunetas y/o diques interceptores de escorrentías cuyos descoles entreguen en zonas donde las aguas no influyan sobre los trabajos.
- Para controlar las aguas freáticas o lluvias que ingresen a las excavaciones se deben utilizar bombas de achique cuya descarga pase por un sistema de trampa de sedimentos.
- Deben evitarse las sobre-excavaciones para minimizar efectos sobre el terreno y en caso de necesidad el constructor solo puede proceder después de la autorización dada por la Interventoría.
- Deben mantenerse los límites de profundidad en excavaciones, la altura de los cortes y las líneas demarcadas por los planos de diseño del proyecto, dado que de este modo se reduce el área expuesta a los agentes atmosféricos erosivos y se disminuye el volumen de sobrantes.

2.12.4.3 Rellenos y sus taludes.

- El material estéril no se puede utilizar en las obras dadas la configuración del terreno y la calidad de los materiales. Por tal motivo se requiere el uso de materiales seleccionados para fines de rellenos.
- El relleno se deberá adelantar estrictamente bajo las condiciones de compactación determinadas por los estudios y diseños de ingeniería, dado que su función será la de dotar al terreno de la capacidad de soporte adecuada para la instalación de los equipos.

2.13 MANEJO Y DISPOSICIÓN DE MATERIALES ESTÉRILES

2.13.1 Objetivo.

Disponer los materiales no reutilizables en sitios donde no generen efectos ambientales negativos o resulten útiles para la recuperación de zonas.

2.13.2 Justificación.

La precipitación, el viento, acciones antrópicas o de animales, pueden originar y facilitar el arrastre de materiales generando impactos a ecosistemas adyacentes, en particular a los recursos hidrobiológicos.

2.13.3 Descripción y dimensionamiento.

Debido a que se diseñó la adecuación del terreno compensando volúmenes de materiales, no se esperan sobrantes que requieran su disposición en zonas de botaderos. No obstante en caso de tenerlos ya sea por dificultades de invierno, mala calidad del material obtenido, etc., se deben disponer de modo que se evite la afectación del medio.

2.13.4 Acciones.

- Los estériles sobrantes de la adecuación se pueden disponer dentro del terreno de la S/E siempre que ello no incida en la adecuación de áreas para la colocación de instalaciones temporales o el desarrollo de las superficies de las obras.
- En este caso, se deben extender los materiales en capas continuas de un espesor no menor de 0,40 m y su compactación se debe hacer con un mínimo de 4 pasadas del buldózer con el cual se adelanten las actividades. Si se requiere, debe agregarse un volumen de agua tal que garantice la adecuada compactación del material. Esto se debe hacer con base en la humedad que presente el material.

2.14 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

2.14.1 Objetivo.

Definir los criterios, acciones a desarrollar y obras ambientales necesarias para el manejo de los diferentes tipos de residuos generados en las instalaciones temporales y durante la construcción de las obras, cualquiera que sea su origen y composición en los diferentes frentes del proyecto. (Decreto 2104 de 1983: Define residuos sólidos, su almacenamiento, recolección, transporte y disposición sanitaria)

2.14.2 Justificación.

En las instalaciones, talleres y centros de acopio, se presentarán actividades que generan diversas clases de residuos, siendo necesario darles un adecuado manejo y disposición para evitar daño ambiental como consecuencia de su estado que se desprende de ellos.

La presencia de residuos sólidos en la construcción de la subestación, hace que se deban determinar procedimientos para su recolección, manejo y disposición final acorde con el sitio de producción, de manera que se garantice que no se tendrán efectos derivados de la presencia de residuos libres en el sitio de construcción, lo que a su vez evita situaciones que dan origen a desorden, generación de focos patológicos o fuentes de daños sobre el medio y las obras.

2.14.3 Descripción y dimensionamiento general.

Durante la construcción de las obras en el sitio de la subestación, se presentarán diversas clases de residuos sólidos que se pueden clasificar en primera instancia como industriales y domésticos.

Los residuos industriales son derivados de actividades de obra normales, del mantenimiento de los equipos y herramientas, del transporte y manejo de elementos y materiales, equipos de la planta, servicios de personal, oficinas, etc. Adicionalmente estos residuos se pueden catalogar como reciclables o no, degradables, no degradables y peligrosos, siendo necesario establecer un sistema de clasificación para su disposición final.

Sus cantidades no se encuentran determinadas, puesto que dependen de las necesidades de obra, las condiciones de transporte y el origen de los mismos, especialmente en los que se refieren a empaques y embalajes de equipos, en los que usualmente se utilizan madera y metal. En su mayoría resultan reciclables o degradables, siendo algunos de ellos de tipo peligroso para el medio (fibras de vidrio, asbestos, empaques y envases de químicos, etc.).

Los residuos domésticos provienen principalmente de las actividades del servicio de personal y oficinas de la obra, tales como residuos de comestibles, bolsas de plástico, envolturas, cajas, empaques, trapos, papeles, etc. Por lo general son de tipo degradable y no revisten peligrosidad para el ambiente, siendo muchos de ellos reciclables dependiendo de su estado de deterioro.

2.14.4 Acciones a desarrollar.

Todos los residuos de las obras deben recolectarse periódicamente y disponerse temporalmente en recipientes con tapa, de capacidad y resistencia adecuados con la clase de residuos. Deben además instalarse en un sitio accesible y protegidos de la intemperie y la acción de animales.

No se permite la incineración de basuras en las instalaciones de la S/E durante la construcción de las obras.

La recolección y disposición final de los residuos y basuras debe concertarse con la Empresa de Aseo local y en caso de no encontrarse las condiciones adecuadas, deben disponerse en un relleno sanitario .

No se debe regalar a la comunidad ninguna clase de envase, empaque o materiales provenientes o sobrantes de las actividades de las obras. En especial se debe omitir la donación de envases de materiales peligrosos tales como pinturas epóxicas, solventes industriales, canecas de aceite dieléctrico, etc., los cuales requieren de un proceso de limpieza especial para remover los restos de materiales que son considerados especiales o tóxicos

El constructor de las obras debe disponer de una cuadrilla de personal que se encargue de la ejecución de las actividades recomendadas y a diario se encargue de la revisión de las obras recolectando los residuos que pudiesen quedar.

2.14.4.1 Residuos Industriales.

- Es obligatorio clasificar los residuos biodegradables (maderas, papeles sin químicos ni aditivos, etc.), de los no biodegradables (plásticos, vidrios y otros sintéticos). Se debe instruir al personal sobre esta clasificación.
- Para la selección se deben colocar tambores de diferentes colores con el fin de separar las basuras (por ejemplo, plásticos en un tambor de color amarillo, papel y cartón en uno de color verde, metales en color naranja, etc.). Así se facilita tanto el transporte como la disposición final y aún el reciclaje de muchos de estos residuos. Todos los recipientes deben ir marcados claramente según la clase de residuos que se dispone en ellos.
- Se deben recolectar periódicamente los residuos sólidos industriales (bolsas y empaques plásticos, canecas, frascos, envases metálicos y otros). Los desechos y equipos dados de baja que tengan remanentes de aceites, lubricantes o similares (filtros de aceite y gasolina,

empaques, sellos de caucho, baterías), se deben almacenar en tambores metálicos con tapa. Se deben conservar en un lugar cerrado y cubierto.

- Los papeles y trapos con hidrocarburos pueden utilizarse para señalización nocturna en sistemas de teas alimentadas con ACPM en la zona de las obras de la vía de acceso y el sitio de la subestación, con lo cual se garantiza combustión completa y se advierte sobre peligros. Debe hacerse esta operación en tarros sin escapes y en forma controlada y limitada. Las cenizas de combustión completa se pueden disponer en las canecas para llevarse al relleno sanitario.
- Debe disponerse de recipientes en oficinas, talleres de mantenimiento de equipos, bodegas de almacenamiento de materiales, caseta de vigilancia, oficinas, baños, etc., todos demarcados según la clasificación y selección de residuos que se haga.

2.14.4.2 Residuos domésticos.

- Se deben segregar los residuos biodegradables (restos de comida, maderas y papeles) de los no biodegradables (p.ej. vidrios), seleccionando los reciclables e instruyendo al personal para que se evite la colocación de vasos, platos plásticos y otros sintéticos que no son biodegradables.
- La recolección y disposición final de todos estos residuos debe sujetarse a las necesidades o acuerdos adelantados con la Empresa de Aseo local y de acuerdo con; esto se debe disponer de las canecas y sitios con capacidad adecuada para el almacenaje temporal.
- En los frentes de construcción debe disponerse de un sistema de colección de las basuras para evitar la presencia de bolsas plásticas, restos de empaques, cáscaras de frutas, etc. común en la ejecución de los trabajos.
- En la zona que se disponga para la toma de alimentos del personal de obra se debe instalar una batería de recipientes que permitan la selección y clasificación de los residuos que resulten de esta actividad. No se deben instalar cocinas ni otra clase de instalaciones similares dentro de las obras de la S/E.

2.15 MANEJO DE RESIDUOS LÍQUIDOS

2.15.1 Objetivo.

Proponer los sistemas de tratamiento sanitario convenientes para los distintos afluentes identificados para la construcción del proyecto, de manera que se prevenga y evite la entrega de afluentes que puedan contaminar el medio y transmitir o facilitar la propagación de agentes patógenos. (Decreto 1594 de 1984: Normas de vertimientos de residuos líquidos).

2.15.2 Justificación.

Los procesos que se adelantan en la construcción de las obras de la S/E, van acompañados de la producción de residuos líquidos que deben tratarse previamente a su descarga al medio los cuales deben tener una calidad físico-química acorde con las normas de vertimiento, la clase de receptor y el uso de posterior de las aguas receptoras.

2.15.3 Acciones.

Debe disponerse de sistemas de captación, manejo y conducción (redes de drenaje) separada de escorrentías, afluentes domésticos e industriales, especialmente aguas aceitosas, con el fin de darles tratamiento para entregarlas al medio ambiente en condiciones adecuadas de calidad.

2.15.3.1 Sistema de aguas negras.

Para atención del personal durante la construcción de las obras, que se estima en promedio de 35 a 40 personas, se ha previsto la instalación de dos baños dotados con una taza sanitaria, lavabo y un orinal.

2.15.3.2 Sistema de aguas industriales.

- Corresponden a las aguas provenientes de zonas en las que se desarrollan actividades de mantenimiento, talleres, servicio de vehículos o similares y que reciben o pueden recibir residuos de aceites, lubricantes, combustibles, disolventes, pinturas, etc., como también las escorrentías que tengan la posibilidad de contacto con este tipo de materiales. Previo a su vertimiento deben pasar por un sistema de trampa de grasas, en la cual se garantice la remoción acorde con la normatividad previamente a la descarga sobre el afluente final. La

trampa debe revisarse a diario y retirarse la nata producida por las grasas y demás materiales presentes.

- Para el apoyo y mantenimiento de los equipos pesados debe adecuarse una zona de parqueo para cambio de aceite y lubricantes. Para los vehículos de la obra el servicio y mantenimiento se debe efectuar únicamente en instalaciones y talleres existentes en la ciudad. No se admite por ningún motivo la realización de estas actividades dentro del terreno de la obra o en las áreas aledañas.
- Para la colección de aguas potencialmente aceitosas durante la operación de la S/E se ha previsto la colocación de fosos bajo los Transformadores de Potencia, las cuales pasan por medio de tubería al tanque de colección en donde se efectúa la separación del aceite y es posible su recuperación mediante un sistema de bombeo.

2.15.3.3 Sistema de aguas lluvias

- Las obras de drenaje de aguas lluvias en las instalaciones provisionales se deben localizar y construir dando capacidad y alineamiento adecuados para evitar erosión y/o sedimentación en la entrada, salida o a lo largo de las obras, por lo que se considera necesario efectuar su construcción con revestimiento en concreto pobre.
- Las obras, instalaciones y vías internas deben disponer de las alcantarillas necesarias para evitar que se presente interrupción del drenaje natural y/o artificial que permite el desalojo de aguas de la zona.
- Debe evitarse la infiltración de aguas en los materiales de relleno, mediante la construcción de zanjas perimetrales de manera que se evacuen las aguas conduciéndolas finalmente al drenaje natural. En caso de ser necesario el revestimiento de estas cunetas, se debe construir subdrenes que permitan el alivio de subpresiones en los taludes, con lo cual se evita su fallamiento.
- Para el desalojo de las aguas de escorrentía superficial en la zona, se debe construir un sistema de conducción en canal revestido y disipadores de energía que permiten su entrega al canal que se encuentra adjunto al del terreno.

2.16 DESMONTE Y RETIRO DE INSTALACIONES PROVISIONALES

2.16.1 Objetivo.

Restablecer el terreno ocupado temporalmente con las instalaciones de apoyo durante la construcción de la S/E.

2.16.2 Justificación.

El levantamiento de instalaciones genera residuos de toda índole como tierra, cemento, ladrillo y similares. Por lo tanto, estos materiales deben disponerse en las escombreras ambientalmente autorizadas y lograr la restitución del terreno ocupado de manera que se restablezcan o se mejoren sus valores ecológicos.

2.16.3 Responsabilidad de la ejecución.

El levantamiento de instalaciones es responsabilidad del Constructor y la supervisión se hará por parte de la Interventoría Ambiental.

2.16.4 Acciones a ejecutar.

- Las conducciones subterráneas deben retirarse después de la terminación de las obras, con el fin de evitar que con el transcurso del tiempo se genere deterioro, originando problemas de infiltraciones y/o estabilidad en el terreno involucrado.
- Las instalaciones de pozo séptico y campo de infiltración de las instalaciones provisionales someterse a una revisión y mantenimiento con el fin de dejarlos en condiciones operativas apropiadas para la S/E.
- Estas instalaciones de obra producen diferentes clases de residuos y efluentes cuyo manejo debe efectuarse de acuerdo a los lineamientos definidos en los programas de manejo de residuos.

2.17 PROGRAMA DE MANEJO PAISAJÍSTICO

2.17.1 Objetivo.

Minimizar los posibles efectos visuales que la introducción del proyecto puede producir al medio netamente urbano ofreciendo por ende, a los trabajadores y visitantes un entorno acogedor. (Decreto 2811 de 1974 Parte V: Respecto a los recursos del paisaje y su protección. Decreto 1715 de 1978 en cuanto a protección del paisaje)

2.17.2 Justificación.

El plan de reforestación* propuesto presenta una serie de acciones que se consideran como medidas de restauración paisajística a realizarse durante la construcción y operación de la subestación con el fin de adecuar el medio receptor del proyecto y proveer un beneficio mesoregional.

2.17.3 Acciones.

Las acciones a ejecutar se refieren al establecimiento de parcelas de restauración paisajística según los siguientes criterios:

- Zona perimetral de la subestación.
- Zona institucional.

A continuación se describen y se dan las pautas de adecuación; se presenta una lista de especies propuestas junto con algunos parámetros para el manejo de las especies.

2.17.3.1 Zona perimetral de la subestación.

Esta zona corresponde al contorno de las locaciones, en ella se establece el límite de la subestación, mediante la implementación de una barrera de árboles de crecimiento medio.

*

Dentro del Programa de Manejo Paisajístico se encuentra involucrado el Plan de Compensación o de Reforestación, el cual nos da a conocer el número de especies (árboles y arbustos) a reforestar. Dicha cantidad se estableció a partir de la fórmula $N=10.000 / D^2 * K * H$, en donde N es el número de especies a sembrar, D la distancia de siembra, K es una constante igual a 1.155 y H el número total de hectáreas.

2.17.3.2 Zona institucional.

Esta zona corresponde a las oficinas y demás instalaciones operativas de la subestación, deben tener una barrera de aislamiento, basada en árboles ornamentales de mediana a baja talla, acompañada de cojines de plantas herbáceas o arbustivas muy bajas que florezcan y sirvan de alimento a la fauna.

En las jardineras entre instalaciones se pueden sembrar herbáceas de floración continua, para ornamentar en mosaico agradable a la vista. La distancia de siembra de los individuos dependerá de la especie en todos los casos.

2.18 PAUTAS METODOLÓGICAS

2.18.1 Selección del material vegetal.

La selección del material vegetal, se realizará en los viveros comerciales. Los árboles en el momento de su adquisición deben tener una altura mínima de 1,20 m, mientras que la altura de los arbustos y herbáceas dependerá de la especie.

2.18.2 Siembra del material vegetal.

- Es necesario realizar algunas prácticas para el manejo químico-nutricional del suelo antes al proceso de revegetalización que dependerán de sus características físicoquímicas a nivel puntual y de las especies a utilizar, pero que en forma general se refieren a la aplicación de correctivos para mejorar el pH y el nivel de fósforo mediante el uso de roca fosfórica, entre 75 y 100 gr una semana antes de la siembra de las especies.
- Dependiendo de las especies utilizadas en la revegetalización será necesario el uso de fertilizantes de fórmula completa y de la adición de elementos menores en el momento de la siembra y/o después de que se haya completado el proceso de prendimiento.
- La excavación mínima para cada espécimen vegetal, dependerá de la especie, en el caso de los árboles, no será menor de 0,3 x 0,3 x 0,3 m, la cual debe rellenarse con tierra vegetal, previendo una capa mínima de 0,30 m., sobre el fondo de la excavación, para inmediatamente después efectuar el transplante. De igual forma la separación entre centros de excavación para los

árboles, dependerá de la especie, pero se debe tener muy presente que esta distancia debe asegurar la conformación de una barrera y que los tallos principales de los árboles deben quedar perfectamente alineados. En forma general, se recomienda una distancia de 3 m entre ellos. En una área de aproximadamente 0,244 Ha, se sembrarán 72 individuos de las diferentes especies de árboles recomendadas en tres bolillo

- En el caso de los arbustos y herbáceas el modelo de siembra y la distancia entre individuos será de 4 m, en cuatro bolillo, pero al igual que en el caso anterior debe asegurarse el establecimiento de una barrera o de una cobertura vegetal continúa. Se sembrarán 89 individuos de arbustos en los límites de la subestación
- Se realizarán actividades de riego, cuidado y control fitosanitario durante la etapa de arraigo del material, hasta su establecimiento.

2.18.3 Especies Recomendadas.

Tabla 1. Especies de plantas recomendadas para el manejo paisajístico.

ZONAS	TIPO DE BARRERA	HABITO	PLANTA
PERIMETRAL	Aislamiento	Arbustivo	Laurel - 16 especies. Amarrabollo - 16 especies. Sietecuecos - 25 especies. Sangregado - 16 especies. Pajarito – 16 especies. Abutilón
			Arbustivo
INSTITUCIONAL	Aislamiento	Arbustivo	Pajarito Abutilon Helecho Arborescente Rosas Margaritas Azucenas
	Ornamentación	Flores	

2.19 PLAN DE GESTIÓN SOCIAL

El propósito fundamental del Plan de Gestión Social se orienta a definir las acciones que el proyecto de la subestación, debe desarrollar para potenciar aquellos efectos positivos y mitigar o compensar los efectos negativos en su área de influencia directa.

2.19.1 Campañas Informativas durante la fase de construcción.

Previa iniciación de la construcción de la Subestación se deberá realizar campañas de divulgación masiva sobre el proyecto y los posibles efectos en el ámbito ambiental que éste generará en la zona; así como sobre los programas y proyectos que realizará para compensar o mitigar los efectos negativos y potenciar los positivos.

Las Campañas de divulgación deberán contener mensajes claros y precisos destacando siempre los factores más positivos de la ejecución del proyecto en el ámbito ambiental y socioeconómico; así como los beneficios que ofrece para la población residente en la zona de influencia directa.

2.20 PROYECTO DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL A CONSTRUCTORES Y TRABAJADORES

2.20.1 Introducción.

La actitud de los constructores y trabajadores es fundamental para contribuir al mejor desarrollo del proyecto, tanto por la posibilidad que tienen de mitigar posible efectos puntuales a escala ambiental, como por la relación que establecen con la comunidad.

En este sentido, es importante desarrollar procesos de sensibilización como medio para incentivar cambios en las actitudes de los Constructores y trabajadores que puedan ocasionalmente generar conflictos para el desarrollo del proyecto.

2.20.2 Objetivo.

Contribuir a mitigar efectos ambientales puntuales del proyecto e incentivar a los constructores y trabajadores para que establezcan relaciones con la comunidad acorde con su contexto cultural, social y económico.

2.20.3 Actividades.

Será necesario desarrollar talleres periódicamente dirigidos únicamente a los constructores y trabajadores, en diferentes horarios durante la fase de construcción del proyecto.

Los temas a tratar se refieren fundamentalmente a:

- Las características culturales, económicas y sociales de los habitantes del área de influencia directa referidas a la actitud de los constructores y trabajadores para desarrollar en las mejores condiciones posibles el proyecto.
- Los beneficios ambientales puntuales y globales derivados de una actitud de mayor nivel de responsabilidad individual, haciendo énfasis en el manejo de basuras y disposición de desechos de la construcción.

2.20.4 Resultados esperados.

- Motivación a los constructores y trabajadores para que desarrollen las actividades del proyecto con el menor impacto negativo posible.
- Modificar favorablemente el manejo de la basura a escala local, por parte de los trabajadores habitantes en la zona, y la disposición de desechos generados por la construcción de la Subestación.
- Relaciones con la comunidad acorde con sus condiciones culturales, sociales y económicas.

2.21 PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

2.21.1 Introducción.

El acceso al terreno donde se desarrollará el proyecto se hará por las vías circundantes al mismo, las cuales sirven a los barrios circunvecinos. En tal sentido, lo que implica que la innovación que significa la construcción de la subestación, alterará la transitabilidad vehicular y peatonal en toda el área, incrementándose por tanto la posibilidad de accidentes por la presencia de volquetas y vehículos pesados.

2.21.2 Objetivo.

Reducir al máximo la posibilidad de accidentes de tránsito y por tanto el nivel de posible conflictividad.

2.21.3 Actividades.

- Señalización preventiva por donde transitarán las volquetas y vehículos del proyecto.
- Inducciones periódicas a los conductores del proyecto, con temas relacionados con la seguridad vial.
- Campañas de seguridad vial en los colegios del área de influencia del proyecto así como en los talleres a realizar con la comunidad.

2.22 PLAN DE CONTINGENCIA

Presentaremos una serie de lineamientos que dan respuesta eficiente e inmediata a los posibles eventos de emergencia que surjan durante la puesta en marcha del proyecto, el objetivo es proteger de impactos adversos a la vida humana y la afectación del ambiente, durante la construcción y operación de la subestación. Estos lineamientos se sintetizan en los siguientes aspectos:

2.22.1 Fallas mecánicas.

Para garantizar el óptimo funcionamiento de la subestación, desde la etapa de construcción hasta su operación, es necesario realizar una revisión minuciosa de cada uno de los componentes estructurales.

2.22.2 Caída de trabajadores, herramientas o partes de los equipos.

Una de las acciones que hay que prever durante el proceso de construcción de la subestación en lo que respecta al montaje de estructuras y otros elementos es el manejo de equipos y el personal encargado de los mismos, labor que debe ejecutarse por personas idóneas, con amplia

experiencia, de tal manera que se busque reducir al máximo los riesgos de accidentalidad por caída y/o desprendimiento de alguno de los implementos de trabajo. Como principio y norma general se recomienda que durante la vestida de éstas se limite y señalice el área de trabajo, prohibiendo la circulación de personas ajenas y de la misma obra durante el proceso constructivo. Normalmente las personas que ejecutan esta labor deben estar sujetas al igual que las herramientas de trabajo a los pretales para evitar que estas se caigan. Igualmente el personal que se encuentra en la parte de abajo dando instrucciones debe estar protegido con casco de seguridad y de acuerdo a las medidas de seguridad para este tipo de trabajo.

2.23 PLANES DE ACCIÓN

A continuación se establecen las acciones a seguir en caso de presentarse alguna de las contingencias antes mencionadas:

Para el desarrollo del plan de acción para emergencias, las siguientes acciones serán consideradas para todo tipo de evento.

- Establecer si la emergencia generó heridos, muertos o lesiones personales al personal de la obra o a algún particular y en caso afirmativo alertar a las autoridades civiles, de salud y de socorro más cercanos.
- Evaluar el funcionamiento global del Plan de Contingencia.
- Subsanan los daños a terceros.

2.24 PROCEDIMIENTOS PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS PARTICULARES

Durante el desarrollo de proyectos de construcción de subestaciones se puede presentar las siguientes contingencias:

2.24.1 Caída de un operario.

En caso de presentarse la caída de un operario desde una estructura o equipo se deberá efectuar el siguiente procedimiento:

- Actuar con calma y con rapidez. Si no se tiene conocimiento de primeros auxilios es preferible no mover al accidentado, mantener inmovilizado al accidentado y avisar con la mayor brevedad posible al centro de atención médica más cercano.
- Evitar la presencia de los curiosos ya que estos con sus ademanes y comentarios aumentan la alarma y el nerviosismo del accidentado
- No suministrar ningún tipo de bebida debido a que si el accidentado no está plenamente consciente el líquido puede ingresar a los pulmones agravando su estado.
- Si se tienen conocimientos de primeros auxilios, conviene hacer un breve reconocimiento del enfermo para comprobar si no hay lesiones importantes, o para descubrir alguna que no sea evidente. Podrá determinarse si hay una hemorragia abundante, o falta de respiración, pulso muy débil, pérdida de conocimiento o estado de choque que por su gravedad debe ser atendido en forma inmediata.
- Conviene examinar la boca para determinar si hay cuerpos extraños, como dientes rotos o una dentadura artificial suelta que en un paciente inconsciente o semiconsciente podría pasar a la laringe o a la traquea.
- Salvo en el caso de que la lesión sea leve, es una regla fundamental dar aviso al hospital o servicio médico más cercano, dando con la mayor claridad posible los siguiente datos: Lugar del accidente, clase de accidente y de lesión, si hay o no hemorragia, estado general del accidentado, si hay fractura o dolor intenso. Además pídase consejo acerca de lo que conviene hacer hasta que llegue la ambulancia.

2.24.2 Electrocutión.

En caso de presentarse accidente por contacto con algún elemento bajo tensión eléctrica se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Separar al accidentado del contacto con la corriente, ya sea activando el sistema de desconexión del sistema eléctrico o si esto no fuese posible, separarlo del conductor o equipo eléctrico tomando todas las precauciones necesarias para no ser a la vez víctima de una descarga eléctrica.
- Debe tenerse presente que cualquier objeto mojado es buen conductor de la electricidad lo mismo que cualquier metal, en cambio la madera seca, el caucho, la ropa seca no conducen la electricidad, por lo tanto estos elementos pueden utilizarse para separar al accidentado de la corriente.
- Una vez separado el accidentado se deben tener en cuenta los aspectos mencionados anteriormente para el caso de caídas.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA CIVIL

3.1 OBRAS PRELIMINARES

La presente sección se refiere a la ejecución de las labores preliminares necesarias para la iniciación de las obras y que hacen parte de las mismas.

En particular el trabajo comprende los siguientes aspectos:

- Localización general de las obras.
- Replanteo y amojonamiento de los ejes del proyecto y de las referencias altimétricas del mismo.
- Desmonte y limpieza general inicial.
- Disposición y transporte de material sobrante a botaderos autorizados.
- Instalación de la malla de puesta a tierra.

3.1.1 Localización y replanteo.

Es el trabajo que debe realizarse para determinar la ubicación exacta de las obras en el terreno.

3.1.1.1 Ejecución del trabajo.

Los trabajos se realizarán ciñéndose a los planos para lo cual se emplearán sistemas e instrumentos de precisión, basándose en los ejes, puntos fijos y B.M. existentes. Los ejes se materializarán

mediante mojones localizados fuera de las áreas de construcción, de modo que sea posible replantearlos en un futuro.

3.1.1.2 Materialización del replanteo

Al iniciar las obras, se deben materializar los puntos de base y referencia del proyecto que indiquen los planos, y localizar en detalle las obras a realizar.

Al terminar las obras se dejarán dos B.M. en diferentes partes de la Subestación con su correspondiente placa en bronce indicando su altitud y coordenadas reales.

3.1.1.3 Documentación.

A medida que se ejecuten las tareas de replanteo, se debe dejar una copia de todas las carteras, cálculos y planos elaborados referentes a las labores topográficas relacionadas con el proyecto como memorias de cálculo de avance del mismo.

3.1.2 Desmote y limpieza inicial.

El desmote consistirá en la tala, desarraigo y/o remoción de todos los árboles, arbustos, troncos, tocones y cualquiera otra vegetación, que haya necesidad de remover para poder efectuar correctamente el descapote (aplicando cada una de las especificaciones del plan de manejo ambiental).

La limpieza consistirá en el retiro de los materiales producto del desmote o el retiro de los materiales sueltos correspondientes a desechos de construcción o basura que se encuentre en el sitio de las obras.

3.1.2.1 Retiro de materiales sobrantes.

Una vez efectuada la labor de desmote, se debe proceder a retirar, reubicar o transportar a botaderos autorizados todos los materiales provenientes de tal operación.

3.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS

La presente sección se refiere a la ejecución de todas las labores relacionadas con la explanación, cortes, terraplenes y rellenos necesarios para la construcción de las obras.

No se hará clasificación de la excavación en atención a la calidad del material (roca o terreno común) o a las condiciones de humedad del mismo.

En particular el trabajo comprende los siguientes aspectos:

- Adecuación del terreno, en el sector de los trabajos, incluido el descapote, los cortes y los rellenos necesarios para obtener los niveles de subrasante.
- Excavaciones generales para estructuras.
- Excavaciones para bases en los patios de conexiones.
- Excavaciones para la construcción de obras de drenaje, zanjas, cunetas, alcantarillas y otras estructuras misceláneas.
- Construcción del cajeo para vías y patios.
- Relleno alrededor de las estructuras.
- Rellenos de mejoramiento para fundaciones.
- Materiales de filtro para los drenajes de patio.
- Instalación de polietileno, polisecc o similar, para protección de las subrasantes naturales.

3.2.1 Descapote.

Consiste en la remoción de la capa vegetal y de los suelos que tengan exceso de materia orgánica.

El descapote se debe efectuar con maquinaria adecuada ó manualmente hasta lograr la remoción total del material definido atrás.

Cuando un área debe ser terraplenada, debe descapotarse previamente a la colocación del polietileno y luego del terraplén.

3.2.2 Excavaciones.

Se considera excavación todo corte de terreno, ya sea natural o terraplenado ejecutado a mano o con máquina, necesario para obtener los niveles de proyecto.

3.2.2.1 Disposiciones generales.

En ciertos casos se debe dejar sin excavar una capa de 30 cm de espesor aproximadamente antes de alcanzar el nivel de excavación definitivo. Esta capa se removerá inmediatamente antes de la colocación del concreto de cimentaciones, para evitar el deterioro superficial del terreno que servirá de apoyo de las fundaciones.

3.2.2.2 Métodos de excavación.

Se adoptaran los métodos de excavación y las precauciones con entibado en madera para excavaciones mayores de 1,50 m, que sean necesarias para obtener superficies excavadas lisas y firmes y que se ajusten tanto como sea posible a las dimensiones requeridas.

3.2.2.3 Manejo de aguas.

Se deberán construir todas las obras necesarias para conformar los sistemas temporales de drenaje superficial y bombeo necesarios para mantener las excavaciones para fundaciones y taludes excavados libres de agua en la medida en que se requiera para construir cada parte de la obra.

3.2.2.4 Disposición de desechos.

El material obtenido de las excavaciones podrá ser utilizado en rellenos siempre que sea posible. Si el aprovechamiento no es inmediato, se procederá a seleccionarlo y apilarlo en un sitio conveniente para su utilización posterior.

El material proveniente de excavaciones, limpieza y descapote que no se utilizará deberá llevarse a las zonas de botaderos propuestas y aprobadas para tal fin.

3.2.2.5 Definición de trabajos.

- Explanación en corte.

Se entiende por explanación en corte, la remoción del terreno hasta obtener el nivel de la subrasante y hasta la línea de los taludes de excavación que se indican en los planos; incluye también el alistamiento de la subrasante para obtener los niveles y pendientes de drenaje del área de trabajo, de acuerdo con lo indicado en los planos.

Se entiende que este tipo de trabajo se puede hacer con equipo para movimiento de tierras a tajo abierto.

Para las zonas que se dedicarán a patio de equipos, y cuando el material que corresponda a la superficie no garantice la impermeabilidad necesaria para transportar la escorrentía, se debe hacer un corte adicional de 15 cm, colocando una lámina de polisecc y sobre ésta una capa de material tipo 3 (sub-base) para proceder a obtener las pendientes necesarias por perfilado posterior.

- Excavación a mano o en cajón para estructuras.

Una vez obtenido el nivel de subrasante, será necesario hacer las excavaciones para construir estructuras, fundaciones, bancos de ductos, obras de drenaje, cajas de tiro, canaletas, losas de carrilera, bases de transformadores y malla a tierra. Estas excavaciones se harán a mano o utilizando zanjadoras y todas deberán entibarse y efectuarse con el mayor cuidado para prevenir derrumbes y/o daño excesivo a los terrenos circundantes.

Se preparará el terreno para las fundaciones de tal manera que se obtenga cimentación firme y adecuada para todas las partes de la estructura. El fondo de las excavaciones, destinadas a recibir concreto, deberá terminarse cuidadosamente a mano hasta darle las dimensiones exactas indicadas en los planos. Las superficies así preparadas deberán protegerse con una capa de concreto pobre de 5 cm de espesor y mantenerse drenadas.

Las excavaciones para instalación de tuberías deberán conformarse de tal manera que el fondo de las zanjas se adapte a los alineamientos y pendientes de las tuberías; deberá perfilarse a

mano para darle la forma natural de la base de tubo en toda la longitud, de tal manera que aproximadamente el cuarto inferior de la sección circular quede firmemente apoyado. Las campanas de los tubos deberán quedar orientadas en el sentido contrario a la pendiente. Las zanjas construidas ya sea en terreno natural o en un terraplén, tendrán el ancho indicado en los planos y sus paredes deberán ser verticales en cuanto sea posible.

Cuando la tubería se coloca directamente sobre el terreno natural, se deberá excavar y compactar un ancho de base, de por lo menos tres veces el diámetro del tubo.

3.2.3 Rellenos y terraplenes - disposiciones generales.

Incluye la colocación, y compactación, de los materiales para terraplenes y rellenos varios.

El terreno sobre el cual se vaya a colocar rellenos debe estar libre de vegetación, raíces y tierra vegetal. Los materiales de relleno deben estar exentos de materia orgánica, basura y tierra vegetal y serán extendidos sobre una lámina de polisecc.

3.2.3.1 Control de compactación.

El material de relleno se colocará y compactará de acuerdo con sus características y volumen, con pisones manuales y neumáticos, o con equipos pesados de compactación.

El control de compactación de los rellenos se hará comparando la densidad del campo con la máxima densidad seca, calculada con la siguiente expresión:

$$D = \frac{P_f \times D_f}{100} + \frac{0,90 P_c}{100} \times D_u$$

Donde :

D = Máxima densidad seca del material.

Df= Máxima densidad seca de la fracción de material que pasa el tamiz #4. Esta densidad se determina de acuerdo con la Norma D698-00a *Standard Test Methods for Laboratory*

Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³)) de la ASTM, última edición vigente.

Du= Peso unitario de las partículas retenidas en el tamiz #4, calculado con base a la gravedad específica.

Pf= Porcentaje en peso de la fracción de material que pasa el tamiz #4.

Pc= Porcentaje en peso de la fracción de material retenido el tamiz #4.

Se deberán ejecutar ensayos de Proctor Modificado (Norma D1557-00 *Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))* de la ASTM) sobre muestras representativas del material, para la determinación de las densidades máximas de todos los materiales que usará en los rellenos y terraplenes.

La densidad del material colocado en la obra se controlará tomando una muestra en forma de cubo de aristas iguales al espesor de la capa compactada. El contenido de humedad de la muestra se determinará sobre el total de la misma, secada en un horno a 110 grados centígrados, hasta que la muestra alcance un peso constante.

3.2.3.2 Colocación del relleno alrededor de estructuras.

Alrededor de estructuras o cimientos de concreto se colocarán rellenos de los tipos que indiquen los planos. La colocación del relleno deberá hacerse en capas y con el cuidado necesario para evitar presiones excesivas y daños subsiguientes en las estructuras.

No se podrá iniciar labores de relleno antes de 8 días después de fundido el concreto que ha de quedar cubierto.

3.2.4 Clasificación de los materiales de relleno.

En este artículo se establecen las características y zonas de utilización de los diferentes tipos de materiales cuyo uso se propone para la obra.

3.2.4.1 Relleno tipo 1 (Materiales granulares para mezclar).

Es el constituido por materiales granulares o pétreos compactados con equipos vibratorios. Se utilizará como material en limpio con granulometrías y propiedades mínimas, como el subtipo 1d, arena de peña, deberá ser bien drenada pero compactable y se usará en los ductos. Según el uso se definen los siguientes subtipos.

- Sub-tipo 1a - Gravas utilizadas como parte gruesa de filtros y para piso de grava.
- Sub-tipo 1b - Gravillas utilizadas principalmente como parte de filtros.
- Sub-tipo 1c - Arena lavada.
- Sub-tipo 1d - Arena de peña, para relleno de ductos.

3.2.4.2 Relleno tipo 2 (Material de excavación seleccionado).

Es el constituido por los mejores materiales que se obtengan de las excavaciones, con exclusión de materia orgánica y selección de tamaño máximo de acuerdo a su uso. Los materiales con tamaño máximo de 7,5 cm (3") se usarán para terraplenes mientras que los tamaños máximo de 5 cm (2") se usarán para rellenos de obras no principales (zanjas, canaletas, ducterías, cajas de tiro y pozos).

3.2.4.3 Relleno tipo 3 (Sub-bases).

Constituido por materiales pétreos o granulares, libres de terrones de arcilla o de materia orgánica u otros materiales objetables, procedente de cantera.

Se usará principalmente como sub - base para losas de carrilera y transformador y mejoramientos de subrasantes y fundaciones.

3.2.4.4 Relleno tipo 4 (Granular - Filtros).

Es el compuesto por materiales filtrantes, limpios, durables, granulares, no plásticos. Para los lechos filtrantes sin tubería ó zanjias con tubería con protección de geotextil, se utilizará material del subtipo 1a.

Para este último caso, se puede combinar con material del sub - tipo 1b. El material más grueso se colocará alrededor de las tuberías.

3.2.4.5 Relleno tipo 5 (Seleccionado de préstamo).

Este es un material de préstamo o cantera similar al relleno tipo 3, pero con una granulometría más cerrada. El material no deberá ser propenso al bombeo y podrá consistir en grava, arena, piedra partida o combinación de ellas de manera tal que el tamaño máximo de las partículas no supere el tercio de espesor de la capa compactada. Tendrá usos similares a los del relleno tipo 2, diferenciándose de él únicamente por su origen, ya que no se considera proveniente de la excavación.

3.2.4.6 Relleno tipo 6.

Se utilizará en bases para vías y patios. Constituido por material granular que se usará para bases de vías, calzadas y patios. Se utiliza como superficie de rodadura para las vías de servicio interno que no son pavimentadas.

El material se colocará y extenderá ya sea en una sola capa o en dos capas de espesor aproximadamente iguales. La compactación mínima será del 95 % de la densidad máxima del ensayo Proctor modificado.

3.2.4.7 Relleno tipo 7.

Constituido por arena de peña y cemento Portland en proporción 1 (cemento) y 10 (arena).

3.2.4.8 Relleno en tierra orgánica.

Se utilizará como material de relleno para malla a tierra y como soporte para zonas empedradas. Consiste en tierra orgánica libre de raíces, troncos, desechos y piedras de tamaño superior a 1".

3.2.5 Mantos permeables (Geotextil).

Se instalará un manto impermeable tipo geotextil alrededor de las tuberías de drenaje del patio de conexiones.

3.2.5.1 Material.

Además de la especificación básica mencionada en la especificación teórica del material, el geotextil debe tener las siguientes características:

Tabla 2. Características del material geotextil.

Tipo de acción	Norma ASTM	Resistencia	
		Longitudinal	Transversal
Tracción	D1682 (<i>Standard Methods of Test for Breaking and Elongation of Textile Fabrics</i>)	58 daN	49 daN
Rasgado	D1117-99 (<i>Standard Guide for Evaluating Nonwoven Fabrics</i>)	22 daN	20 daN
Perforación	D751-00 (<i>Standard Test Methods for Coated Fabrics</i>)	27 daN	27 daN
Elongación	D1682 (<i>Standard Methods of Test for Breaking Load and Elongation of Textile Fabrics</i>)	85 %	95 %

La velocidad de flujo vertical debe ser de 21 L/s. El tamaño equivalente de las aberturas debe ser de 70 micrones y el coeficiente de permeabilidad normal debe ser de 0,1 cm/s por lo menos.

3.3 CONCRETOS

Esta sección cubre los requisitos referentes a materiales, preparación, formaletas, transporte, colocación, fraguado, curado, acabados y reparación de todo el concreto que se va a emplear en la construcción de las estructuras permanentes requeridas para las obras, incluyendo entre otras:

- Construcción de las estructuras de concreto.
- Concreto para fundaciones.
- Construcción de estructuras misceláneas en toda la obra.

Todos los trabajos relacionados con concretos, se deben regir por las estipulaciones aplicables a la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98.

3.3.1 Estipulaciones generales.

3.3.1.1 Concreto de una central de mezclas.

Dentro de una misma estructura no se deberán usar concretos provenientes de diferentes centrales de mezcla, ni tampoco utilizar cementos de marcas diferentes. Así mismo, no se deberá usar simultáneamente mezclas provenientes de una central de mezclas y mezclas hechas en el sitio.

3.3.1.2 Elementos embebidos en el concreto.

Los pernos y platinas de anclaje, se mantendrán firmemente en su posición correcta, de tal manera que no sean desalojados durante la colocación del concreto.

Así mismo se instalará, antes de fundir el concreto, las piezas embebidas, pasamuros y tuberías o accesorios para las mismas que atraviesan las estructuras. Se deberá tener especial cuidado y tomar todas las precauciones del caso para que dichos elementos queden correctamente empotrados en el concreto y para que no se formen vacíos, grietas y hormigueros en los sitios en donde se instalen.

3.3.1.3 Clasificación del concreto.

El concreto se clasifica de acuerdo con la resistencia mínima a la compresión a los 28 días (C.C.C.S.R).

Tabla 3. Clasificación del concreto.

Código de clase	Resistencia (*) kg/cm² (psi)	Agregados (max.) mm (Pulgada)	Utilización típica
H	210 (3000)	38 (1 1/2")	Uso estructural general, (cimientos, placas, vigas y columnas)
I	210 (3000)	19 (3/4")	Prefabricados, ductos, rellenos
K	175 (2500)	38 (1 1/2")	Cimientos, elementos varios
L	100 (1400)	38 (1 1/2")	Solados
M	Ciclópeo	Clase k = 60 % Piedra = 40 %	Muros, rellenos y cimientos

NOTA (*) : Resistencia a la compresión del concreto (f'c) a los 28 días.

3.3.1.4 Estanqueidad.

Los muros y otras estructuras de concreto, que vayan a estar en contacto con rellenos o con el terreno deberán ser completamente impermeables y estar libres de fisuras, cavidades y hormigueros. Para éste efecto, se deberá emplear una mezcla de concreto adecuadamente diseñada y utilizar los aditivos plastificantes e impermeabilizantes que se requieran.

3.3.1.5 Concreto de segunda etapa.

Se colocará concreto de segunda etapa clase I, para embeber los elementos metálicos incluyendo los rieles, fijar los anclajes de los equipos y otras labores similares, de acuerdo a lo indicado en los planos.

3.3.1.6 Concreto ciclópeo.

El concreto ciclópeo consistirá en una mezcla de 60 % de concreto clase K y 40 % de piedra media zonga, de calidad aprobada, limpias, sólidas y libres de segregaciones, fracturas, grietas y otros defectos estructurales. No deben tener un desgaste mayor al 50 % en el ensayo de la máquina de los Angeles y la relación de mayor a menor dimensión de cada piedra no debe ser mayor de 2 a 1.

Las piedras se colocarán con cuidado, sin dejarlas caer o arrojarlas para evitar que se ocasionen daños en las formaletas o a la mampostería adyacente. Todas las piedras deberán lavarse y

saturarse con agua antes de su colocación. Deben tomarse las precauciones necesarias para asegurar que cada piedra quede rodeada de una capa de concreto de por lo menos 5 cm de espesor.

3.3.1.7 Ensayos de la resistencia a compresión.

Los ensayos de la resistencia a la compresión, serán realizados con los siguientes propósitos:

- Evaluar la calidad de las mezclas de concreto mediante rotura de cilindros a los 7, 14 y 28 días. Los ensayos para esta evaluación se realizarán en cilindros normalizados de ensayo y con una elaboración y fraguado que esté de acuerdo con los requisitos de la Norma ASTM C33-01 *Standard Specification for Concrete Aggregates* o la NTC vigente.
- Establecer un criterio que permita la aceptación, o el rechazo del concreto que se va a emplear en la obra. Para este propósito se deberá tomar muestras de tres (3) cilindros normales de ensayo, para las pruebas de resistencia correspondiente a cada clase de concreto, no menos de una vez por día, ni menos de una vez por cada 30 m³ de concreto o por cada 150 m² de placa o muro.
- Cada valor de resistencia obtenida a los 28 días, o a una edad menor especificada, debe ser el resultado del promedio de 2 cilindros tomados de una mezcla.

Para el ensayo de resistencia, las muestras se deben tomar de conformidad con la norma NTC 454 (Ingeniería Civil y Arquitectura. Concretos. Concreto Fresco. Toma de Muestras), los cilindros para el ensayo de resistencia deben realizarse y curarse de conformidad con la norma NTC 550 (Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra) y ensayarse según la norma NTC 675 (Materiales refractarios. Determinación del alabeo) para los cilindros curados en laboratorio.

Los juegos de tres (3) cilindros adicionales que se hayan tomado de una misma mezcla, pueden ser ensayados a la compresión a los 7 y 14 días respectivamente, para estimar la resistencia probable a los 28 días.

Cuando los resultados indiquen que la resistencia o calidad del concreto no cumplen con las especificaciones, se podrán realizar ensayos sobre núcleos extraídos de la zona en duda de acuerdo con la norma ASTM C42/C42M-99 *Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete*. En tal caso deben tomarse tres núcleos por cada ensayo de resistencia que sea inferior a $f'c - 35 \text{ kg/cm}^2$.

- Criterio de resistencia.

El nivel de resistencia para cada clase de concreto se considera satisfactorio si cumple simultáneamente los siguientes requisitos:

- Que los promedios de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia, iguale o exceda el valor especificado para $f'c$.
- Que ningún resultado individual de las pruebas de resistencia (promedio de dos cilindros), sea inferior en más de 35 kg/cm^2 a $f'c$.

3.3.1.8 Incumplimiento de las especificaciones.

En caso de que el concreto no cumpla con los requisitos enumerados anteriormente, se demolerá el total de las obras.

Si no es posible la demolición de un concreto de cuya calidad se ha encontrado inaceptable, se deberán construir obras de refuerzo o reconstrucción que sean necesarias.

3.3.2 Materiales.

Cualquier material que se haya deteriorado, dañado o contaminado durante el transporte, o en el sitio de la obra, o en cualquier otra parte, no deberá usarse para preparar concreto y, por consiguiente, se desechará.

3.3.2.1 Cemento.

- Origen y calidad mínima.

Todo el cemento Portland que se use en la preparación del concreto deberá ser de buena calidad, procedente de y deberá cumplir con los requisitos para el cemento Portland, tipo 1, según la designación *ASTM C150-00 Standard Specification for Portland Cement*, o la Norma NTC 121 (ingeniería civil y arquitectura. Cemento portland. Especificaciones físicas y mecánicas) y NTC 321 (Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones Químicas).

- Cemento en sacos.

El cemento suministrado en sacos deberá ser protegido durante el transporte con cubiertas impermeables, y deberá almacenarse en depósitos protegidos contra la intemperie; estos depósitos y deberán ser contruidos en forma tal que el material no quede en contacto con el suelo, y permanezca protegido contra cualquier daño ocasionado por la absorción de humedad.

No se debe usar en la obra cemento que haya estado almacenado, durante más de dos meses.

El cemento que se adquiera para las obras debe ser del mismo tipo y marca del que haya utilizado para el diseño de las mezclas; no se debe usar en la misma estructura cemento proveniente de diferentes fábricas aunque sea del mismo tipo.

3.3.2.2 Agua.

El agua para el concreto, deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, limo y materiales orgánicos u otras impurezas que puedan afectar adversamente la resistencia, durabilidad y calidad del concreto.

3.3.2.3 Agregados.

- Generalidades.

Los agregados para el concreto deben cumplir con la norma NTC 174 (Concretos. Especificaciones de los Agregados para Concreto).

- Agregado fino.

El agregado fino debe ser arena natural, arena elaborada, o una combinación de arenas naturales y elaboradas. La arena consistirá en partículas duras, fuertes, durables y limpias; deberá estar bien lavada, tamizada, clasificada y mezclada, según se requiera para producir un agregado fino aceptable que cumpla con los requisitos establecidos en la Norma ASTM C33-01 *Standard Specification for Concrete Aggregates* o la NTC aplicable.

La arena procesada debe manejarse y apilarse en forma que se evite su segregación y contaminación y que su contenido de humedad no varíe apreciablemente.

- Agregado grueso

El agregado grueso consistirá en partículas duras, fuertes y limpias, obtenidas de grava natural o triturada, o de una combinación de ambas; y debe estar exento de partículas largadas o blandas, materia orgánica y otras sustancias perjudiciales y su tamaño máximo nominal debe cumplir con lo dispuesto en el artículo C.3.3.3 de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98.

3.3.2.4 Aditivos.

- Generalidades

De ser necesario se podrá usar un producto químico que tenga antecedentes de reconocida eficacia o sea aprobado, y que una vez utilizado un producto no se sustituya por otro.

- Aditivos reductores de agua, y para control de fraguado.

Los aditivos reductores de agua y para control de fraguado deben cumplir con los requisitos de la Norma NTC 1299 (Concretos. Aditivos químicos para concreto) o la ASTM C494/C494M-99a *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*.

3.3.2.5 Formaletas.

- Requisitos mínimos.

Se colocarán biseles en las esquinas de los encofrados con el fin de obtener bordes biselados en las superficies expuestas permanentemente.

Los materiales empleados para fabricar las formaletas, tanto de maderas como metálicas, deberán cumplir con lo especificado a continuación:

Tabla 4. Especificaciones del material para formaletas.

Acabado de la superficie Encofrada (Tipo F)	MATERIAL Madera	BÁSICO Lámina de acero
Sin acabado (F1)	Cualquier calidad de entablado de madera común.	Se permiten láminas o recubrimiento de acero
Expuestas sin acabado especial (F2)	Entablado para construcción de superficie o madera laminada.	Se permiten láminas de acero. No se permite recubrimiento de acero.
Acabado a la vista (F3)	Madera de listón machihembrado o madera laminada.	No se permiten láminas de acero, ni recubrimiento de acero.

- Fortalezas en madera.

La madera que se utilice deberá estar libre de nudos, huecos e irregularidades y ser de una calidad tal que ningún deterioro o descomposición afecte las caras expuestas del concreto.

- Fortaleza metálica.

Las láminas de acero mencionados atrás se refieren a láminas que no tengan soportes de madera. El recubrimiento de acero citado se refiere a láminas delgadas de acero soportadas por un respaldo de tablas de madera.

La lámina debe ser de calidad ASTM A36/A36M-00a *Standard Specification for Carbon Structural Steel*.

- Reutilización del material.

Una misma formaleta sólo podrá usarse de nuevo, después de que haya sido sometida a limpieza y reparación adecuadas, siempre y cuando se considere que dicha formaleta permite obtener los acabados requeridos para el concreto.

3.3.2.6 Diseños y dosificación de las mezclas.

- Proporciones de las mezclas de concreto.

El concreto estará compuesto por cemento, agregado fino, agregado grueso, agua y aditivos, bien mezclados hasta obtener la consistencia especificada. En general, las proporciones de los ingredientes del concreto se establecerán con el criterio de producir un concreto que tenga

adecuada plasticidad, resistencia, densidad, impermeabilidad, durabilidad, textura superficial, buen acabado y apariencia, sin necesidad de usar una excesiva cantidad de cemento.

- Consistencia.

La cantidad de agua que se use en el concreto debe ser la mínima necesaria para obtener una consistencia tal, que el concreto pueda colocarse fácilmente en la posición que se requiera, y que cuando se someta a la vibración adecuada fluya alrededor del acero de refuerzo.

En ningún caso podrá aumentarse la relación agua/cemento. No se debe adicionar agua para contrarrestar el endurecimiento del concreto que hubiera podido presentarse antes de su colocación.

La consistencia del concreto será determinada por medio de ensayo de asentamiento y de acuerdo con los requisitos establecidos en la Norma ASTM C-143 C143/C143M-00 *Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete* o la NTC 396 (Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de Ensayo para Determinar el Asentamiento del Concreto)- aplicable.

- Dosificación.

Las cantidades de cemento, arena, agregado de cada uno de los diferentes tamaños y los aditivos en polvo requeridos en las diferentes obras. Solamente se podrá hacer la dosificación por volumen cuando se trate de estructuras de menor importancia.

La cantidad de agua y de aditivos líquidos se determinará por peso.

3.3.3 Construcción y colocación de formaletas.

Se instalarán todas las formaletas necesarias para configurar y dar forma al concreto.

El concreto que exceda las tolerancias establecidas deberá ser corregido, demolido o reemplazado.

3.3.3.1 Instalación.

Antes de colocar el concreto, las superficies de las formaletas deberán cubrirse con una capa de aceite comercial, o de un producto especial que evite la adherencia y que no manche la superficie del concreto.

3.3.3.2 Remoción.

Los encofrados no deberán removerse. Con el fin de que el curado y la reparación de las imperfecciones de la superficie se realicen con la mayor brevedad posible, los encofrados generalmente deberán removerse tan pronto como el concreto haya endurecido suficientemente, con lo cual se evitará cualquier daño al quitar los encofrados.

3.3.4 Juntas en el concreto.

Se dejarán juntas de construcción y dilatación en los sitios mostrados en los planos.

En las superficies expuestas, las juntas serán horizontales o verticales, recta y continuas a menos que se indique algo diferente.

No se deben usar juntas frías; en caso de daños de los equipos que por cualquier otra razón se interrumpa la colocación continua de la mezcla por más de 1 (una) hora, para reanudar la colocación.

3.3.4.1 Juntas de construcción.

Se denominan juntas de construcción las superficies sobre ó contra las cuales se va a colocar concreto y las cuales debe adherir el nuevo concreto y que han llegado a adquirir un grado de rigidez tal que el nuevo concreto no puede incorporarse monolíticamente al concreto anterior y podrán tener superficies planas horizontales, verticales o la inclinación determinada y tendrán llaves cuando no este previsto en los planos.

3.3.4.2 Juntas de dilatación.

Las juntas de dilatación deberán construirse de acuerdo con lo indicado en los planos. Cuando las juntas de dilatación se construyan en forma de obtener superficies que se deslicen una contra otra, se deberá aplicar a una de dichas superficies una capa de material que evite la adherencia.

3.3.5 Acabados.

Las superficies acabadas deberán ser lisas, sólidas, suaves y estar libres de escamas, depresiones, huecos, fisuras, hormigueros, manchas y cualesquiera otros defectos o irregularidades, y deberán así mismo cumplir con todos los requisitos establecidos para el acabado correspondiente.

3.3.5.1 Acabados de superficies encofradas.

Los acabados de la superficie del concreto encofrado se clasifican según se indica a continuación.

- Acabado F1 - Sin acabado.
Se aplica a las superficies encofradas sobre o junto a las cuales se colocará material de relleno. Para estas superficies no se requiere tratamiento especial después de retiradas las formaletas, aparte de la reparación del concreto defectuoso y el llenado de los huecos de los sujetadores.
- Acabado F3 - A la vista.
Se aplica a las superficies encofradas expuestas a la vista y cuya apariencia exterior es de especial importancia. Una vez terminada la reparación del concreto defectuoso y el llenado de los huecos, las superficies tratadas con este acabado deberán ser de apariencia y textura uniformes. Las irregularidades superficiales no deberán exceder de 5 mm, en el caso de irregularidades suaves y de 3 mm, en el caso de irregularidades bruscas. No se permitirán irregularidades bruscas en las juntas de construcción. Además de la reparación del concreto defectuoso y de la remoción de rebabas, salientes y de otras irregularidades, este acabado incluirá, el frotamiento con tela de fique con el fin de rellenar los hormigueros menores.

3.3.5.2 Acabados de superficies no encofradas.

Los tipos de acabados son:

- Acabado U1 (Acabado con regla emparejadora).
Se aplica a las superficies no encofradas que se vayan a cubrir con otros materiales, o que no requieran una superficie uniforme. Las operaciones correspondientes a este acabado consistirán en nivelar y emparejar el concreto para obtener una superficie uniforme. Las irregularidades superficiales no deberán exceder de 10 mm.
- Acabado U2 (Acabado con llana de madera).
Se aplica a las superficies no encofradas permanentemente expuestas, que no requieran los acabados U3 ó U4.

Las operaciones correspondientes a este acabado consistirán en el emparejamiento y nivelación adecuados para obtener superficies uniformes en las cuales las irregularidades de las superficies no excedan de 5 mm, así como en el alisado con llana de madera.

- Acabado U3 (Acabado con palustre metálico).
Se utiliza donde se requiere un alineamiento exacto y una superficie uniforme, según lo indiquen los planos. La superficie deberá recibir inicialmente un tratamiento igual al que se especifica para el acabado U2, seguido por un alisado con palustre tan pronto como la superficie haya endurecido lo suficiente. No se deben dejar rugosidades bruscas y las irregularidades suaves no deberán pasar de cinco milímetros.
- Acabado U4 (Acabado con cepillo).
Se aplica a las superficies no encofradas de concreto colocado en andenes o pisos. La superficie deberá pulirse inicialmente como se especifica para el acabado U2 y cepillarse después en ángulo recto a la pendiente de la superficie, con un cepillo de cerdas rígidas.

3.3.6 Mezcla del concreto.

3.3.6.1 Equipo.

Los materiales requeridos para cada cochada del concreto deberán mezclarse íntimamente en mezcladoras de tipo y tamaño adecuados para producir un concreto que tenga composición y consistencia uniforme al final de cada ciclo de mezclado.

El concreto debe mezclarse por medios mecánicos.

3.3.6.2 Operaciones de mezclado.

Los materiales para cada cochada del concreto deberán depositarse simultáneamente en la mezcladora, a excepción del agua, que se dejará fluir continuamente mientras los materiales sólidos entran a la mezcladora. Todos los materiales incluyendo el agua, deberán entrar en la mezcladora durante un período que no sea superior al 25 % del tiempo total de mezclado.

En las mezcladoras de hasta 0,75 metros cúbicos de capacidad, la operación de mezclado deberá continuar durante un período mínimo de un minuto después de que todos los materiales, incluyendo el agua, hayan entrado a la mezcladora. En las mezcladoras de mayor capacidad, este tiempo deberá aumentarse en 20 segundos por cada 0,50 m³, adicionales de capacidad o proporcionalmente por fracciones. En ningún caso el tiempo mínimo de mezcla especificado deberá ser superior a 3 veces el tiempo mínimo de mezcla especificado y no se permitirá mezclado excesivo que requiera la adición de agua para mantener la consistencia requerida.

3.3.7 Colocación del concreto.

El concreto se colocará lo más cerca posible de su posición final y no deberá hacerse fluir por medio de vibradores.

No debe permitirse que el concreto caiga libremente desde alturas mayores a 1,5 metros.

No deberá usarse concreto al que se haya agregado agua después de salir de la mezcladora. La mezcla debe colocarse antes de que se haya iniciado el fraguado y dentro de los 30 minutos siguientes al proceso de mezclado.

3.3.7.1 Preparación.

Todas las superficies sobre o contra las cuales se coloque el concreto, incluyendo las superficies de las juntas de construcción entre colocaciones sucesivas de concreto, así como el refuerzo, las partes embebidas y las superficies de roca, deberán estar completamente libres de suciedad, lodo, desechos, grasa, aceite, mortero o lechada, partículas sueltas u otras sustancias perjudiciales.

3.3.7.2 Consolidación del concreto.

El concreto se consolidará mediante vibradores eléctricos o a gasolina de inmersión o de tipo neumático hasta obtener la mayor densidad posible de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra completamente las superficies de los encofrados y materiales embebidos.

No se deben colocar nuevas capas de concreto mientras las capas anteriores no hayan sido sometidas a las operaciones especificadas. Deberá tenerse cuidado de que la cabeza vibradora no quede en contacto con los encofrados o con los elementos metálicos embebidos, para evitar que éstos puedan dañarse o desplazarse.

3.3.7.3 Curado.

El concreto deberá curarse manteniendo sus superficies totalmente húmedas; el curado con agua se hará durante un período de por lo menos 14 días después de la colocación del concreto, o hasta cuando la superficie se cubra con mas concreto. No se permitirá el curado con membrana en las superficies para las cuales se haya especificado el acabado U3, en las superficies de juntas de construcción o en las superficies que se vayan a pañetar o pintar.

Cuando se emplee agua para curar superficies de concreto para las cuales se hayan especificado acabados diferentes al U3, el curado se hará cubriendo dichas superficies con un tejido de yute saturado de agua, o mediante el empleo de cualquier otro sistema efectivo, que conserve continuamente, y no periódicamente, húmedas las superficies que se vayan a curar.

El curado del acabado U3 con agua, se hará por medio de un rociador de acción continua.

3.3.7.4 Tolerancias.

Las desviaciones de las líneas de las estructuras de concreto con respecto a las líneas, pendientes y dimensiones requeridas serán las que se establecen dentro de los límites siguientes:

Tabla 5. Desviaciones de las líneas de las estructuras de concreto.

Localización	Longitud y tolerancia	
1. Variación del contorno lineal construido con respecto a la posición establecida en la Planta o variación con respecto a la línea de plomada de superficies verticales.	En 3 m	5 mm
	En 6 m	10 mm
	En 12 m o más	20 mm
2. Variación en las dimensiones de las secciones transversales de columnas y vigas o espesores de losa, muros y similares.	-5 mm	+15 mm

3.3.8 Reparación del concreto deteriorado o defectuoso.

Se deberá reparar, remover y reemplazar el concreto deteriorado o defectuoso. La reparación del concreto deberá hacerse dentro de un período menor de 24 horas, después de que se hayan removido las formaletas.

- Materiales para la reparación del concreto.

El concreto defectuoso, se retirará del sitio y se reemplazará con relleno seco, concreto, mortero o resinas epóxicas.

Las resinas epóxicas se utilizarán cuando se requiera colocar capas delgadas donde se haya especificado el acabado U3. Todos los rellenos anteriores deben quedar firmemente adheridas y se usarán pegantes epóxicos para conseguirlo.

- Procedimientos de reparación.

Todo el concreto defectuoso o dañado deberá retirarse. Así mismo, deberá removerse una capa de concreto sano de por lo menos 3 centímetros de espesor de la superficie de las paredes del hueco, con el fin de obtener bordes de aristas afiladas que sirvan de llave para el material del relleno.

En las superficies donde se requieran los acabados F3 ó U3, los cortes se harán con sierras de diamante. Los huecos causados por la remoción de tuberías, uniones y otros accesorios, deberán ser ensanchados con un escarificador dentado. Estos huecos, se limpiarán con un chorro de arena y se humedecerán antes del relleno. Las proporciones de las mezclas de materiales del relleno deberán estar diseñadas para que el material del reemplazo sea fuerte y denso, y quede bien adherido. En los lugares en donde estas reparaciones sean en concreto expuesto a la vista, el material de reemplazo debe ser de color igual al del concreto adyacente.

En el sitio donde las varillas de amarre de las formaletas atraviesan totalmente las secciones del concreto de cualquier estructura que requiera impermeabilidad, se deberán llenar los huecos que resulten al remover estas varillas de amarre, con resinas epóxicas.

Las reparaciones y aplicaciones con resinas epóxicas deberán hacerse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Las incrustaciones deberán retirarse de todas las superficies expuestas al concreto; las asperezas, resaltes y otras proyecciones e irregularidades superficiales deberán removerse o reducirse con martellina o esmeriladora en forma tal que las superficies queden dentro de los límites especificados.

3.4 ACERO DE REFUERZO.

La presente sección se refiere a los requisitos y normas para el suministro e instalación del acero de refuerzo usado en las diferentes estructuras de concreto.

El refuerzo que se utilice debe cumplir con los requisitos de la sección C.3.5 de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98.

3.4.1 Suministro de materiales.

Se entiende por suministro a pie de obra de todo el acero de refuerzo para concreto, tanto liso como corrugado, así como la malla electrosoldada.

3.4.1.1 Suministro y almacenamiento.

Cada uno de los envíos de acero de refuerzo que llegue al sitio de la obra o al lugar donde se ejecute su figuración, deberá identificarse con etiquetas que indiquen la fabrica, el grado y el número de identificación del acero correspondiente al lote.

Las varillas se transportarán y almacenarán en forma ordenada; no deberán colocarse en el suelo, y se agruparán y marcarán debidamente de acuerdo con el tamaño, forma y tipo.

3.4.2 Ejecución del trabajo.

La figuración y colocación del acero de refuerzo consistirá en la limpieza, corte, doblado, figuración, marcado, transporte al sitio, instalación y protección durante la colocación del concreto de las varillas de refuerzo.

3.4.2.1 Figuración

Las varillas de refuerzo deberán doblarse de acuerdo con los requisitos establecidos en la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Cuando la figuración del refuerzo se efectúe fuera de la obra, se deberá mantener en el sitio, una máquina dobladora y una existencia adecuada de varillas de refuerzo que permita ejecutar rápidamente las adiciones o revisiones a las cartillas de despiece que sean necesarios. De acuerdo con las necesidades, el refuerzo puede ser figurado en obra mediante el empleo de equipos y herramienta adecuados.

3.4.2.2 Colocación.

El refuerzo se colocará con exactitud, y deberá asegurarse firmemente en la posición final durante la colocación y fraguado del concreto. El refuerzo se mantendrá en su posición correcta por medio de bloques pequeños de concreto, silletas de acero, espaciadores o ganchos.

En el momento de su colocación, el refuerzo y los elementos metálicos de soporte deberán estar libres de escamas, polvo, lodo, pintura, aceite o cualquier otra materia extraña. Las varillas de refuerzo se colocarán en tal forma que se obtengan los recubrimientos mínimos especificados en la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98.

Se recomienda tener en cuenta las siguientes tolerancias en la colocación del acero de refuerzo:

Tabla 6. Tolerancias en la colocación del acero de refuerzo.

Tipo de Variación		Tolerancia
1. Variación en el recubrimiento protector.	Con recubrimiento igual o inferior a 5 cm.	0,5 cm
	Con recubrimiento superior a 5 cm.	1,0 cm
2. Variación en los espaciamientos indicados.		2,5 cm

3.4.2.3 Traslapos y uniones.

Los traslapos de las varillas de refuerzo y la malla electrosoldada deberán cumplir con los requisitos de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Los empalmes o traslapos de varillas paralelas sometidas a esfuerzos de tracción y en el mismo elemento estructural deben ser alternados.

3.5 ACERO MISCELANEO

Esta sección se refiere al suministro y/o instalación de los elementos de acero estructural misceláneo, como son las incrustaciones embebidas o marcos, y en cuya fabricación se utilicen perfiles estructurales o angulares láminas o chapas de acero y que no se asimilen a elementos de carpintería o chapistería.

3.5.1 Normas y control de calidad de los materiales.

3.5.1.1 Normas generales de referencia.

Todos los materiales y los métodos de diseño, fabricación y montaje de los elementos metálicos deben ceñirse a las normas pertinentes, en particular a las siguientes:

NTC	NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS (ICONTEC)
NSR-98	NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES
AISC	AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION
ASTM	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

Cuando exista una norma definitiva de ICONTEC se usará esta con preferencia a cualquier otra.

Siempre que en el texto de estos documentos se haga referencia a Normas o Códigos, se entenderá especificada la última edición de éstos.

- Material de acero.

Los materiales de acero que se utilicen deberán conformarse con la norma ASTM correspondiente.

El material deberá ser preferiblemente nuevo y dentro de lo posible no debe tener empalmes.

El acero que se utilice debe estar libre de escama de laminación y de cualquiera otra imperfección que reduzca su espesor en más del 10 % de la dimensión nominal.

Los elementos a emplearse, especialmente los perfiles, no deben haber sufrido dobladuras ni calentamientos, no presentar desperfectos debidos a la acción mecánica o química durante su transporte y/o manejo.

- Tornillería.

La tornillería que se utilice deberá conformarse con la norma ASME (Screw Thread Standards) correspondiente, en calidad equivalente al grado 2 (uso normal). Las tuercas, arandelas y demás accesorios deben ser de calidad compatible con esta clase de tornillería.

- Certificación de calidad.

Antes de iniciar fabricación, se deberá tener copias certificadas de los análisis y pruebas necesarias para demostrar que los materiales cumplen con las especificaciones o son de calidad equivalente.

Se considera satisfecho el cumplimiento de estas normas, mediante la certificación de su cumplimiento, según los ensayos de acerías efectuados por el productor.

3.5.2 Protección y pinturas.

Todos los elementos metálicos misceláneos deben entregarse en la obra con una capa de pintura anticorrosiva de cromato de zinc, la cual debe retocarse inmediatamente después de la instalación.

En ningún caso debe aplicarse pintura sobre superficies oxidadas, sucias o deterioradas, las cuales deben repararse antes de aplicar la pintura.

La pintura de acabado debe ser del tipo de esmalte industrial.

3.5.3 Instalación.

En ningún caso los elementos se deben instalar desalineados o fuera de plomo.

3.5.4 Otros elementos misceláneos.

Se consignan a continuación algunas indicaciones referentes a los elementos embebidos misceláneos de común utilización en proyectos de construcción de subestaciones.

- Partes embebidas.

Las partes embebidas consisten principalmente en todas aquellas platinas o perfiles embebidos en el concreto que sirven para conexión de otros elementos al concreto, protección de aristas vivas o muertas, manguitos o camisas, ganchos de izamiento y ganchos de tiro.

Todas las partes embebidas deberán ser pintadas excepto aquellas partes que quedan incrustadas o en contacto con el concreto.

3.5.5 Corte e Instalación de rieles.

Se deben colocar los elementos metálicos necesarios para el anclaje y alineamiento de los rieles, tales como varillas distanciadoras, eclisas, ues de anclaje, platinas, tubos para barras de tiro, arandelas y tuercas.

3.5.5.1 Procedimientos de construcción.

Se debe colocar y garantizar el exacto alineamiento de las carrileras y bases para transformadores, rieles, accesorios y pernos.

La excavación para la carrilera se hará según lo especificado. Se deben seguir las instrucciones generales respecto al reemplazo del terreno. La carrilera se construye en dos etapas. En la primera se instalan los herrajes de soporte y nivelación de los rieles y en la segunda, se colocarán, nivelarán y alinearán los rieles, uniéndolos con soldadura a las platinas de nivelación. La nivelación de rieles debe hacerse con base a la parte superior del mismo, para compensar diferencias de tamaño.

Debe tenerse cuidado de instalar las platinas de blindajes en los cruces y verificar la exactitud de la galga entre los rieles.

En caso de que se requiera efectuar cortes en un elemento ya sea para adecuarlo a las dimensiones de los planos o para eliminar un tramo dañado, éstos se deben hacer con sierra para perfiles, finalizado el corte se liman las rebabas.

Debe tenerse especial cuidado en la nivelación y alineamiento de los rieles para evitar resaltos en las uniones.

En los sectores de cruce de rieles se colocan bloques especiales para permitir el cambio de dirección del transformador.

3.6 OBRAS DE PATIO Y EXTERIORES

Esta sección se refiere a los trabajos de construcción de obras de patio y exteriores necesarias para el desarrollo de la construcción de la subestación.

El trabajo especificado incluye lo siguiente:

- Cimentaciones.
- Canalizaciones eléctricas.
- Malla de conexión a tierra.
- Cerramientos.
- Limpieza general.

3.6.1 Cimentaciones.

3.6.1.1 Movimiento de tierras - Reemplazo del terreno.

Las excavaciones para cimentaciones se harán de acuerdo con lo definido en la sección 3.2.2.

Al alcanzar el nivel de cimentación, se encuentran suelos no aptos, será necesario profundizar la excavación para reemplazar terrenos usando materiales tipo 2 (seleccionado de excavación) o tipo 5 (seleccionado de préstamo) según la disponibilidad en la obra. Antes de profundizar la excavación, se debe hacer un apique o sondeo manual de prueba para verificar el espesor del terreno a reemplazar.

Al ejecutar la excavación, y excepto cuando sea necesario reemplazar terreno, se debe dejar sin excavar los 30 cm inferiores, los cuales serán removidos de inmediato antes de construir la

cimentación. Sobre el fondo de la cimentación se colocará un solado de saneamiento en concreto clase L o de la calidad indicada en los planos.

3.6.1.2 Acabados.

Puesto que el concreto de cimentaciones se encuentra enterrado no necesita acabado especial. Únicamente la parte del cimiento que sobresale del terreno debe tener un acabado a la vista.

Si se ha previsto relleno de nivelación, se debe dejar acabado rugoso en la superficie.

Los bordes de los pedestales deben ser chaflanados. Los bolsillos para anclajes deben construirse utilizando materiales que desaparezcan por volatilización (icopor o similar), de manera que no queden rezagos de madera u otros materiales al desmoldear.

3.6.1.3 Relleno de anclajes.

Al construir los cimientos se debe tener el mayor cuidado de respetar las distancias entre centros, tanto de los anclajes como de los pedestales. Al instalar los soportes de los equipos, se debe colocar el perno usando la base del soporte como plantilla y luego se debe llenar el bolsillo de anclaje y hacer la capa de nivelación resanando el concreto de agregado menudo, con aditivo antiretractivo.

3.6.1.4 Cimientos para postes.

Al construir cimientos para postes, ya sean metálicos o de concreto se debe tener cuidado de lograr que las paredes de la excavación sean firmes y garanticen adherencia con el concreto. En el fondo de la excavación se instalará una plaqueta prefabricada que servirá para nivelar y plomar el poste.

El concreto se colocará con el poste instalado, debidamente nivelado y plomado, en su sitio.

La superficie del cimiento debe tener pendiente para evitar la acumulación de aguas.

3.6.2 Canalizaciones eléctricas.

3.6.2.1 Tubería para bancos de ductos

Las uniones a canaletas y/o cajas, se harán con boquillas del mismo material o pañetando la superficie del hueco para evitar daños del material. Cualquier cambio de dirección de tubería se efectuará por medio de cajas.

Para los demás casos, los ductos se instalarán en lecho de arena suelta, apisonando las diferentes capas. Cuando se crucen zonas de tráfico, el ducto debe ser protegido por una capa de concreto y encima se colocará una banda plástica amarilla con los avisos de peligro especificados.

3.6.2.2 Canaletas y cajas de tiro.

Las canaletas y cajas de tiro llevarán una base de concreto y se construirán con ladrillo recocido el cual irá pañetado e impermeabilizado por su cara interior de acuerdo a los detalles establecidos en los planos. En la parte superior de los muros irá una viga cinta de concreto reforzado de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Las tapas para las canaletas se fabricarán en concreto reforzado. Los fondos de las canaletas deben ser pendientados hacia desagües adecuados, usando mortero de nivelación.

3.6.2.3 Malla de conexión a tierra

Antes de fundir el concreto de las bases y cimientos se deberá instalar la malla de puesta a tierra correspondiente.

Se harán zanjas para colocar la malla de puesta a tierra. Las zanjas se rellenarán con tierra negra vegetal y relleno tipo 2.

Los conductores de la malla deberán colocarse de tal forma que no ocasionen interferencias con otras partes de la obra. Durante la instalación, se desenrollarán los cables de los carretes, teniendo cuidado de no doblar o cortar los conductores. Cuando se instale embebida en concreto la malla deberán dejarse tramos de conductor de suficiente longitud tal que se prolongue fuera de la estructura o se deje enrollado en el pie de las columnas para permitir su prolongación sin demasiados empalmes.

Los conductores deberán acomodarse a las superficies sobre las cuales se instalen. Deberán evitarse tendidos diagonales; el tendido deberá hacerse paralelamente a las edificaciones, ejes de columnas y muros, hasta donde sea posible.

Los conductores de la malla y las conexiones de los equipos a la misma, se instalarán de tal forma que ofrezcan el camino más corto y directo.

Las varillas de puesta a tierra se hincarán en toda su longitud de forma que el extremo superior de la varilla quede a 15 cm, por debajo de la superficie del terreno. Una vez hecha la instalación se deberá indicar la ubicación exacta de cada varilla en planos actualizados de la obra, para referencias futuras.

Se deberá determinar la resistencia a tierra de las varillas por muestreo. Los resultados de las mediciones se anotarán y estudiarán antes de conectar las varillas a la malla. Los cables de conexión a las varillas se enterrarán a 80 cm, por lo menos, bajo la superficie del terreno.

Los conductores de conexión a tierra y los conectores pernaos y los de compresión serán limpiados cuidadosamente con un cepillo de alambre en sus puntos de conexión antes de efectuar los empalmes y conexiones. No se deben limpiar con ácido.

Los conductores, los conectores y la estructura serán estañados en los puntos de conexión. La capa limpia de zinc de una estructura o equipo galvanizado se considera como protección adecuada para la conexión a tierra.

Todas las estructuras y bases del equipo eléctrico, mecanismos de control, tableros y sus estructuras de soporte, tuberías, sistemas de conductores metálicos, corazas metálicas de los cables, artefactos de iluminación, cercas y puertas, etc., tendrán una conexión al sistema de puesta a tierra.

Las conexiones al equipo deberán hacerse a terminales provistos para estos propósitos. No deberán usarse los pernos de anclaje para tales conexiones. Los cables de conexión deberán contornear y ajustarse a la superficie de los equipos, evitando la formación de arcos y bucles.

Cuando se instalen conductores a través de uniones de miembros estructurales que puedan estar sujetos a movimientos relativos, los conductores se fijarán en cada lado de unión estructural y se dejará entre los puntos de fijación un arco que permita tales movimientos.

3.6.3 Cerramientos.

Consiste en la construcción de muros de ladrillo, instalación de mallas y/o puertas en lámina prensada en torno a la subestación.

3.6.3.1 Cercas de malla eslabonada, galvanizada

Se utilizará malla de alambre galvanizado con tejido eslabonado especificada, soportada en poste de tubo galvanizado.

En la parte superior de la cerca se instalarán 3 hiladas de alambre de púas.

Los postes serán de tubería galvanizada del diámetro indicado en los planos y deberán estar provistos de los codos, tapones y accesorios necesarios para su correcta instalación. En todas las esquinas, y cada diez (10) módulos en los alineamientos tangentes se colocarán arriostramientos (pies de amigo).

Los cimientos deben apoyarse sobre terreno firme.

La instalación de la malla no se podrá hacer antes de transcurridas 90 horas de colocado el concreto de los cimientos o anclajes.

3.6.3.2 Puertas para cercas de malla eslabonada.

Los cimientos y las columnas para puertas se construirán en concreto profundizando las zanjas hasta encontrar piso firme para cimentar.

Se deberá verificar las medidas en obra antes de iniciar la fabricación.

3.6.3.3 Puertas en lámina prensada.

Se instalarán puertas vehiculares y/o peatonales utilizando lámina prensada, instalada entre pernazos de lámina.

Se usarán herrajes y sistemas de giro que no exijan mantenimiento muy riguroso.

La puerta deberá estar cubierta por dos capas de pintura anticorrosiva y será protegida en obra con dos capas de esmalte industrial del color indicado.

3.6.3.4 Muros de cerramiento

Los muros de cerramiento se construirán usando ladrillo tolete y malla eslabonada.

- Materiales y método de construcción.

Los cimientos y mampostería deben cumplir las especificaciones de construcción para concretos y edificaciones - acabados arquitectónicos.

El ladrillo deberá humedecerse antes de su instalación para facilitar el fraguado del mortero.

- Enlucido.

Los muros de cerramiento construidos en ladrillo recocido serán enlucidos usando pintura de siliconite, según se estipula en la sección de acabados arquitectónicos.

3.6.4 Limpieza general y remoción de escombros.

Se deberá mantener las obras en todo momento en buen estado de limpieza, retirando todos los elementos sobrantes y desperdicios, con el fin de evitar interferencias e inconvenientes para el normal desarrollo de los trabajos. Al terminar las obras deberán remover totalmente todos los materiales sobrantes y hacer un aseo general en los sitios de las construcciones.

3.7 PISOS Y PAVIMENTOS

Los trabajos se refieren a la construcción de los pisos exteriores, incluyendo los siguientes aspectos:

- Pavimentos en concreto.
- Vías interiores y exteriores con superficie en triturado.
- Andenes en concreto.
- Sardineles de concreto.
- Superficies empedradas.

3.7.1 Preparación del terreno.

3.7.1.1 Excavación.

Para la construcción de bases y pavimentos se cortarán cajas en la sub-rasante.

3.7.1.2 Sub-base.

Donde sea necesario se construirá sobre la subrasante preparada una sub-base granular (relleno tipo 3).

La sub-base deberá compactarse en capas de diez (10) centímetros, compactados al 95% del ensayo Proctor modificado. Para los pavimentos es necesario colocar al nivel de subrasante un manto impermeable tipo geotextil de filamento continuo de poliéster.

3.7.1.3 Base.

Para el pavimento en concreto en las zonas de maniobras, sobre la sub-base o sobre la subrasante preparada previamente, se construirá una base granular estabilizada (relleno tipo 6) con pavimento, con las estipulaciones pertinentes de la Especificación B-0400 de la Secretaría de Obras Públicas del Distrito Capital de Bogotá, en su última revisión vigente.

3.7.1.4 Imprimación asfáltica.

Se aplicará sobre la superficie de la base estabilizada una imprimación de acuerdo con las estipulaciones aplicables de la especificación B-0500 de la Secretaría de Obras Públicas del Distrito Capital de Bogotá, en su última revisión vigente.

3.7.2 Pavimentos en concreto.

El trabajo se refiere a la construcción de pavimentos de concreto, con o sin armadura, sobre una base preparada.

Se consideran dos (2) tipos de pavimentos:

- Pavimentos para acceso tránsito liviano y estacionamientos, construidos en concreto simple con barras de transferencia y juntas especiales.

- Pavimentos especiales para zonas de maniobras de transformadores construidas en concreto con refuerzo, barras de transferencia y juntas especiales.

La superficie del pavimento deberá quedar libre de depresiones, protuberancias y cualquier otro defecto visual.

No se deben resanar superficies defectuosas con capas de mortero.

Para la construcción de pavimentos de concreto se usarán las estipulaciones aplicables de la Especificación B-2000 de la Secretaría de Obras Públicas del Distrito Capital de Bogotá, en su última versión vigente.

3.7.3 Vías interiores.

En el área indicada en los planos, se construirá una base imprimada y sobre esta superficie se esparcirá piedra triturada como superficie de rodamiento.

Las superficies de las bases deben construirse con el bombeo y pendientado adecuados hacia los sumideros previstos, con el fin de garantizar el adecuado drenaje de la superficie.

3.7.4 Andenes.

La placa de concreto de los andenes tendrá el espesor determinado. Se construirán sobre una base de triturado apisonado, con una pendiente transversal para permitir el drenaje de aguas lluvias. Deberá construirse con juntas de dilatación las cuales deberán rellenarse con asfalto.

Para la construcción de los andenes se aplicarán las estipulaciones pertinentes de la Especificación B-0220 de la Secretaría de Obras Públicas del Distrito Capital de Bogotá, en su última revisión vigente.

3.7.5 Sardineles en concreto.

Se harán juntas de dilatación procurando que coincidan con las de los andenes. La formaleta a utilizar será metálica o de madera.

El retiro de las formaletas se hará antes de que el concreto haya fraguado completamente y luego se alisarán las caras superiores y adyacentes al pavimento con llana o palustre para producir un buen acabado.

Para la construcción de los sardineles se aplicarán las estipulaciones pertinentes de la Especificación B-0210 de la Secretaria de Obras Públicas del Distrito Capital de Bogotá en su última revisión vigente.

3.7.6 Empradización.

Se suministrará, preparará, cortará, transportará y colocará céspedes de pasto kikuyo en las zonas a empradizar y se cuidará hasta que el pasto haya empezado a enraizar.

El transporte de los cespedones deberá hacerse dentro de las 24 horas siguientes al corte de los mismos y se deberá ejecutar en tal forma que no pierda su capa vegetal.

No se deben colocar cespedones en malas condiciones o que contengan malezas, antes de colocarlos se deberá limpiar el suelo de toda clase de maleza para garantizar que queden en perfecto contacto con éste. Se debe aplicar con anterioridad un tratamiento a base de matamalezas (Tipo Roxión o Gramoxome), dejando transcurrir un período prudencial antes de aplicar el cespedón. La colocación de los cespedones deberá hacerse en época de lluvias.

3.7.7 Cunetas en concreto.

El trabajo consiste en la realización de todas las operaciones necesarias y el recubrimiento de una capa de concreto simple de las cunetas de drenaje. La superficie debe quedar bien acabada y con sección uniforme, libre de desperfectos visuales. Las juntas de expansión del concreto serán verticales y normales al alineamiento de la cuneta. Se dispondrá de intervalos no mayores de 6 metros y su espesor no será mayor de 6 milímetros.

3.7.8 Piso en grava para patio de equipos.

Se utilizará en la superficie del piso del patio de conexiones. Consistirá en material de río que cumpla con las características del relleno Tipo 1a, con diámetro entre 1" y 2". Se esparcirá uniformemente sobre toda la superficie con un espesor de 0,10 metros mínimo.

Antes de su colocación, se debe aplicar a la subrasante un tratamiento a base de matamalezas de contacto.

3.8 DRENAJES Y DESAGÜES

El trabajo incluye las excavaciones, la instalación de drenajes exteriores con inclusión de las tuberías, sumideros, cajas de inspección, cunetas, zanjas de drenajes, colocación de filtros y demás elementos necesarios; así como los trabajos relacionados con la conexión a los sistemas de alcantarillado o de tratamiento de aguas y los demás que se necesiten para asegurar drenajes adecuados.

3.8.1 Tuberías.

El material empleado debe ser de arcilla vitrificada de primera calidad. No se deben usar en la instalación tubos o accesorios cuyas campanas hayan sufrido algún desperfecto. Las uniones serán tipo campana y espigo. El mortero para las juntas se mezclará en proporción de una parte de cemento por dos de arena fina lavada, teniendo sumo cuidado en no dejar mezcla en el interior del tubo. Las uniones de tubos perforados serán a junta perdida y con las perforaciones orientadas convenientemente.

3.8.1.1 Instalación.

Las tuberías deberán colocarse a suficiente profundidad para evitar presiones indebidas o impactos. Si es necesario se colocarán refuerzos especiales.

Las zanjas deberán mantenerse libres de agua hasta que el material de la zanja y la cimentación hayan endurecido suficientemente. Si el nivel freático es alto se deberán usar bombas con este objeto.

Si el fondo es en tierra buena y firme, la tierra deberá ser cortada o moldeada para dar un apoyo completo al cuarto inferior de cada tubo.

Si el fondo de la excavación no provee un apoyo adecuado para los tubos, éstos se colocarán sobre concreto o en otras formas adecuadas.

Se llenarán todas las zanjas de acuerdo con lo especificado para este relleno, después de haber terminado la instalación de la tubería. Las zanjas no se podrán tapar solo después de doce (12) horas de terminadas las uniones.

3.8.2 Sumideros, pozos y cajas de inspección.

Se usarán ladrillos de la mejor calidad comercial, de textura fina y uniforme y exento de terrones, rajaduras, hendiduras y otros defectos.

En las cajas se harán cañuelas para encauzar el agua. Las entradas y salidas de los tubos deben emboquillarse debidamente.

El pañete para las cajas de inspección del sistema de evacuación de aceites debe ser hecho en cemento esmaltado.

3.8.3 Tanque para drenaje de aceites.

Se fundirá una placa de concreto que será el fondo del tanque. Sobre esta placa se armará la formaleta acordonándola y ajustándola debidamente y cuidando que no queden en su interior rastros de tierra o impurezas de cualquier índole.

Una vez lista la formaleta, se vaciará el concreto para formar los muros y se dejará fraguar por lo menos 24 horas antes de retirar la formaleta; mientras tanto se deben fundir las placas que formarán la tapa del tanque. El concreto correspondiente debe tener el aditivo impermeabilizante especificado. Entre muros y placas se debe instalar un sello de junta impermeable.

Luego de construido el tanque se tendrá especial cuidado al hacer las conexiones de las tuberías y sus accesorios de entrada y de salida.

3.8.4 Cunetas revestidas.

El trabajo consiste en la realización de todas las operaciones necesarias y el recubrimiento con una capa de concreto simple de las cunetas de drenaje.

La superficie debe quedar bien acabada, con sección uniforme y libre de desperfectos visuales. Las juntas de expansión del concreto serán verticales y normales al alineamiento de la cuneta. Se dispondrá de intervalos no mayores de 6 metros y su espesor no será mayor de 6 milímetros.

3.8.5 Tuberías de drenaje.

Se instalarán las tuberías de drenaje de acuerdo con lo estipulado en el ítem 8 del Anexo D.

3.9 EDIFICACIONES - ACABADOS ARQUITECTÓNICOS

Esta sección contiene los requisitos y normas generales para el suministro de materiales, los métodos de construcción, las condiciones de fabricación e instalación, cuando sean aplicables, para los trabajos de albañilería y acabados arquitectónicos necesarios para las obras de la casa de control.

Estos trabajos incluyen, pero no se limitan a lo siguiente:

- Construcción de los muros en ladrillo del tipo que se indique en los planos o en piezas macizas tipo tolete.
- Construcción de los pañetes de recubrimiento de los muros, bajo placas o cielorosos usando mortero de cemento.
- Construcción de los acabados para pisos en cemento endurecido, usando baldosa de retal de granito, baldosa, cerámica antiácida, baldosa de cloruro de polivinilo tipo vinisol ó revestimiento en granito pulido para pisos de escalera.
- Construcción y/o instalación de guardaescobas, en baldosín de cemento.
- Fabricación, transporte e instalación de los elementos para entechados y cubiertas, usando materiales de asbesto-cemento.
- Construcción de los enchapados de los muros del sector baño, utilizando baldosín de porcelana.

- Construcción de los alistados, obra falsa y acabados para los cielos rasos en malla y pañete con su acabado, obra falsa y acabados para cielos rasos en materiales acústicos, utilizando perfiles, láminas de aluminio ó elementos de madera.

3.9.1 Mampostería.

Disposiciones para la construcción de muros:

- Disposiciones Generales: Si los ladrillos no son de color uniforme, deberán seleccionarse de modo que puedan mezclarse al colocarlos para que las superficies tengan una apariencia armónica, sin manchas de color.

Todas las hiladas de ladrillo deben quedar bien alineadas y aplomadas. Cada ladrillo se colocará en un lecho completo de mortero, el cual se extenderá de manera que su espesor sea uniforme. A los extremos de los ladrillos se les deberá aplicar suficiente mezcla para llenar la junta vertical.

El espesor de la pega horizontal y vertical de los ladrillos será de un centímetro y uniforme en toda la pared. En el caso de ladrillos macizos se deben pegar con mortero de proporción 1:3 de cemento y arena de peña; para el ladrillo hueco el mortero de pega será 1:6 de cemento y arena de peña.

Para el ladrillo a la vista y cuando el mortero de las juntas haya fraguado hasta el punto de poder tomar la huella de los dedos, se repararán las juntas con puntero redondo u otra herramienta apropiada, para comprimirlas y alisarlas uniformemente, hasta obtener el acabado para el ladrillo a la vista. Todas las demás juntas se repararán con la punta del palustre cuando estén recién hechas, para dejarlas enrasadas con los bordes de los ladrillos.

No se aceptarán acumulaciones o pegotes de mortero, aunque los muros deban ser pañetados posteriormente.

El humedecimiento de los ladrillos antes de asentarlos no ha de ser indiscriminado o rutinario sino basado en su capacidad real de absorción. Tal humedecimiento deberá llevarse a cabo con suficiente anticipación para los ladrillos que estén superficialmente secos en el momento de asentarlos.

- **Aparejo de los ladrillos:** Los muros de ladrillo a la vista se construirán con las juntas verticales de cada hilada en coincidencia con los centros de los ladrillos de las dos hiladas adyacentes. En muros ocultos, la distancia mínima entre juntas verticales de hiladas adyacentes no será inferior a 75 mm. Todas las hiladas de los muros de carga deberán quedar trabadas en las esquinas.
Si los muros que se interceptan no pueden construirse simultáneamente, deberán proveerse trabas adecuadas en el primero que se construya.

Deberá evitarse hasta donde sea posible, tener que romper los muros ya construidos para insertar tuberías, anclajes y colgadores. Los muros dobles deberán construirse con sus caras exteriores a la vista.

- **Vanos para puertas y ventanas:** Las jambas de los vanos para puertas y ventanas deberán plomarse; además, deben localizarse los chazos para sujeción de los marcos. Se colocarán dinteles de madera o concreto, soportados firmemente con puntales para construir los muros a su alrededor y sobre ellos. Los marcos para la carpintería deberán anclarse al muro directamente por medio de ganchos o platinas espaciadas a 60 cm.
- **Muros a la vista:** Los muros de ladrillo a la vista deberán dejarse perfectamente limpios, con las juntas netamente acabadas, sin manchas o salpicaduras de mortero o barniz.

En general se hará lavado con jabón y cepillo de acero. Sólo si este método no da resultado, se limpiará con ácido muriático, siempre que se aplique sobre superficies previamente empapadas, con rapidez y con las debidas precauciones para que no ataque a las juntas de mortero. En este caso, la mezcla de ácido no ha de tener una concentración superior a un volumen de ácido comercial por nueve de agua. No deberán limpiarse de una vez superficies mayores de 150 m² y una vez terminada la limpieza de cada tramo de pared, este deberá lavarse abundantemente con agua.

- **Estanqueidad de los muros:** Los muros de ladrillos deberán construirse completamente impermeables, y no deben permitir el paso de agua de un lado a otro. Para garantizar la estanqueidad de los muros exterior e interiormente, luego de terminados y cuando el mortero de las juntas haya fraguado, se recubrirán con dos manos de compuesto transparente impermeabilizante, repelente del agua.

- Muros para Cajas: Estos muros se construirán con ladrillo recocido pegado y pañetado interiormente con mortero impermeabilizado.
- Enchapes y Obras decorativas: Se debe construir los enchapes sobre las estructuras de concreto, empleando piezas especiales compatibles con el material usado o en su defecto partes recortadas de manera que se mantengan la textura y apariencia de la superficie. Así mismo, se deben construir las alfajías y dinteles que se instalarán alrededor de las ventanas y puertas.

3.9.2 Pañetes

- Colocación.
 - La colocación de los pañetes se hará siempre en dos capas, la primera con espesor mínimo de 9 mm y la segunda de 6 mm. Antes de aplicarlo, la mampostería deberá limpiarse y humedecerse por rociadura.
 - La proporción de mezcla será 1:4 de cemento y arena.
 - La primera capa deberá quedar uniforme y se conservará húmeda hasta la aplicación de la segunda, la cual se aplicará entre las 24 y las 48 horas después de colocada la primera y se conservará húmeda por rociaduras frecuentes durante un lapso no menor de tres (3) días. Este procedimiento es válido para muros y placas.
 - En todas las superficies deberán dejarse juntas, dilataciones y filos redondeados.
 - No se deben dejar pañetes que presenten rajaduras o alabeos.
 - La superficie final deberá alisarse con llana de madera hasta conseguir el acabado necesario para la pintura o enchape.

3.9.3 Pisos.

3.9.3.1 Antepisos de concreto.

Antes de colocar los antepisos de concreto, deberán construirse las sub-bases de acuerdo con lo especificado.

3.9.3.2 Pisos en concreto endurecido.

- El piso en concreto endurecido estará compuesto por una mezcla de concreto clase K y un endurecedor a base de agregados minerales aglutinantes y sellantes del cemento Portland, que no contenga elementos ferrosos que se oxiden en presencia del agua o ambientes húmedos. El grado de dureza debe ser de 4 a 7 en la escala Moh.
- Para el suministro y colocación del concreto se seguirán las instrucciones para concretos contenidas en la sección pertinente de estas especificaciones.
- Una vez nivelado el piso de concreto y cuando el exceso de agua de amasado ha desaparecido y el concreto se encuentra firme pero con consistencia plástica, se esparcirá el endurecedor permitiendo que absorba la humedad del concreto hasta que quede uniformemente mojado.
- Luego se terminará la superficie con llana de madera o metálica. Aplicado el endurecedor, el piso se someterá a proceso de curado, de acuerdo con las instrucciones del fabricante del agregado mineral.

3.9.3.3 Pisos en baldosas - Disposiciones generales.

- Cada baldosa se asentará sobre una capa de mortero de pega, de consistencia plástica y bien nivelada. Las baldosas deberán remojar en agua limpia hasta el punto de saturación, inmediatamente antes de su colocación.
- Se harán todos los cortes, perforaciones y ajustes que sean del caso para los remates la instalación de tuberías, rejillas, tapas metálicas, etc. También se harán los resanes y emboquillados correspondientes.

- Pisos en granito.

No se admitirán baldosas o tramos de ajuste fundidos en el sitio de la obra tales que al pulirse produzcan polvo.

Como complemento se usarán guarda-escobas en cemento coloreado de negro fundido en sitio.

3.9.3.4 Pisos en baldosas de gres o cerámica.

- Se utilizarán baldosas o tabletas cuya materia prima básica sean arcillas, barros, caolines, etc., que hayan sido sometidos a procesos de clarificación química y selección granulométrica, y luego hayan sido prensados y cocido para obtener características especiales de color, vitrificación, dureza, resistencia a la compresión y flexión, absorción de agua, etc.
- Todo el material que se use deberá ser preferiblemente resistente a los ácidos, a la corrosión y de fácil mantenimiento.
- Para los pisos cerámicos se usará baldosa tipo antiácido Decorpiso o similar instalado según las instrucciones del fabricante.

3.9.3.5 Revestimiento de pasos escalera con granito artificial pulido.

- Los pisos de concreto y los peldaños de escalera que deban recibir un acabado de granito artificial se dejarán con una superficie rugosa y 5 cm, más baja que el nivel del piso terminado.
- La base del acabado consistirá en una capa de mortero 1:3 con arena angulosa, limpia, de 3,4 mm que se extenderá uniformemente sobre la superficie de concreto y se nivelará a 16 mm por debajo del piso terminado.
- La superficie de acabado se formará por una mezcla compuesta por una parte de cemento y dos de mármol triturado, mezcladas en seco.
- La capa superficial deberá tener una composición uniforme en todo su espesor y se colocará en tableros limitados por las tiras metálicas y/o los pirlanes, cilindrándola hasta obtener una masa compacta, extrayendo toda el agua y el cemento superfluos; luego se repasará a mano con llana hasta cuando el piso presente una textura uniforme y una superficie pareja.

- Cuando el piso este suficientemente duro y curado se cepillará a máquina con piedra carborundo No.24 y se repararán las imperfecciones que hayan podido quedar, rellenado las cavidades con granito de la misma composición y aspecto que el piso circundante. Después de 72 horas, se repasarán a máquina las superficies reparadas usando una piedra de carborundo No.80 ó más fina.
- El pulido y cepillado de los pisos en los sitios de la obra a donde se lleven a cabo simultáneamente labores de montaje o de operación de equipos, así como en las áreas circundantes a los tableros de operación o de servicios auxiliares, se deberá hacer después de terminados los montajes, tomando las precauciones necesarias para proteger los equipos.

3.9.4 Cubierta en elementos de asbesto cemento.

3.9.4.1 Cubierta en asbesto cemento.

- Se usarán piezas de asbesto cemento, en forma de canaletas, de calidad igual o equivalente a los productos de Eternit Colombiana S.A., según norma NTC 160 (Ingeniería civil y arquitectura. Placas onduladas de asbesto cemento para cubiertas y revestimientos).
- Los elementos de asbesto-cemento serán manejados y colocados sobre los remates de los muros y se fijarán despuntados o trabados utilizando ya sea ganchos ó tornillos galvanizados provistos de arandelas y empaques según especificaciones del fabricante.

Los elementos que se utilicen para fijación irán con empaques en forma que se garantice un 100% de estanqueidad.

3.9.4.2 Tejas transparentes.

- Para lograr una mejor iluminación en la zona de tableros y celdas de la casa de control, se deben intercalar en la cubierta de asbesto cemento tejas plásticas transparentes.
- Su forma y dimensión debe permitir empalmarse perfectamente en la canaleta de asbesto cemento utilizada. Estas tejas deben ser de material plástico, irrompibles, que resista cualquier temperatura ambiental y fuertes cambios sin deformarse. Deben permitir la transmisión de por lo

menos un 70 % de la luz solar y ser totalmente impermeables tanto en su composición como en sus elementos de fijación.

3.9.5 Impermeabilización.

3.9.5.1 Impermeabilización de obras expuestas a la vista.

Se aplicará los revestimientos transparentes para muros acabados a la vista.

3.9.5.2 Impermeabilización de pisos.

Bajo los antepisos de concreto se colocará en contacto con la superficie del terreno, una tela impermeabilizable, del tipo de polietileno de espesor no inferior a 15 centésimas de milímetro. La tela deberá cubrir de manera continua y sin desgarraduras toda el área. Los traslapos serán de 15 cm por lo menos y su sellado se hará con cinta de polietileno de una pulgada de ancho.

3.9.6 Enchapados de muros.

Para los enchapados usando baldosas o tabletas, se deben tener en cuenta las siguientes especificaciones generales:

- Las baldosas o tabletas se colocarán usando mortero.
- La pared por enchapar se remojará abundantemente antes de comenzar el trabajo y las baldosas se sumergirán en agua durante las 12 horas anteriores a la pega.
- Aún fresco el pañete, se aplicará una lechada de cemento gris hasta formar una capa delgada sobre la cual se sentarán las baldosas; luego se procederá a emboquillarlas con una lechada de cemento blanco.
- Los extremos cortados de las piezas deberán pulirse y se evitará, en cuanto sea posible, el empleo de piezas menores a media unidad.
- El enchapado deberá quedar completamente parejo y a plomo, libre de salpicaduras de mortero, con las juntas nítidas y parejas, y sin baldosas rotas ni rajadas.

3.9.7 Pinturas.

3.9.7.1 Materiales.

Todas las pinturas preparadas y empacadas en fábrica deberán ser enviadas al sitio de la obra en su recipiente original, debidamente sellados y con los rótulos y marcas propios del fabricante. Los recipientes permanecerán cerrados hasta el momento de aplicarse la pintura.

3.9.7.2 Tipos de enlucido.

- Para superficies de asbesto-cemento:
 - Una capa sellante con pintura vinílica en base de agua, aplicada por aspersión.
 - Una capa de siliconite para evitar la formación de hongos.
- Para mampostería exterior.
 - Dos capas de siliconite aplicados con brocha o pistola sobre superficie seca y limpia de suciedades y polvo.

3.9.7.3 Limpieza y preparación de las superficies.

Únicamente deberá aplicarse pintura, en superficies debidamente preparadas, de las cuales deberá removerse toda la herrumbre, la mugre, el polvo, la grasa, el aceite, partículas sueltas, cera y en general cualquier material extraño que impida un acabado parejo, resistente y durable. Después de preparadas las superficies se mantendrán limpias y protegidas hasta el momento de aplicación de la pintura.

Las superficies de concreto o de mampostería se limpiarán con cepillo de cerdas hasta remover completamente el polvo, la mugre y las materias extrañas.

Las capas de pintura que se apliquen deberán quedar uniformes y libres de burbujas, poros, manchas o señales de cerdas; las capas se aplicarán en cantidad suficiente pero no excesiva para tapar las superficies. Si es necesario, se lijarán las superficies para remover las irregularidades.

3.9.7.4 Espesor de capas y secamiento.

El tiempo de secamiento entre la aplicación de las capas de pintura estará de acuerdo con las instrucciones del fabricante de la pintura utilizada.

3.9.7.5 Acabado.

Se aplicarán tantas manos de pintura como sean necesarias para obtener un acabado resistente y de primera calidad.

Las superficies acabadas quedarán perfectamente uniformes en lustre, color y textura.

3.9.8 Cielos rasos.

La estructura de soporte estará compuesta por entramados en madera inmunizada y/o perfiles y varillas de acero o aluminio, sujetos a los concretos de las losas o los muros circundantes. La sujeción se hará apoyando simplemente los soportes en los muros, o colgando los elementos por medio de soportes en varilla de hierro usando perfiles de acero amarrados por medio de pernos de impacto (*Red Head*) tiros *Ramset*, platinas de apoyo o sujetadores colocados dentro de los concretos.

3.9.8.1 No se permitirá soldar apoyos o soportes en los miembros en tracción de las estructuras metálicas.

3.9.8.2 Cuando los soportes se apoyen simplemente en los muros, la parte embebida deberá envolverse en malla para garantizar su adecuada vinculación con los morteros de pega.

- Cielo rasos en malla y pañete.
 - Se utilizará malla estructural con vena, fabricada en chapa de acero con aleación de cobre, laminada en frío. La estructura de la hoja tendrá como mínimo siete venas por unidad para un tamaño normal de 2,40 x 0,60 m. Las venas serán acanaladas de 8,5 mm espesor por 9,5 mm de ancho como mínimo.
 - Al colocar las mallas se tendrá especial cuidado en estudiar el correcto sentido de carga, para evitar grietas, desniveles o abombamientos al colocar los pañetes.
 - El traslape longitudinal de las mallas tendrá una longitud mínima de 0,30 m y se hará cuidando el empare perfecto de las venas traslapadas. La sujeción al entramado de soporte debe efectuarse siempre sobre las venas estructurales de la malla usando alambre, puntillas o grapas.

- Cielo raso en material acústico.
- Deberán utilizarse láminas con película de acabado en vinilo, de 25 mm de espesor con un coeficiente de reducción de ruido de 0,75, garantizando que no se tuerzan, comben o deformen y que resistirán condiciones adversas de humedad y temperatura. La superficie de las láminas debe ser lavable con esponjas, jabones o detergentes suaves, para efectos de mantenimiento. Se aceptarán láminas iguales o similares al producto Sonocor.
- La instalación de las láminas se hará por medio de un sistema de suspensión con molduras en aluminio a la vista, formado por Tees de 1" x 1/16", grapas en lámina de 1/64", tornillos de cabeza plana de 1/2" x 1/8", laminillas de aluminio de 1" x 1" calibre 30 y ángulos de remate de 1" x 1/2" x 1/16", previendo espacios y fijación adecuada para lámparas fluorescentes de iluminación.

3.10 CARPINTERIA METÁLICA Y DE MADERA

Esta sección contiene los requisitos y normas generales para el suministro, fabricación e instalación de la carpintería metálica y de madera, y acabados misceláneos asociados con éstas, a instalar en la casa de control.

Estos trabajos incluyen, pero no se limitan a los siguientes:

- Puerta metálica enrollable:
Será puerta enrollable, de accionamiento manual fabricadas con hojas de lámina metálica prensada en frío, calibre 18 con guías calibre 12 y de acción manual.
- Ventanería para toda la obra:
Estará fabricada en aluminio anodizado y en lámina de acero usando perfiles de diseño especial.
- Barandas para escaleras y andenes:
Estarán construidas por el conjunto de antepecho y remate superior y anclajes, para la protección de la circulación por andenes, escaleras o como protección en los vacíos entre pisos.

- Puertas.
Se fabricarán, suministrarán e instalarán con los siguientes materiales y combinaciones de los mismos.
 - Marcos y hojas fabricadas en aluminio anodizado acabado mate, color natural.
 - Marcos y hojas fabricados en perfiles ambos de lámina prensada en frío.
 - Marcos fabricados en lámina prensada con hojas en lámina *Cold Roller* entamborada.
 - Marcos fabricados en perfiles doblados en lámina prensada en frío y hojas fabricadas en estructura de cedro de primera calidad y recubrimientos en triplex.

- Vidriería.
 - Vidrios planos transparentes para puertas y ventanas.
 - Espejos para áreas de sanitario.
 - Paletas en vidrio para ventanería tipo persiana.

3.10.1 Normas generales para materiales.

3.10.1.1 Elementos de aluminio.

- Materiales.

Los elementos de aluminio para puertas, ventanas, y otros se fabricarán en perfiles extruídos de aluminio anodizado, con tamaños y calibres que se indiquen en planos. Todos los elementos se unirán entre si con platinas, tornillos y accesorios de aluminio, de características similares a la de los perfiles, quedando expresamente prohibidos el uso de elementos de unión en otros materiales metálicos.

Estos elementos tendrán carga de rotura de 21 kg/cm² y alargamiento mínimo del 8 %, cuyo acabado superficial garantice superficies libres de rayas de matriz, manchas o cualquier otra imperfección, que garantice buena resistencia a la corrosión y a la humedad; el espesor de la lámina no será inferior a 3 mm y un ancho no menor de 68 mm.

- **Empaques.**

Además del aluminio, se instalarán todos los empaques y sellos necesarios para resolver todas las juntas del sistema, para las empaquetaduras se usará caucho, neopreno, polivilino o fieltro y para los sellos de las juntas se usarán selladores elásticos, flexibles, impermeables, resistentes a la intemperie, no tóxicos, ni inflamables.

3.10.1.2 Vidrios.

Serán de primera calidad, libres de imperfecciones y defectos de transparencia, colocados y empaquetados en todos los casos.

De acuerdo al elemento, los espesores de los vidrios se registrarán por la siguiente tabla:

Tabla 7. Espesores de vidrios.

Sitio	Longitud	Espesor
Ventanas	30 cm – 80 cm	3 mm
	>80 cm – 120 cm	4 mm
	>120 cm – 150 cm	5 mm
	>150 cm	6 mm
Puertas	30 cm – 100 cm	4 mm
	>60 cm – 100 cm	5 mm
	>100 cm	6 mm

3.10.1.3 Cerraduras, herrajes y accesorios.

Estos serán de primera calidad, libres de imperfecciones y defectos que dificulten su funcionamiento.

Todos los elementos se suministrarán con bisagras de bronce de pernos removibles con longitudes entre 138 mm y 100 mm según el caso, manijas para cierre y topes metálicos con cabeza de caucho, placas de identificación grabadas en plástico con indicación del nombre y el número del cuarto y tapaluces. Todas las puertas interiores y exteriores se suministrarán y montarán provistas de un dispositivo automático de cierre graduable.

3.10.1.4 Elementos de madera.

Se fabricarán los elementos de madera usando cedro de primera para los bastidores, y láminas de triplex de primera, las cuales se deben componer de lámina de madera contrachapada, de abarco de 6 mm de espesor, inmunizada, de densidad promedio 550 kg/m^3 a una humedad máxima de 12 % ligada entre si con resina de úrea y formol.

Toda la madera que se use estará cerca, recta e inmunizada y deberá garantizar un conjunto de estructura fuerte e indeformable que impida el alabeo de las partes.

3.10.1.5 Elementos de acero.

Todos los materiales deberán estar exentos de imperfecciones y/o defectos de fabricación reciente, no haber sido usados.

3.10.2 Puertas y elementos en aluminio.

3.10.2.1 Puerta de aluminio.

- Definición.
Se fabricará e instalará las puertas de aluminio en aluminio anodizado en color natural mate.
- Disposiciones generales.
Las puertas podrán ser de una abra, del tipo de puerta ventana.

3.10.2.2 Baranda y pasamanos en aluminio.

- Se instalarán las barandas y los pasamanos en aluminio anodizado color natural mate.
- Disposiciones generales.
Las barandas estarán constituidas por el conjunto completo de perfiles de antepecho, remate superior y elementos de fijación y anclaje; se colocarán como elementos de protección en las escaleras o como elemento de protección en las circulaciones y vacíos entre pisos.

Todas las aristas y uniones deberán quedar perfectamente ajustadas y biseladas. Al fundir los concretos respectivos, deberán dejar ancladas las platinas de fijación a los herrajes de

empotramiento de los parales con el fin de no deteriorar el concreto estructural y garantizar una adecuada fijación de las barandas a los elementos estructurales.

3.10.3 Puerta metálica enrollable.

- Se suministrará e instalarán las puertas metálicas enrollables fabricadas en lámina Cold Rolled, en hojas dobladas trabajadas en frío. Estas puertas deberán accionarse manualmente.

3.10.4 Marcos en lamina y hojas en madera.

Las puertas podrán ser de una o dos abas, de giro sobre bisagras de perno, o deslizables sobre rieles y balineras. Las hojas se construirán en espesores variables entre 35 y 44 mm, en doble cara, lisa o decorado

3.10.5 Pintura.

3.10.5.1 Limpieza y preparación de superficies – General.

Únicamente podrá aplicarse pintura en superficies debidamente preparadas. Deberá removerse de las superficies que van a pintarse toda la herrumbre, la mugre, polvo, grasa, aceite, partículas sueltas, cera y en general, cualquier material extraño que impida un acabado parejo, resistente y durable.

3.10.5.2 Preparación de superficies de acero.

Las superficies se limpiarán y prepararán con cepillo de cerdas metálicas, disolventes, esmeriles, y cualquier otro medio aceptado por el fabricante de la pintura, y que no ponga en peligro la calidad del sistema de protección que va a aplicarse.

3.10.5.3 Aplicación.

La pintura se aplicará con brocha o con pistolas especiales y utilizando personal entrenado. Las capas de pintura que se apliquen deberán quedar uniformes y libres de burbujas, poros, manchas o señales de cerdas; las capas se aplicarán en cantidad suficiente pero no excesiva para tapar las superficies y de tal manera que se pueda obtener un acabado resistente y de primera calidad.

La mezcla de las pinturas se hará por medios mecánicos; solamente se debe hacer a mano si se trata de menos de 5 galones de contenido. Antes y durante la aplicación de las pinturas éstas deberán agitarse en sus recipientes en forma suficiente para mantener los pigmentos uniformes y evitar sedimentos. No se permitirá verter sobrantes de pintura en las cañerías del sitio de la obra.

3.11 INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS

Este capítulo comprende los requisitos y normas generales para la instalación y las pruebas de la red de distribución de agua, la plomería y la instalación sanitaria. Además la instalación de artefactos sanitarios con sus incrustaciones y accesorios.

3.11.1 Tuberías.

El trabajo incluye, la instalación de la tubería con todas las conexiones, soportes, guías, uniones, válvulas, empaques, pernos y demás elementos para completar los sistemas y dejarlos en funcionamiento con las condiciones especificadas, los empates de la tubería a los artefactos que irán conectados al sistema; las perforaciones y los resanes en la mampostería para adaptar la tubería a los detalles de la obra y la prueba de los sistemas.

3.11.1.1 Soportes de tubería.

Las uniones serán de tipo campana y espigo. No se deben instalar tubos o accesorios cuyas campanas hayan sufrido algún desperfecto. El mortero para las juntas se mezclará en proporción de una parte de cemento, por dos de arena fina lavada, teniendo sumo cuidado en no dejar mezcla en el interior del tubo.

3.11.1.2 Instalación.

Las tuberías sanitarias deberán colocarse a suficiente profundidad para evitar presiones indebidas o impactos.

Si el fondo de la excavación no provee un apoyo adecuado para los tubos, éstos se colocarán sobre concreto o en otras formas apropiadas.

La tubería de gres vitrificado deberá quedar perfectamente apoyada en el lecho de la excavación. Se excavarán cajas que alojen las campanas de los tubos para que éstos queden apoyados en toda su longitud. La tubería se debe colocar comenzando de abajo hacia arriba y con el extremo acampanado arriba. No se debe realizar el relleno de las zanjas antes de 12 horas después de terminadas las uniones.

3.11.1.3 Tuberías en PVC.

- Las tuberías deberán proveerse las uniones universales necesarias para facilitar el cambio de tubería y de accesorios cuando sea preciso.
- La separación entre soportes de tubería no excederán de 2 m para los tramos verticales, ni de 2,5 m para los tramos horizontales. Las válvulas y accesorios que produzcan cargas concentradas deberán sostenerse aisladamente.
- Las pruebas deberán incluir el trabajo preparatorio para aislar la tubería para el desarrollo de la prueba, y la reparación de los defectos encontrados.
- Las instalaciones de tubería deberán probarse a una presión que sea una vez y media mayor la presión máxima del servicio.

3.11.1.4 Bajante de aguas lluvias.

- Bajantes en PVC.
Estas bajantes se colocarán dentro de los muros. Las tuberías a la vista estarán sujetas por abrazaderas y sus sistemas de fijación a los muros y demás estructuras serán por medio de chazos a presión en aluminio u otro material inoxidable.
- Pruebas.
Una vez terminada la instalación de las bajantes y antes de iniciar la construcción de los muros en el caso de bajantes embebidas, se deberán hacer las pruebas, y si es el caso las reparaciones necesarias para garantizar que las bajantes no tendrán escapes y filtraciones.

3.11.2 Aparatos sanitarios.

3.11.2.1 Instalaciones.

Las conexiones a la red general de suministro de agua fría se harán con tubería PVC y accesorios del mismo material. Las conexiones a las tuberías sanitarias deberán hacerse por medio de los accesorios suministrados junto con los aparatos sanitarios y serán fijados con grapas de hierro fundido y con mezcla basada en cemento blanco. Los aparatos deberán quedar perfectamente nivelados y plomados.

3.11.3 Acometida del acueducto.

Se debe construir la acometida provisional, si es necesaria para la red de agua potable a utilizar durante la construcción, haciendo todas las tramitaciones que sean del caso ante la Empresa de Acueducto o entidad encargada de tal servicio.

El trabajo comprendido en este artículo es el siguiente:

- Tramitación de todos los permisos y autorizaciones que se causen según lo determine la Empresa.
- Construcción de caja de medidor.
- Conexión desde la caja de medidores hasta el tanque de abastecimiento.
- Conexión de la tubería de salida del tanque de abastecimiento.
- Trámite ante E.A.A.B. y construcción de la acometida definitiva para el suministro de agua potable y de la conexión a la red de aguas negras y aguas lluvias de las tuberías sanitarias y de drenajes.

El límite del trabajo será la caja del medidor.

La tubería hidráulica deberá quedar conectada a la red principal, las de aguas lluvias y negras a la red de alcantarillado.

4 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA EL MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

El objeto de este capítulo es el de establecer las condiciones técnicas para el montaje de las estructuras metálicas para los pórticos de líneas, barraje, soportes de equipos de la Subestación y estructura metálica de cubierta de la casa de control.

4.1 MATERIALES.

El material debe ser nuevo y no debe tener empalmes. No se recomiendan las uniones soldadas con el fin de completar la longitud de un mismo elemento menor o igual a seis metros.

En ningún caso se debe usar más de un ensamblaje por pieza. Tampoco se deben realizar empalmes que den una mala presentación al conjunto. El acero que se utilice deberá estar libre de escama de laminación y de cualquier otra imperfección que reduzca su espesor en más de 10% de la laminación nominal.

Los elementos a emplearse no deben haber sufrido dobladuras, ni calentamientos, ni desperfectos mecánicos o químicos durante el transporte o manejo. El material para la fabricación de las vigas o columnas que conforman los pórticos, será soldado en frío y con costura ya sea longitudinal o en espiral, si se adopta la alternativa de elementos tubulares. La soldadura será de penetración completa.

La longitud de las piezas será tal que permita un correcto manejo, especialmente durante el montaje, corte y preparación de la pieza. Los cortes en las piezas de acero deben hacerse con cizalla, la superficie debe quedar limpia, sin rebabas o filos que no sean removibles con cepillo o esmeril y los entrantes deben ser biselados .

El cepillado de los bordes en elementos con espesores mayores a 15,8 mm (5/8"), debe tener una profundidad mayor a 3,1 mm (1/8"). Las superficies de apoyo de las vigas deben cepillarse después de ensambladas; no deben ser enderezadas si están dobladas o presentar otras irregularidades. El cepillado de las superficies móviles de apoyo deberá hacerse en la dirección del movimiento de expansión.

Cuando se necesite ensamblar un perfil con láminas, se unirán todas las piezas por medio de soldadura, de tal manera que no se varíen los centros de gravedad y se obtenga un ajuste perfecto entre las piezas y que carezca de torceduras, dobleces o juntas abiertas. La soldadura de piezas compuestas y que deban ser galvanizadas debe ser continua, el galvanizado deberá cumplir con la Norma NTC 2076 (Electricidad. Galvanizado por inmersión en caliente para elementos en hierro y acero), para clase B-1.

4.1.1 Perforaciones.

Los huecos para los tornillos deben efectuarse utilizando el taladro adecuado con el diámetro a que se refiera, sin ensanchamientos irregulares de los mismos.

Los huecos para pernos localizados cerca de dobleces deben hacerse después del doblaje, para evitar su distorsión.

Cualquier rebaba que quede después del troquelado o el taladrado debe ser removida con herramienta adecuada, antes de la galvanización, los dobleces deben hacerse preferiblemente en frío; de requerirse, por el espesor del material o la dificultad de doblaje, se acepta que éste sea hecho en caliente. Todas las partes de un conjunto se arman por medio de conexiones provisionales pernadas con tornillos comunes, para el control.

4.1.2 Tolerancias.

Las diferencias por defectos de alineamiento de las estructuras fabricadas y sometidas a esfuerzos de compresión no deben ser mayores de 1/1000 de la distancia entre puntos de soporte lateral.

Los tamaños y posición de las perforaciones deberán probarse con sus correspondientes tornillos in situ antes y después de efectuar el galvanizado. Es admisible una variación de 0,8 mm (1/32") en la

longitud de las barras cuyos extremos de apoyo sean perfeccionados con medios mecánicos como cepilladores, sierras o esmeriles.

Para estructuras que se conecten con otras sin extremos de apoyos perfeccionados, se admite una diferencia máxima en su longitud de 1,6 mm (1/16") para piezas hasta de 9 m, entre las medidas del plano y las de las piezas fabricadas.

Las distancias mínimas entre centros de pernos y entre centros de huecos y bordes de los elementos que conforman las conexiones deben cumplir con todas las especificaciones de la sección F de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98.

4.1.3 Uniones.

- Uniones soldadas.

Los trabajos de soldaduras y los materiales deben cumplir con los requisitos de la Norma AWS D1.1-00 *Structural Welding Code – Steel*.

Las soldaduras que se requieran se deben hacer por el procedimiento de arco eléctrico, usando electrodos del tipo de recubrimiento especial para soldar en todas las posiciones. Los excesos de soldadura que estorben, deben rebajarse con esmeril.

En las soldaduras a tope con penetración completa, cuando deban realizarse por ambos lados, el fondo de la que se deposite primero debe ser rebajada con fresa (gubia) o por medios adecuados hasta el metal limpio, antes de empezar la soldadura del otro lado, a menos que se presente prueba evidente de que el procedimiento empleado permita obtener la fusión completa sin necesidad de biselado (escopleadura).

Después de cada paso de soldadura y una vez esté fría, debe removerse completamente toda la escoria que pueda haber quedado.

En las juntas que presenten grietas, inclusiones de escoria, porosidad gruesa o cavidades, o en que el metal de soldadura tiende a traslapar el de las piezas soldadas sin fusión adecuada, las porciones defectuosas se deben recortar o biselar (escoplear) y la junta soldarse de nuevo.

Las soldaduras a tope en taller, de elementos principales, se deben ensayar por medio de radiografías en la siguiente forma:

Cada tipo, tamaño y soldadura de filete en vigas principales, travesaños, largueros, elementos de celosía y otros elementos principales incluyendo sus conexiones extremas, deben ser ensayados por lo menos en 30 centímetros por cada 3 metros de longitud de soldadura acumulada, y en 30 centímetros por cada soldadura acumulada menor de 3 metros de longitud acumulada, por el método de inspección escogido, de acuerdo con la Especificación AWS E709-95 *Standard Guide for Magnetic Particle Examination*. Los ensayos serán localizados al azar en los sitios que sean típicos de cada longitud y cada soldadura.

Si se encuentran defectos inaceptables, se harán nuevos ensayos en la longitud de la soldadura 150 centímetros a cada lado de la longitud previamente ensayada, según sea la menor. Las soldaduras que por medio de la inspección de la partícula magnética, indiquen tener defectos no permitidos de acuerdo con la Norma AWS D1.1-00 *Structural Welding Code Steel*, serán rechazadas ó reparadas según métodos permitidos de acuerdo con la misma norma, o las partes deben ser removidas y reemplazadas. Las soldaduras que requieran reparaciones, deben ser nuevamente ensayadas después de la reparación.

- Uniones atornilladas.

Todos los tornillos deben ser probados con sus respectivas tuercas, después de galvanizado.

Se debe tener especial cuidado en que la capa de galvanizado no altere filetes de las roscas hasta variar la magnitud de la superficie de contacto. Si no se cumple con estas especificaciones mediante tornillos de rosca corriente, deben fabricarse de tal manera que aumenten las profundidades de las roscas para poder cumplir con las Normas después de galvanizado.

La longitud de los tornillos debe ser calculada en forma tal que después de puestos en el ensamblaje final de la estructura no sobren más de 3 filetes aproximadamente, teniendo en cuenta el espesor de las arandelas de presión.

El vástago de cada tornillo (parte no roscada) debe extenderse a través de los miembros conectados, evitando que la rosca forme parte de un plano de cizallamiento entre ellos, de tal

manera que al colocar las arandelas necesarias de acuerdo al diseño se puede enroscar las tuercas sin necesidad de suplemento.

La estructura ensamblada no debe acusar desviaciones de alineamientos mayores de 0,1 % de su longitud. Si no hay ajustes en las medidas, no se permitirá el rimado de los taladros, una vez galvanizada la misma. Cuando la estructura deba ser galvanizada los ensambles deben hacerse utilizando elementos ya galvanizados.

4.1.4 Galvanización.

Todas las estructuras o elementos deben ser galvanizados siempre que se requiera según el proceso de inmersión en caliente, de la Norma ASTM A385-00 *Standard Practice for Providing High-Quality Zinc Coatings (Hot-Dip)*.

Este proceso debe producir una capa protectora de zinc que debe quedar tenazmente adherida al material de base en toda la superficie, según la norma NTC 2076 Electricidad. (Galvanizado por inmersión en caliente para elementos en hierro y acero).

Después de terminados todos los trabajos de fabricación, con excepción del roscado de las tuercas, todas las piezas de acero por galvanizar deben limpiarse de óxido, escamas, polvo, grasa, aceite y cualquier sustancia extraña, antes de ser galvanizadas en caliente.

Los trabajos de preparación para galvanización y el proceso de galvanización en sí, no deben afectar en forma adversa las propiedades mecánicas del acero. Se debe evitar que se presenten pandeos o torceduras en aquellos miembros que por su longitud, no pueden ser sumergidos totalmente en el baño de zinc.

La calidad del material empleado en proceso debe cumplir con uno de los grados de zinc de acuerdo con la especificación ASTM B6-00 *Standard Specification for Zinc*.

El galvanizado de platinas y perfiles debe realizarse de acuerdo con la especificación ASTM A153/A153M-00 *Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware*.

Para evitar pérdidas en la ductilidad y en la resistencia del acero, que puedan producirse a causa del proceso de galvanización, deben seguirse las recomendaciones consignadas en la Norma ASTM

A143-74(1999) *Standard Practice for Safeguarding Against Embrittlement of Hot-Dip Galvanized Structural Steel Products and Procedure for Detecting Embrittlement.*

Las roscas de las tuercas deben ser terminadas después del proceso de galvanizado de tal manera que puedan girar libremente sobre la superficie galvanizada de los pernos.

El galvanizado debe protegerse con el fin de que no sufra daño durante las operaciones de transporte y montaje de las estructuras, el galvanizado debe quedar liso, limpio, uniforme, continuo y libre de defectos. El exceso de zinc en pernos, tuercas, contratueras y arandelas debe ser removido por centrifugado.

4.1.5 Pintura.

- En taller.

A todas las superficies de las estructuras a pintar en taller, salvo aquellas que van a estar en contacto con los pernos de alta resistencia, se les debe aplicar el siguiente proceso de limpieza y pintura en su orden:

- Limpieza con cepillo de acero.
- Dos capas de pintura al cromato de zinc, anticorrosiva.
- Dos capas de esmalte sintético.

Una vez terminada la pintura se debe almacenar las estructuras en un sitio adecuado hasta el momento del montaje.

Las superficies que no requieran pintura de taller se deben proteger con una capa de un material componente, las superficies metálicas que hayan sido pintadas en fábrica, deben manejarse con cuidado, de tal manera que la pintura se conserve en la mejor condición posible.

- Pintura en campo.

No se permite verter sobrantes de pintura en las cañerías del sitio de la obra. Todos los sobrantes deben retirarse del sitio de la obra después de terminado el trabajo.

Todas las áreas de pintura de fábrica que estén defectuosas o que hayan sido dañadas deben limpiarse hasta el metal de base y deben repintarse antes de proceder a la pintura final.

4.1.6 Marcas.

Las marcas deben estar conforme a la designación ASTM A6/A6M-01 *Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling*.

Con el fin de asegurar una adecuada identificación durante el montaje, todas las piezas del suministro y cada uno de los miembros de las estructuras deben identificarse mediante una marca estampada en el acero.

Las marcas utilizadas para identificar los elementos en los planos de montaje y de detalles, deben coincidir con las estampadas en los correspondientes elementos.

Todos los aceros estructurales que tengan punto de fluencia mayor que 478000 kg/m^2 (34000 psi), deben venir marcados de la acería según Especificación ASTM A6/A6M-01 *Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling*.

La identificación de aceros de alta resistencia en miembros estructurales ensamblados se hará mediante una marca pintada con el número de la designación ASTM A6/A6M-01 (*Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling*) de que la pieza salga del taller del fabricante.

4.2 ESPECIFICACIONES DE MONTAJE

Se debe hacer el montaje completo de todas las estructuras como se especifica. Este trabajo incluye el transporte, el manejo, la colocación de todos los componentes, del suministro en los patios de almacenamiento temporal y la erección e instalación final de las estructuras en el sitio.

4.2.1 Almacenamiento y manejo de las estructuras.

Todo el acero estructural que llegue al sitio de la obra debe ser almacenado de tal manera que ninguna pieza llegue a estar sometida a esfuerzos que puedan deformarla, o perder su galvanizado y protección superficial.

El método de almacenamiento debe ser tal que no impida el desarrollo normal de trabajo, debido a acumulación de material en forma incompatible con la secuencia que requiere el montaje.

4.2.2 Métodos de montaje.

Se debe llevar a cabo su trabajo por los métodos más económicos y seguros que le permitan cumplir con las especificaciones y los planos. Cada vez que sea posible, debe montarse en el suelo el conjunto de piezas, si de esta manera se facilita su montaje final. Debe tenerse especial cuidado de respetar los sitios de sujeción para el izaje de los elementos.

Se deberán suministrar todos los pernos necesarios para el montaje más un 10 % (diez por ciento) extra de cada tipo y dimensión.

- Morteros para nivelación.

Se debe colocar en forma exacta y fijar con mortero antirretractivo todos los pernos de anclaje y las bases de las columnas, en forma exacta .

Al tiempo de colocar el mortero, el espacio que éste vaya a ocupar debajo del acero debe estar completamente limpio y libre de humedad excesiva. El mortero de nivelación debe inyectarse a presión, hasta que todo el espacio disponible quede completamente lleno.

- Empalmes y conexiones en el sitio.

Todas las tuercas deben apretarse hasta obtener la tensión especificada para los pernos en cada caso para tensión mínima según la norma ASTM A325-00 *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength*.

Las llaves de torsión deben fijarse para que produzcan tensiones ligeramente superiores a las mínimas requeridas.

Si se usa el método de "Vueltas de Tuerca", las tuercas se harán girar con la llave de impacto hasta cuando estén bien ajustadas y luego se apretarán por lo menos con una y media vuelta, según la norma ASTM A325-00 *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength*.

Todos los pernos se deben cubrir, antes de instalarlos, con una capa gruesa de minio al plomo para sellar los agujeros contra la humedad.

- Aplomo y nivelación.

Las estructuras deben aplomarse y nivelarse cuidadosamente. Deben colocarse riostras y puntales provisionales donde quiera que se necesiten para resistir todas las cargas a que pueda estar sujeta la estructura durante su montaje, incluyendo las del equipo y las que originan la operación de éste. El arriostamiento debe mantenerse por todo el tiempo que la seguridad exija. A medida que avance el trabajo de montaje, la estructura debe asegurarse con pernos o soldadura para que pueda resistir las cargas muertas, la de montaje y la de viento; pero no se pueden soldar, pernar o roblonar las juntas definitivamente mientras la parte de estructura a las que tales juntas pueden hacer rígida, no haya sido alineada y nivelada adecuadamente. Donde quiera que vayan a amontonarse materiales o instalarse equipos de montaje, deben tomarse las medidas adecuadas para soportar con seguridad las cargas y esfuerzos resultantes.

Todas las piezas deben considerarse aplomadas o niveladas solo cuando la desviación no sea superior al 1 en 1000.

Todos los pernos y pasadores de montaje, vientos, riostras y entramados provisionales que se requieran durante el montaje deben ser suministrados y removidos.

4	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA EL MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	115
4.1	MATERIALES.....	115
4.1.1	<i>Perforaciones.....</i>	<i>116</i>
4.1.2	<i>Tolerancias.....</i>	<i>116</i>
4.1.3	<i>Uniones.....</i>	<i>117</i>
4.1.4	<i>Galvanización.....</i>	<i>119</i>
4.1.5	<i>Pintura.....</i>	<i>120</i>
4.1.6	<i>Marcas.....</i>	<i>121</i>
4.2	ESPECIFICACIONES DE MONTAJE.....	121
4.2.1	<i>Almacenamiento y manejo de las estructuras.....</i>	<i>122</i>
4.2.2	<i>Métodos de montaje.....</i>	<i>122</i>

5 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

Este Capítulo contiene los procedimientos generales, las instrucciones y pruebas que se deben tener en cuenta para el montaje de los equipos de patio, celdas, tableros, y demás equipos y materiales eléctricos, los valores aquí referenciados, están dados de acuerdo a las recomendaciones de CODENSA S.A E.S.P, por lo tanto son de carácter indicativo más no limitativo.

5.1 MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

5.1.1 Procedimientos generales.

- Los equipos y materiales deben ser montados e instalados de acuerdo con los planos, manuales e instrucciones de los fabricantes, los planos de construcción y tablas generales de cableado.
- Durante el progreso de la obra se debe mantener un juego completo de copias de los planos del proyecto con las últimas revisiones que se hayan emitido. Las correcciones que se marquen en ellos mostraran los detalles tal como se deben ejecutar en la obra, así como el registro de los cambios y modificaciones hechas en la misma. Una vez terminada la construcción, se entregará el juego de planos marcado cada uno con la leyenda "Plano Según Construcción", además estos planos debidamente actualizados, serán entregados en original.
- El equipo y los materiales se deben manipular en forma cuidadosa para evitar daños y pérdidas.
- Los equipos deben nivelarse y ajustarse. La exactitud de colocación debe ser tal que se eviten interferencias y que las conexiones con otros equipos con conduits, bases, etc., queden adecuadamente alineadas, sin que se presenten esfuerzos adicionales por razón de tales conexiones. Una vez instalados los equipos se deben inspeccionar todas las partes, para verificar su ajuste correcto desde el punto de vista mecánico.

- Los equipos deben adecuarse y mantenerse limpios y protegidos contra daños por acción de agentes atmosféricos, suciedad, alimañas y actividades durante la construcción, hasta la finalización de la obra. Partes tales como aisladores deben limpiarse completa y cuidadosamente. Los aceites y líquidos aislantes deben protegerse contra contaminación.
- Se deberán conectar los calentadores de ambiente, para evitar que la humedad originada por la condensación pueda deteriorar los equipos durante los tiempos de almacenamiento y montaje.

5.1.1.1 Inspección de Equipos a instalar.

Se debe efectuar la inspecciones para verificar el estado original de los equipos a instalar, por ejemplo se deberá verificar que las porcelanas se encuentren sin fisuras o grietas, se verificará el estado de los empaques, resinas, etc.

Si el resultado de alguna inspección no es satisfactoria, con relación a los resultados previstos; se debe corregir el defecto, si este es diferente de fabricación. Esta actividad se considera parte del montaje.

5.1.1.2 Montaje.

El montaje de los equipos contempla las siguientes actividades: Cargue, transporte, descargue, almacenamiento y protección en obra, vigilancia, desempaque, revisión, limpieza, colocación en posición de servicio, fijación, nivelación, ensamble, calibraciones y ajustes, instalación de conduits, cajas de empalme y accesorios, instalación y conexión de cables hacia otros equipos, conexiones de alta tensión, conexión a la malla de tierra, revisión general; verificación que las obras están mecánicamente completas; preparación de pruebas para la puesta en servicio (*precomissioning*); notificación de que la subestación está en recepción provisional (*comissioning*); puesta en servicio y operación comercial de la subestación.

Se deberán proporcionar todos los equipos que sean necesarios para el montaje y pruebas.

5.1.1.3 Reparación de equipos deteriorados.

Todas las estructuras, materiales y equipos que durante el transporte, almacenamiento o el montaje sufriesen deterioro en su pintura o galvanizado, deberán ser debidamente reparados y retocados siguiendo las instrucciones propias de cada caso y el color de pintura particular.

5.1.1.4 Limpieza y protección de equipos.

Después de terminadas las labores de montaje, cada equipo se debe limpiar y proteger adecuadamente para controlar así la posible oxidación. Los sitios de almacenamiento deben poseer un ambiente seco y libre de contaminación.

5.1.1.5 Concretos secundarios.

Al hacer el vaciado de los concretos secundarios para soportes y en general partes empotradas, se deberá tener cuidado de fijar bien estos elementos para impedir su desplazamiento. Tanto los elementos a empotrar como los concretos primarios deberán limpiarse cuidadosamente. Para garantizar una adecuada adherencia del concreto secundario con el primario se deberá aplicar un adhesivo epóxico como el Colma Fix Primer o similar.

El concreto o el mortero secundario deberá proporcionar alta resistencia y densidad, ser fácil de colocar y reducir notablemente la contracción, por lo que se deberá agregar a la mezcla un aditivo super-plastificante como el Sikament o similar.

El concreto o mortero recién colocado deberá protegerse cuidadosamente del agua corriente, lluvia fuerte, tránsito de personas o equipo, exposición directa a los rayos solares, vibraciones y de otras causas de deterioro. Todas las caras expuestas del concreto deberán curarse por un período no menor de siete días, inmediatamente después de terminar su colocación, ya sea cubriéndolas con tela de costal saturada con agua o con una capa de arena o tierra continuamente humedecida.

5.1.2 Equipo misceláneo.

5.1.2.1 Conexiones de puesta a tierra.

Todos los equipos, estructuras, pantallas de cable, puertas metálicas, tanque de combustible, tubería, gabinetes y tableros que han de montarse deberán ser conectados a la malla de puesta a tierra.

Los cables de conexión a tierra de los equipos y en especial de pararrayos deberán ser instalados con el mínimo número de curvas y por el camino más corto a la malla. Los pararrayos y seccionadores de puesta a tierra deberán ser puestos directamente a la malla de tierra. Los cables de guarda pueden ponerse a tierra a través de las estructuras pórtico.

Al realizar la conexión de tierra se debe remover la pintura o esmalte (no es aplicable para galvanizado) de la superficie donde se instale el terminal de puesta a tierra. Después de instalado se retocarán los espacios adyacentes y se sellarán las uniones para que no penetre humedad en el punto de conexión.

En los marcos de soporte, tanques y tuberías se debe lograr continuidad instalando puentes de cable de cobre o platina de cobre donde se requiera. La bajante de conexión de los equipos a la malla de puesta a tierra, deberá ser lo más corta posible y evitando el uso de empalmes.

5.1.2.2 Tubería conduit.

Se deberá instalar toda la tubería conduit, uniones, cajas, boquillas, tuercas, contratuercas, curvas, prensaestopas, abrazaderas, grapas, etc., de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional (NEC).

Se deberán realizar las perforaciones en muros, estructuras, bases, pisos, tableros y otros para pasar, empotrar, fijar o anclar las tuberías y su posterior resane o relleno si es aplicable.

Si es necesario hacer dobladuras, estas se deberán hacer en frío y nunca deben quedar aplanadas. Se deberá procurar en términos generales instalar las tuberías conduit con el mínimo de cruces y curvas. Para tuberías con diámetro mayor de 12,7 mm (1/2") se deberán usar curvas prefabricadas o conduletas.

Las huellas dejadas en tubos por las llaves de tubo, por las prensas, y otras herramientas deberán ser reparadas con tratamiento apropiado para cada tipo de tubería. Igual tratamiento se deberá dar a los cortes, dobladuras y extremos roscados cuando la pintura o galvanizado se ha deteriorado o perdido.

Las tuberías conduit metálicas deberán ser puestas a tierra por medio de abrazaderas o boquillas cuando no tengan continuidad a tierra en cajas, gabinetes o tableros.

Los tubos conduit PVC serán fijados cada metro y los metálicos cada dos metros. Deberán ser fijados a cajas y tableros con boquilla y contratuerca, a muros y estructuras con abrazaderas y grapas. Los soportes para grapas y abrazaderas, cajas y otros accesorios deberán ser fijados con pernos de expansión. Se podrán usar chazos plásticos sólo para soporte de tuberías de 12,7 mm (1/2") de diámetro. La tubería PVC enterrada se deberá anclar y proteger con concreto, con una capa no inferior a cinco centímetros.

Cuando queden extremos de conduit expuestos, deberán ser sellados. Se deberán evitar tramos sin drenaje natural y si por alguna razón se presentan, se deberá hacer una pequeña perforación en la parte más baja del tubo para permitir el drenaje de la condensación.

En general las tuberías serán utilizadas así:

- Conduit de acero rígido: entre cajas de tiro y conduit flexible y en instalaciones interiores expuestas.
- Tubería PVC: Para ductos y conducciones.
- Conduit Flexible:
 - Cajas terminales de equipos de alta tensión y conduits de acero rígido de diámetro 38,1 mm (1 1/2 “).
 - Cajas terminales de equipos de alta tensión y cajas de conexión.
 - Cajas de empalme y conduits de acero rígido de diámetro 38,1 mm (1 1/2 “).

5.2 INSTALACIÓN DE BARRAJES

Se podrá utilizar dos tipos de barrajes para los cuales se debe tener en cuenta las siguientes prescripciones para el montaje de los mismos:

- Barras rígidas: Son consideradas como una viga continua con las cargas actuando uniformemente a lo largo del vano.

Se debe cuidar que no se produzcan deformaciones en las barras, bien sea en el transporte o durante el montaje; así mismo debe ajustarlas convenientemente, para evitar calentamiento en los puntos de unión.

- Barrajes flexibles: Son aquellos donde se considera que la fuerza electromagnética actúa uniformemente sobre todo el conductor.

Los conductores no deberán ser arrastrados, ni pisados; una vez tensionado el conductor se debe sujetar bien a las grapas en las cadenas de retención. El valor final de la flecha y la tensión debe estar de acuerdo con las tablas de tendido suministradas por el diseñador.

Para el cable de guarda deben seguirse las mismas recomendaciones hechas para los barrajes flexibles de fase.

La identificación debe hacerse pintando sobre las estructuras, (en todas las vigas que soportan los conductores), cuadros de 15 ó 10 cm sobre fondo rojo para la Fase A, amarillo para la Fase B y azul para la Fase C.

5.3 CABLES Y AISLADORES

Los carretes de cable no se deberán destapar hasta tanto se inicie el tendido de los barrajes. Si después del tendido queda cable sobrante en el carrete éste deberá ser asegurado y tapado nuevamente.

Se deberán prever medios para evitar que se rayen o dañen los conductores durante el tendido colocando soportes temporales o protecciones sobre el suelo.

Los conductores deberán manipularse de tal forma que durante la instalación no se aflojen las capas interiores o exteriores del cable.

Se deberán tomar especiales precauciones para evitar daños en la estructura ocasionados por las poleas y aparejos utilizados durante el tendido de conductores. No se deberán colocar aparejos sostenidos en puntos medios de elementos de las estructuras. En caso necesario se deberán colocar vientos sobre la estructura para protegerla durante el tensionado de los conductores.

Para el tendido de los vanos de las conexiones superiores y las barras se deberán tener en cuenta los datos de tendido. El cable se deberá tender y llevar a una tensión cercana a la especificada con la ayuda de dinamómetro y posteriormente, después de un tiempo prudencial, se deberá proceder al tensionado y ajuste final con verificación topográfica.

La temperatura para el flechado deberá tomarse por medio un termómetro instalado dentro de una canasta fabricada con un trozo de conductor y suspendida de la estructura, por lo menos 15 minutos antes de tomar la lectura. Las flechas finales medidas no deberán diferir en más del 1 % de las calculadas.

Se deberá llevar un registro en el cual se muestre para cada fase de cada vano, la flecha de diseño y la flecha medida el día de tendido inicial y el día de verificación final incluyendo las correspondientes temperaturas.

Los aisladores se deberán revisar para no instalar aquellos que presenten daños. Se deberán posicionar los pines de enclavamiento entre unidades para que el extremo abierto siempre quede dirigido hacia abajo. Durante el izaje de las cadenas se debe evitar que estas se doblen produciendo esfuerzos indebidos sobre los vástagos de los aisladores de suspensión.

Para apretar los pernos de los conectores se deberán usar llaves torcométricas, respetando los valores de los torques indicados por los fabricantes.

Los aisladores de soporte deberán instalarse en forma invertida suspendidos de las vigas de los pórticos, con todos sus elementos y accesorios necesarios para soporte de los puentes de las barras y los barrajes del nivel superior de conexiones.

Los cables de 15 kV serán conectados por medio de tornillería, los terminales de conexión de los cables se localizarán en parte superior de la celda. Ellos se harán en cobre.

5.4 SERVICIOS AUXILIARES

Se deberán montar todos los elementos que constituyen el sistema de servicios auxiliares, siguiendo las instrucciones de cada uno de los fabricantes y verificando que cada parte del sistema se coordine apropiadamente con los demás.

Las celdas y los gabinetes que constituyen el sistema de servicios auxiliares, tanto de corriente alterna como de corriente continua, deberán quedar completamente ensamblados, anclados, con puesta a tierra, con todos sus elementos y accesorios, cableados y conexionados individualmente y entre sí.

- Tablero de servicios auxiliares: se deberá instalar y anclar sobre piso de un tablero eléctrico típico de dimensiones aproximadas de 1000 x 800 x 3000 mm., se deberá realizar la comprobación de apriete de bornes y barras.

Se alambrarán tableros según el plano entregado por el diseñador, considerando eventuales modificaciones, se realizará la medida de resistencias de aislamiento de todos los circuitos con respecto a tierra (con megger de 500 v), se comprobará la operatividad de las alarmas de los termomagnéticos, se deberán rotular todos los termomagnéticos con placas.

- Cargador de baterías: se deberá anclar sobre piso; con perforación para alojar el ducto de cables, el recorrido del conductor de tierra entre la malla y el gabinete corresponde a la partida “malla de tierra” de estas bases.

La canalización desde la canaleta hasta el gabinete corresponde a la partida “cañerías, bandejas y escalerillas”

- Banco de baterías: se debe inspeccionar visualmente cada una de las celdas o baterías Orecepcionadas, a fin de detectar posibles trizaduras, daños en los bornes, puentes de interconexión, falta de insumos, etc., las celdas deberán ser instaladas en sus respectivos rack, los cuales deberán estar pintados de color gris acrílica (impolak) y tener sus respectivas gomas de acrilonitrilo adheridas en la parte inferior y en el costado, las celdas deberán instalarse anteniendo la separación recomendada por el fabricante e interconectarlas con sus respectivos puentes y con el torque según el fabricante, a fin de formar el banco correspondiente.

Se deberá efectuar el llenado de las baterías con la mezcla de agua destilada y electrólito hasta el nivel indicado por el fabricante.

- Cajas de Maniobra: las cajas de maniobra son de uso exterior y consisten en dos *switches* de cuchilla trifásica, conmutables y una derivación en T, con fusibles para alimentar el transformador de servicios auxiliares. Se deben tener cuidados especiales con los empaques y sellos de los mecanismos, fusibles y compartimientos para evitar dejarlos expuestos a la humedad y el polvo.

Se deberán probar los *switches* de conmutación de cada caja de maniobra para comprobar la correcta operación de las palancas para operar manualmente, se debe verificar el correcto funcionamiento del resorte del mecanismo de operación. (verificar que las velocidades de

cierre y de apertura son independientes de la acción manual del operario), para finalizar se debe verificar la correcta operación de los indicadores de posición del *switch*.

- Transformador de Servicios Auxiliares: se revisa que las conexiones del transformador se encuentren bien hechas, se deberá vigilar el nivel de aceite. En caso que el transformador tenga tomas, se deberá ajustar la toma que de la tensión apropiada.

Para finalizar la subestación deberá estar provista de un sistema de alumbrado de emergencia, en caso de falla de los servicios auxiliares o de la subestación, que proporcione alumbrado sobre el área de la casa de control y su entorno inmediato.

5.5 EQUIPO DE ALTA TENSIÓN

Los equipos de alta tensión deberán quedar montados con todos sus accesorios incluyendo conexiones en alta tensión (entre equipos y con las barras y barrajes), mecanismo de operación, gabinete de mando, cajas terminales, alambrados internos y externos hasta los gabinetes de agrupamiento, tuberías para protección de alambrados externos hasta el ducto más cercano, puesta a tierra de la estructura soporte, gabinete de mando, etc.

Se deberá estudiar previamente los manuales de montaje y seguir paso a paso las instrucciones correspondientes.

Para los transformadores de potencia y los interruptores es de suma importancia verificar el reporte del registrador de impactos antes de iniciar el proceso de ensamble del mismo, de igual forma se deberá verificar la correcta instalación de los flanches y empaques en los transformadores de potencia para evitar que el equipo adquiera humedad y presente problemas al momento de la puesta en servicio.

Los interruptores de potencia en SF6 podrán ser presurizados antes de montarlos para prever fugas existentes.

Para los seccionadores y seccionadores de puesta a tierra, deberá tenerse especial cuidado en su reglaje, es decir, en la calibración de penetración de los contactos y el adecuado ajuste mecánico de estos.

En los transformadores de corriente se deberá verificar la correcta conexión de los puentes necesarios para ajustar la relación de transformación adecuada, y corroborar que los núcleos no utilizados queden debidamente cortocircuitados.

Para los transformadores de tensión se deberá tener en cuenta que sobre algunos de ellos, serán instaladas las trampas de ondas para el sistema de comunicaciones por PLC (Onda Portadora por línea de transmisión).

En los pararrayos se deberá tener especial cuidado en la conexión en cable aislado o barra entre el terminal de tierra del pararrayos y el contador de descarga.

Las trampas de ondas deberán instalarse sobre los transformadores de tensión con los elementos y accesorios necesarios para su correcta fijación y conexión.

Para la conexión en alta tensión entre equipos y sus bajantes desde las barras y barrajes del nivel superior de conexiones, se deberán utilizar los conectores y las longitudes de cables apropiados de manera que las conexiones y conductores queden firmes y no presenten esfuerzos indebidos aún en condiciones extremas de temperatura.

Las conexiones en tubos de aluminio deberán ser hechas de modo tal que no se presente ningún esfuerzo sobre el conector o el terminal del equipo. Se deberán ejecutar las adecuaciones necesarias tales como limpieza, dobleces, cortes y pulimento de los extremos para evitar al máximo las descargas de corona. Sólo se permitirá un máximo de dos dobleces en un mismo tubo.

5.6 EQUIPOS DE PROTECCIÓN, CONTROL Y TELECOMUNICACIONES

Los gabinetes y equipos de protección, control y telecomunicaciones se deberán instalar, ajustar y realizar las verificaciones para pruebas y puesta en servicio de acuerdo con las indicaciones de los fabricantes.

Se deberán colocar y fijar todos los gabinetes completos con sus elementos ensamblados y accesorios en sus fundaciones, nivelarlos, anclarlos, unir los tableros entre sí, conectarlos a tierra, así como ejecutar el cableado entre ellos y exterior de acuerdo con los planos de cableado.

Se deberán instalar los prensaestopas necesarios, de tal manera que en la llegada de conduits o multiconductores a tableros o armarios interiores o exteriores se impida la entrada de pequeños insectos o roedores.

- Unidades terminales remotas.

El elemento principal en el control remoto de la subestación es la unidad terminal remota RTU, la cual envía toda la información de la subestación (medidas analógicas, señalización o posición de equipos de maniobra y alarmas) al centro de control a través de un canal de comunicaciones (PCL o PLP, radio o microondas) a su vez recibe la información de este, básicamente comandos hacia la subestación.

La RTU se debe configurar con los módulos básicos y opcionalmente con algunos módulos opcionales destinados a conformar los requerimientos exigidos por el dueño de la obra.

Los módulos básicos de interconexión a instalar son: sistema de interconexión, fuente de alimentación, módulos de entrada y salidas analógicas y digitales, y los módulos adicionales son unidad central de procesamiento (CPU) con memoria de programa y de datos, unidad de transmisión/ recepción, conversores análogos digital, reloj de tiempo real, interfaz para registrador secuencial de eventos (SOE), externa a la RTU debe instalarse una impresora para el registro secuencial de eventos.

Las unidades de transmisión/ recepción de las RTU se deberán acoplar al sistema de comunicación por intermedio de *modems*.

- Sistema de Comunicaciones.

El intercambio de información entre las computadoras de bahía y la de subestación deberá proveerse a través de una red de fibra óptica.

El computador con el software del sistema de control de Subestación y el computador de comunicaciones deben interconectarse a través de una red área local (LAN). La topología podrá ser en bus, estrella o en anillo o combinación de las anteriores. Se deberá determinar los valores adecuados de potencia de transmisión de los dispositivos opto-emisores y sensibilidad de los dispositivos opto-receptores necesarios para garantizar la conexión entre las diferentes redes por fibra óptica a conformar..

Las señales básicas que se deberán alambrear para cada bahía son:

- Posición abierto y cerrado de cada elemento de corte y cuchilla de tierra.
- Entradas digitales para las señales de operación de las funciones de protección.
- Entradas análogas (4 para corrientes y 4 para tensiones) con sus respectivos transductores.
- Señales de comando de apertura y cierre de cada elemento de corte (interruptores y seccionadores).
- Posición de cambiadores de tomas bajo carga para las bahías de transformadores.
- Señales de comando de subir y bajar para los cambiadores de tomas bajo carga para las bahías de transformadores.
- Cualquier otra señal que sea necesaria para el control, supervisión y protección de la Subestación, tales como la supervisión de los sistemas de servicios auxiliares de corriente alterna y continua, de los sistemas de comunicaciones, etc.

- Equipos de portadora por línea de potencia

El equipo de PLC es del tipo multipropósito, diseñado de acuerdo con las recomendaciones de la ITU-T y las Publicaciones IEC 663 e IEC 495, con la finalidad de transmitir y recibir simultáneamente señales de voz, datos y teleprotección. Estos equipos deben montarse en bastidor de 482,6 mm (19"), instalado en un armario autosoportado en grado de protección IP55. Se deberá alimentar el equipo a 48 VDC.

- Circuito de voz

El circuito de voz debe tener ecualizador de línea en el lado de recepción, con el fin de corregir las distorsiones que produce la línea de transmisión. Se deberá instalar para cada equipo de PLC un teléfono de servicio; por lo tanto se deberá instalar una toma telefónica y un microteléfono enchufable para tal fin.

5.7 CABLEADO Y CONEXIONADO

Se deberán instalar, amarrar, fijar, identificar y conectar todos los cables de fuerza y control, utilizando todos los elementos y accesorios para tal fin, así como los planos de cableado y conexionado.

Los empalmes sólo serán permitidos en casos especiales (por ejemplo cables de fuerza) y se harán únicamente en tableros o cajas, previa aprobación del Ingeniero de montaje y el Interventor y nunca en tuberías o ductos. El empalme usado será de presión.

El tendido de los cables deberá ejecutarse con el máximo cuidado, protegiéndolos para que no sufra el aislamiento, con curvas de radios no inferiores a lo especificado por el fabricante, sin entrelazarlos y buscando que los cruces entre cables de alta tensión y control sean a 90 grados, y tomando otras medidas que mejoren su vida útil, su mantenimiento, su identificación y que reduzcan la inducción.

Los cables que se dañen durante el tendido, pruebas y puesta en servicio, deberán ser cambiados.

Los cables deberán ser fijados así:

- En gabinetes, en edificios cuando estén a la vista y en el interior de cajas terminales: con bandas y demás accesorios de nylon.
- Bajo el piso falso de la casa de control, deberán quedar tendidos en rutas claramente definidas, organizados, amarrados y fijados con bandas de nylon de longitud adecuada.
- A la entrada de cajas terminales, cuando no vengan por tubería: Con prensaestopa metálico verificando que el diámetro del cable coincida con el del empaque del prensaestopa, con el fin de obtener soporte y hermeticidad.

La pantalla de cobre de los conductores instalados entre el patio y el edificio de control, deberá ser conectada a tierra en ambos extremos y la de los conductores instalados dentro del edificio de control en un solo extremo, así:

- Preferiblemente a través del prensaestopas, si éste es adecuado para la puesta a tierra de las pantallas.

- Si la pantalla es de trenza de cobre, ésta se deberá conectar directamente a la barra de puesta a tierra del gabinete, para lo cual se deberá dejar un trozo de pantalla sin cortar, después de haber retirado la chaqueta del conductor a la entrada de los gabinetes.
- Si la pantalla es de cinta de cobre, a la entrada de los gabinetes se deberá quitar un anillo de la chaqueta exterior dejando a la vista la cinta y en este punto se unirá, con un conector apropiado, una trenza de cobre o un cable de 6 mm² el cual se deberá conectar posteriormente a la barra de puesta a tierra del gabinete.

Los cables multiconductores deberán marcarse apropiadamente con placas metálicas sobre las cuales se grabará la designación correspondiente del cable en la lista de cableado.

Todos los conductores de los cables multiconductores deberán identificarse por medio de anillos plásticos y se les deberá colocar en cada extremo los terminales apropiados (si se requiere) para la conexión a las borneras.

Las llaves deberán ser seleccionadas de acuerdo con el tipo de tuerca (milimétrica o pulgadas). Una vez terminada esta labor, se deberá proceder a taponar con masilla 3M o similar la entrada libre de los ductos o cajas para los cables, para evitar la entrada de polvo, insectos u otros elementos que puedan deteriorar los equipos.

5.8 MONTAJE DE EQUIPOS DE PATIO

Antes de proceder con el montaje de equipos y barrajes del patio de conexiones, se debe realizar una revisión de los mismos, de sus esquemas de conexiones, de su estado de ensamble y todos sus elementos constitutivos. Así mismo, debe adoptar todas las precauciones para su protección hasta la entrega de la obra terminada.

Se deben hacer todas las conexiones de los equipos de patio a la malla de tierra, de acuerdo con la descripción y procedimientos consignados en este capítulo.

5.8.1 Interruptores de potencia.

Se debe realizar el montaje de los interruptores de acuerdo con los siguientes procedimientos particulares :

- Efectuar adecuado almacenamiento de todas las partes, especialmente de los mecanismos de operación, aisladores y demás elementos que requieran cuidados especiales en cuanto al manejo y adaptaciones ambientales.
- Revisión de todas las partes que hayan sido transportadas desensambladas o seccionadas, para verificar el estado en que llegan al sitio de la obra.
- Estudio cuidadoso de los planos y manuales aprobados, de los cuales se extraerán los puntos que se requieran aclaraciones, las que deberán ser resueltas antes de cualquier acción de montaje.
- La instalación de equipos auxiliares o elementos de manejo y mantenimiento para el gas (SF6) deberá realizarse en todo de acuerdo con las normas técnicas y de seguridad aplicable a estas instalaciones.
- Las instalaciones para circuitos de fluidos se harán con los elementos suministrados por los fabricantes y con materiales de óptima calidad; se utilizarán todos los accesorios y materiales de sello que sean necesarios para obtener una perfecta estanqueidad en todas las secciones de la instalación.
- Todas las conexiones eléctricas deben realizarse en forma adecuada, con los materiales y accesorios recomendados para este tipo de instalaciones.
- Es de anotar que los circuitos internos de los mecanismos de operación serán alambrados en fábrica, así como los contactos auxiliares y los dispositivos de calefacción y de conexión que sean suministrados con cada interruptor. Sin embargo, cualquier sección que deba ser desconectada o desamblada para efectos de montaje se debe realambrar adecuadamente siguiendo las mismas pautas de identificación y/o codificación que hayan sido empleadas por los fabricantes y de acuerdo con las normas aplicables.
- Todas las partes móviles deben ser desbloqueadas, en el evento de que hayan sido provistas de algún elemento de fijación para el transporte. Esta acción es de vital importancia para evitar que una operación falsa pueda originar sobrecargas mecánicas indebidas, que en última instancia

ocasionen un funcionamiento defectuoso del interruptor, por las deformaciones que conlleve la operación errada.

- En el ensamblaje de los interruptores se debe hacer una revisión pormenorizada del estado de los empaques, de las bridas, de las conexiones roscadas y soldadas para asegurarse de que en ningún momento se presentarán fugas, ya sea del elemento del aislamiento o del de lubricación o del medio de transmisión de la potencia de operación.

Una vez ensamblado el interruptor se debe proceder con la calibración de la carrera de los contactos tanto de las principales como de los auxiliares, de los interruptores de fin de carrera, de los interruptores operados por presión o por temperaturas y en general de todos los elementos móviles que sean susceptibles de ajuste y calibración, según lo determinen las instrucciones de los fabricantes.

La sucesión repetitiva de operación de cierre y apertura tanto locales como remotas, marcará la pauta del estado de ajuste y de las diferentes correcciones que se deben efectuar como fase final en el proceso de puesta en servicio.

La operación normal de los interruptores está encadenada a la operación adecuada de otros elementos de la Subestación y a las prioridades que fijen los esquemas de control y protecciones normalizados, que se apliquen en cada caso específico.

5.8.2 Seccionadores.

Se debe realizar el montaje de los seccionadores, de acuerdo a los siguientes procedimientos particulares:

- Revisión detallada del estado en que se reciben en el sitio, cada una de las partes de los seccionadores.
- Manejo y almacenamiento cuidadoso de las partes.
- Conocimiento total de todos y cada uno de los planos y demás documentos que hayan sido emitidos por el fabricante y para construcción.
- Alineamiento y nivelación de los chasises o de las bridas de conexiones y revisión del estado de los empaques.

- Acople mecánico adecuado de los mecanismos de operación.
- Se debe tener especial cuidado con la lubricación de las partes móviles del seccionador.
- Hacer el ajuste de los mecanismos en general, de la carrera de los contactos, tanto de los principales como de los auxiliares.
- Efectuar la calibración de los instrumentos de control de calefacción de los mecanismos de operación.

5.8.3 Transformadores de corriente.

Se debe realizar el montaje de los transformadores de corriente de acuerdo con los siguientes procedimientos particulares:

Cada fabricante suministrará los transformadores de corriente totalmente ensamblados y listos para ser montados sobre las estructuras de soporte.

Debido a que es mínima la actividad de ensamble del equipo como tal, se hace énfasis en las precauciones de manejo que se deberán tener para el transporte, almacenamiento y montaje, incluidas en las instrucciones del fabricante; se anota que las instrucciones estarán contenidas en los manuales de procedimiento como en las placas de características de los transformadores.

Entre otras se deberán tener las siguientes precauciones:

- Cuando el fabricante así lo exija, evitar una inclinación mayor de la especificada tanto en el transporte, como en el almacenamiento de los transformadores de corriente.
- Verificar el nivel de aceite una vez haya sido instalado y llenado el transformador.
- Evitar que alguno de los núcleos del transformador esté en circuito abierto. Cuando alguno de los núcleos no sea utilizado, se deberán conectar entre si los terminales secundarios, poniendo en corto circuito el núcleo correspondiente.
- Realizar pruebas de estanqueidad para verificar que no existen fugas de aceite.

- Orientar las terminales de alta tensión como lo indican los planos y los esquemas de control y protecciones.

5.8.4 Transformadores de potencial.

Se debe realizar el montaje de los transformadores de potencial de acuerdo con los siguientes procedimientos particulares:

- Efectuar las pruebas recomendadas por las normas, realizando una revisión concienzuda de estado de los puntos de conexión mecánica, como eléctrica, para comprobar la estanqueidad o el aislamiento, según el caso. Ningún circuito de voltaje deberá quedar conectado en cortocircuito, ni sin aterrizar.
- Verificar el nivel de aceite aislante.

5.8.5 Pararrayos y trampas de onda.

Se debe realizar el montaje de acuerdo con los siguientes procedimientos particulares :

Se debe realizar el montaje de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes, haciendo la conexión con la malla de tierra, todo de acuerdo con los planos y procedimientos recomendados por los fabricantes.

5.8.6 Gabinetes de equipos y gabinetes concentradores de patio.

Se debe instalar estos gabinetes siguiendo los planos del Fabricante. La llegada de los conduits a los gabinetes debe ser mediante el uso de uniones universales y conduit flexible.

5.9 EQUIPOS EN CASA DE CONTROL

- Se debe realizar el montaje de estos equipos guardando adecuada coordinación con el proceso de construcción y acabados de la casa de control.

- Se debe efectuar todas las conexiones entre todos los tableros, celdas y los equipos asociados, igualmente debe realizar las conexiones a la malla de tierra.

5.10 PREVENCIÓNES CONTRA EL FUEGO

Los gabinetes deberán quedar instalados como unidades independientes, de manera que se evite la propagación del fuego entre un gabinete y otro.

Las aberturas previstas para la entrada y paso de conductores entre gabinetes, deberán sellarse con un material no inflamable adecuado para evitar que el fuego se propague de un gabinete a otro. Así mismo se deberán sellar las aberturas para el paso de conductores desde la sala de control hasta la sala de servicios auxiliares y el patio. Dicho material deberá ser de fácil aplicación y remoción para permitir futuras ampliaciones y modificaciones en el cableado.

6 PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO

6.1 SEGURIDAD

La ejecución de pruebas en subestaciones requiere de un máximo de seguridad. Aunque las fuentes de alimentación sean de 220 V o menos, pueden elevarse en los transformadores de potencia, en los de medida o en cualquier otro elemento inductivo. Aún muy bajas tensiones dan resultados mortales.

Para disminuir riesgos deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Participación del menor número de personas.
- Todas deben ser conocedoras de los riesgos de la electricidad.
- Debe haber un responsable de seguridad.
- Uso de overol sin partes metálicas confeccionado en algodón.
- Uso de botas dieléctricas antideslizantes.
- Uso de casco dieléctrico.
- Uso de cinturón de aseguramiento con porta herramientas.
- Que una sola persona de las ordenes de energización y desenergización y ella verifique la posterior desconexión.

- No se debe hacer pruebas en áreas donde trabajen otras personas.
- Antes de tocar un conductor, verificar ausencia de tensión.
- Ser desconfiado y temerle a la electricidad aún a la baja tensión.
- Conectar y desconectar baterías, sin tocar las partes conductoras.

Tabla 8. Efectos fisiológicos de la circulación de corriente a través del cuerpo humano.

Corriente que atraviesa El cuerpo	Efectos fisiológicos
0-2 mA	Cosquilleo.
2-9 mA	Contracción muscular involuntaria.
9-20 mA	Contracción muscular dolorosa.
25 mA	Efectos fatales, si no se interrumpe.
100 mA	Muerte.
1 A	Muerte, quemaduras.
5 A	Quemaduras graves, no hay fibrilación, posible supervivencia.

Tabla 9. Distancia permitida entre un brazo o pierna extendida y la parte energizada para los diferentes niveles de tensión.

Nivel de voltaje (kV)	Distancia mínima de trabajo (cm)
15	60
35	75
69	91
115	150
230	250

6.2 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Las pruebas a que se deben someter los transformadores de potencia se consideran como el aspecto más importante dentro de las labores de montaje, pruebas y puesta en servicio de los equipos electromagnéticos de una subestación eléctrica. Estos ensayos son aplicables a transformadores de potencia de tensión primaria, mayor o igual a 34,5 kV y capacidad igual o mayor a 6 MVA. A continuación se indican las pruebas, procedimientos y diagramas para su ejecución (De acuerdo a lo estipulado en la Norma IEC 76). No es necesario repetir las pruebas asociadas a los transformadores de potencia, cuando estas se realicen probando otros equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos correspondientes, con los datos obtenidos en ellas. Dentro del proceso de su ejecución algunas pruebas se pueden omitir, naturalmente todo de acuerdo al ingeniero responsable o al interventor de la obra.

6.2.1 Modificación del procedimiento.

Si el fabricante de un equipo prescribe o recomienda un procedimiento diferente para la ejecución de una prueba, deben evaluarse las ventajas y desventajas de cada procedimiento. En caso de duda, prima el procedimiento descrito por el fabricante.

6.2.2 Resistencia de aislamiento de bujes.

Se limpia la porcelana del buje y antes de instalarlo se mide su resistencia con megger de 1000 V, durante un minuto. Debe ser mayor de 2000 MΩ.

6.2.3 Operación relé Bucholz.

Con el relé Bucholz instalado y con la válvula de aceite del lado del tanque de expansión cerrada, se vacía lentamente el relé. Con un probador se verifica que primero cierre el contacto de alarma y después el de disparo. Se normaliza la válvula y se llena el relé, se verifica que primero abra el contacto de alarma y después el de disparo. Al final de la prueba el relé debe purgarse para extraerle el aire.

6.2.4 Operación manual del relé Bucholz

Con el relé instalado se acciona el dispositivo manual de prueba. Los contactos deben cerrarse. Al reponerse los contactos deben abrirse.

6.2.5 Operación de termómetros.

Antes de fijar el bulbo detector de temperatura en su respectivo bolsillo, se introduce en un pequeño recipiente con aceite dieléctrico y se coloca sobre una hornilla. Se calienta el aceite hasta 80 °C. midiendo esta temperatura con un termómetro de mercurio y se verifica la indicación de aguja. Con un probador se verifica el cierre de contactos de alarma y de disparo. La prueba debe realizarse para todos los instrumentos, incluyendo los de indicación remota.

6.2.6 Operación del nivel de aceite.

Cuando se estén llenando de aceite los radiadores, debe comprobarse la operación de los contactos de bajo nivel. Agregando al tanque de expansión un excedente de aceite puede comprobarse la operación de los contactos de alto nivel. (En este caso debe extraerse el excedente). Con un tubo de vinilo transparente dispuesto como indicador de nivel, se comprueba que la indicación de nivel es correcta.

6.2.7 Operación de válvulas de sobre-presión.

Antes de instalarla se comprueba manualmente que su operación no esta bloqueada. Después de instalada se comprueba que no haya obstrucciones para su funcionamiento para su dispositivo de indicación visual.

6.2.8 Resistencia de aislamiento en gabinetes.

6.2.8.1 Gabinetes sobre el tanque del transformador.

Una vez se hayan conectado entre si todos los accesorios de los gabinetes antes de cualquier conexión externa, se mide con un Megger de 500 V la resistencia del aislamiento de los conductores a carcaza de todos los circuitos. Todos los valores deben ser mayores de 100 MΩ.

6.2.8.2 Gabinete de control remoto.

Antes de cualquier conexión externa se mide la resistencia de aislamiento en forma similar a la descrita en el anterior numeral.

6.2.9 Rigidez dieléctrica del aceite.

La válvula de extracción y el recipiente del chispómetro deben estar limpios y secos. Tomada la muestra se tapa y el ensayo se realiza antes de media hora en un sitio cubierto con temperatura entre 20 y 35 °C y humedad inferior al 75 %. Se hacen seis (6) ensayos a la misma muestra.

Después de cada uno se remueve ligeramente el aceite cercano a los electrodos y se deja reposar un minuto. El aparato de ensayo debe tener elevación de tensión. La descarga debe producirse a través del aceite. La rigidez debe ser superior a 50 kV con electrodos esféricos $r = 125$ mm y $d=2,5$ mm, o su equivalente con otro tipo de electrodos. La rigidez se obtiene haciendo el promedio aritmético de los diferentes ensayos, después de descartar el valor más alto y el valor más bajo.

6.2.10 Polaridad de devanados.

Con los neutros de alta y baja tensión desconectados de tierra. En cada fase se conectan el terminal de AT y el de BT (p. Ej H1-X1). Se le aplica 120 Vac al devanado de alta tensión entre neutros (U_{mn}), en el devanado de alta (U_{hn}) y en devanados de baja (U_{xn}).

Si $U_{mn} = U_{hn} - U_{xn}$, la polaridad es sustractiva.

Si $U_{mn} = U_{hn} + U_{xn}$, la polaridad es aditiva.

6.2.11 Resistencia del aislamiento.

Se conectan entre sí las terminales de alta y de baja tensión. Con un Megger de 5000 V, se mide la resistencia del aislamiento durante diez minutos. Las medidas se hacen entre:

- Alta tensión contra baja tensión más tierra.
- Baja tensión contra alta tensión más tierra.

Debe medirse la temperatura del aceite, simultáneamente con la resistencia.

La resistencia mínima de aislamiento, debe ser igual a un (1) Megaohm por cada kilovoltio de tensión nominal del devanado, a 75 °C. El valor anterior debe duplicarse, por cada 10 °C de disminución de la temperatura.

Adicionalmente, deben tomarse los valores de la resistencia a 0,5, 1,0 y 10 minutos y deben cumplirse las siguientes relaciones:

- R1 min / R0,5 min sea mayor de 1,4.
- R10 min / R1 min sea mayor de 2.

6.2.12 Resistencia de devanados.

A cada fase se le mide la resistencia del conductor inyectando corriente continua y calculando la relación $R=V/I$. Se utiliza una batería de 12 V cargada, en serie con una resistencia de 5 ohm aproximadamente. Se mide simultáneamente tensión y corriente sobre el devanado, después del transitorio cuando la corriente haya llegado a su valor máximo. El valor calculado debe ser similar al dado por el fabricante. La lectura del voltímetro no debe incluir caída de tensión en el amperímetro. Antes de desconectar la batería, debe corto-circuitarse el devanado. La medida se realiza en la toma que incluya todo el devanado. Para la medida de la resistencia puede emplear también un puente de Kelvin. Es necesario hacer la prueba a temperatura ambiente y corregirse para temperatura.

6.2.13 Relación de transformación.

Se inyectan 208 Vac trifásica en los devanados de alta, con el secundario abierto. Se mide la tensión fase-neutro en cada terminal la lectura debe ser simulada en primario y secundario. Debe medirse la relación en cada toma. Para la medida de la relación puede usarse también un TTR (*Transformer Turn Ratio*).

6.2.14 Grupo Vectorial.

Se inyectan 208 Vac trifásico en los devanados de alta con el secundario abierto se miden las tensiones H3-X3, X0-H3, H2-X2, H3-X2, H0-X3, H0-X2, para conexión Y-Y-0 se tiene:

$$H0-X2 = H0-X3 < H3-X2 = H2-X3$$

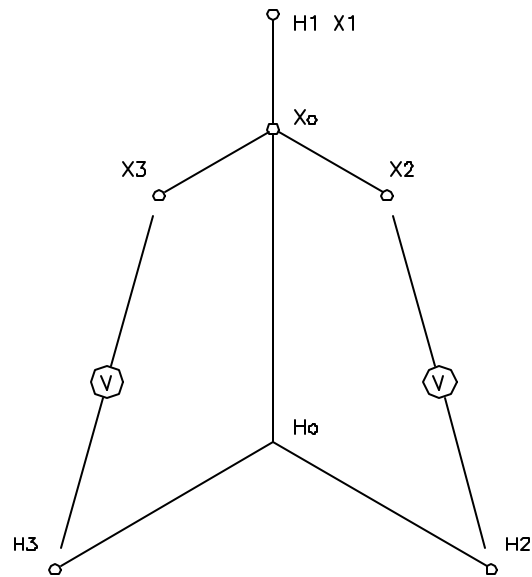


Figura 1. Prueba del grupo vectorial para un transformador Y-Y-O.

6.2.15 Tensión aplicada en devanados.

Se conectan entre sí los terminales de alta tensión por un lado y los de baja tensión por otro lado. Cada conjunto de devanados se prueba contra el otro conjunto y tierra con una tensión igual al 0,75 veces la tensión de prueba en fábrica. La duración es de un (1) minuto. Debe tenerse en cuenta que el neutro de alta tensión tiene generalmente el menor aislamiento y por lo tanto determina la tensión de prueba.

6.2.16 Factor de potencia.

Antes de conectar los neutros a tierra, se interconectan todos los terminales (fases y neutro) entre sí. Se alimentan con 20 kV y se mide potencia activa y potencia aparente, según se indica en la Figura 2. Provisionalmente el tanque debe soportarse en tacos de madera u otro material aislante. Para determinar la corriente estimada debe conocerse la capacitancia del transformador, tomada en las pruebas en fábrica. Esta capacitancia en general es del orden de $C = 0,01 \text{ uf}$.

El factor de potencia es:

$$\cos \theta = \frac{\text{vatios}}{\text{voltio} \times \text{amperios}}$$

Por seguridad nadie debe acercarse ni a los instrumentos ni al tanque del transformador.

6.2.17 Impedancia de vacío con baja tensión.

El transformador en vacío y con el cambiador de tomas en el punto nominal, se alimenta con 208 Vac trifásica, por los devanados de alta tensión. Se mide la tensión fase-neutro y corriente en cada fase. Si la corriente resulta demasiado baja, puede alimentarse por baja tensión con extremas seguridades, dado que se induce en el primario alta tensión.

La impedancia de vacío es:

$$Z_e = U_{n0} / I$$

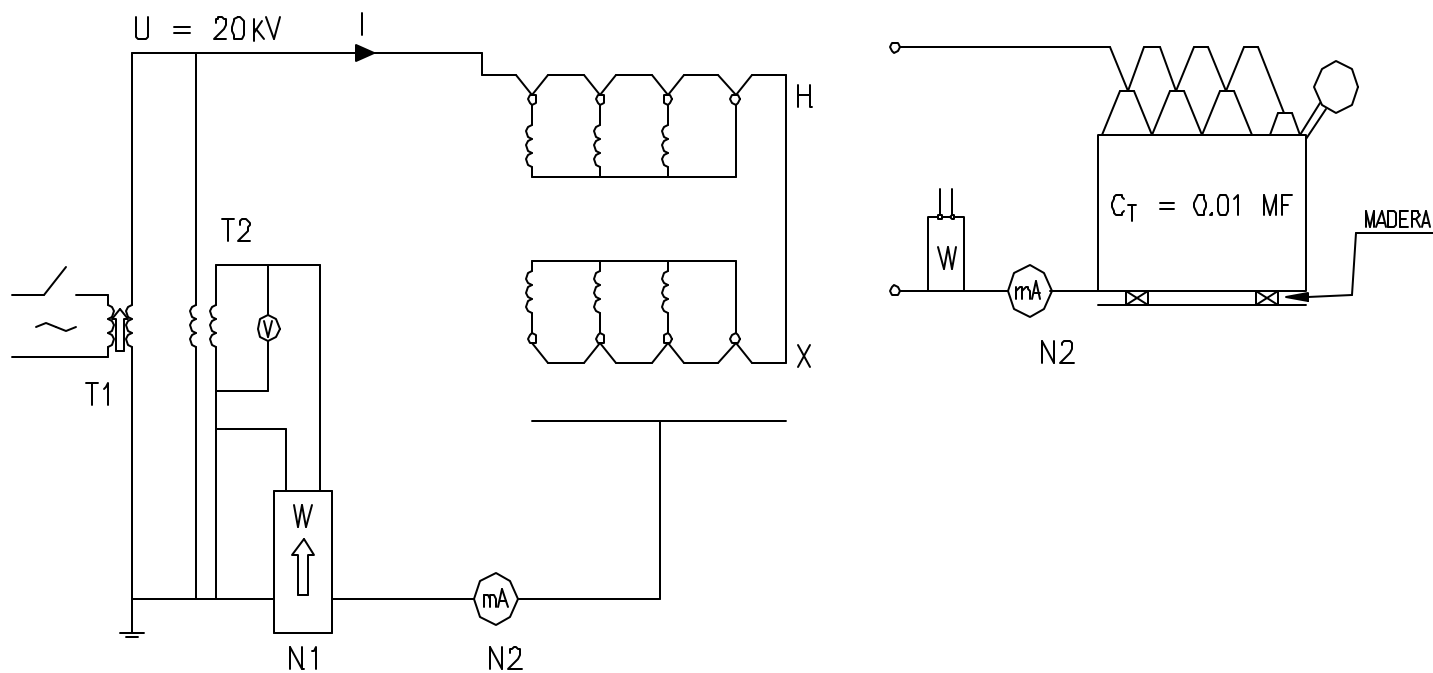


Figura 2. Medición del factor de potencia de un transformador.

T1 : Fuente de alta tensión.

T2 : Transformador de tensión 20 kV / 66 V, 50 VA, CL: 0,2

N1 : Vatímetro o contador de activa, 66 V, 0,2 A, CL: 0,2

N2 : Miliamperímetro ca, 200 mA.

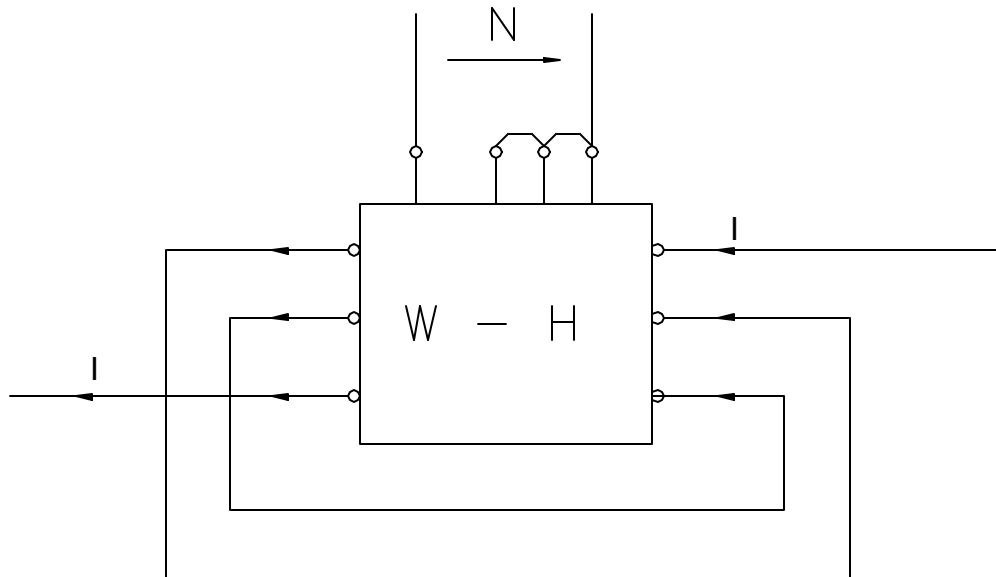


Figura 3. Medición de factor de potencia de un transformador con vatímetro trifásico.

Alternativa para N1: Contador o Vatímetro trifásico 115 V – 5 A, CL: 0,2, de tres elementos, 4 hilos. La lectura se divide en 3.

6.2.18 Impedancia de cortocircuito.

Se conectan entre si los terminales y el neutro de baja tensión. Se alimentan los devanados de alta tensión con 208 Vac trifásico. Se mide tensión fase-neutro y corriente en cada fase. Si la corriente resulta demasiado baja, puede alimentarse por baja tensión con extremas medidas de seguridad. La prueba se hará en la toma central y en las tomas extremas.

La impedancia de corto circuito es:

$$Z_{cc} = U_{n_0} / I$$

6.2.19 Corrientes en los relés de protección.

Se utiliza el mismo montaje del numeral 6.2.18 en la toma nominal., pero incluyendo en el circuito los transformadores de corriente de alta tensión. Primero el corto circuito incluye los transformadores de baja tensión (falla externa) y luego no los incluye (falla interna). Se miden las corrientes que reciben los relés de sobrecorriente y diferencial en todos sus circuitos.

Para la medición de las corrientes en los relés no debe desconectarse ningún terminal. Si es posible se intercala un amperímetro abriendo momentáneamente los conectores de presión previstos en la entrada del relé. Si no es posible se mide con pinza medidora de corriente. En los relés de sobrecorriente la medida debe corresponder a la corriente primaria dividida por la relación del TC. En los relés diferenciales se debe cumplir lo indicado en la Figura 4.

Si las corrientes resultan demasiado bajas, puede alimentarse por baja tensión y colocar el corto circuito en alta tensión con extremas medidas de seguridad, dado que puede inducirse alta tensión. Previamente debe calcularse la corriente esperada en alta y baja tensión para verificar la capacidad de la fuente y los cables. En este caso debe cumplirse, para los relés diferenciales que:

Falla externa				Falla interna			
I_1	=	I_2	=	I_3	I_{s1}	=	S_{I2} = I_{s2}
I_{n1}	=	I_{h2}	=	I_{h3}	I_{x1}	=	I_{x2} = I_{x3}
I_{x1}	=	I_{x2}	=	I_{x3}			
I_{h1}	=	$\frac{\sqrt{3} \times I_1}{k_1}$			I_{h1}	=	I_{h2} = $I_{h3}=0$
I_{x1}	=	$\frac{\sqrt{3} \times I_1 \times k_3}{k_2}$			I_{x1}	=	$\frac{\sqrt{3} \times I_{s1}}{k_2}$
I_{d3}	=	I_{d2}	=	I_{d1}	I_{d1}	=	I_{d2} = I_{d3}
I_{d1}	=	I_{H1}	=	I_{x1}	I_{d1}	=	I_{x1}

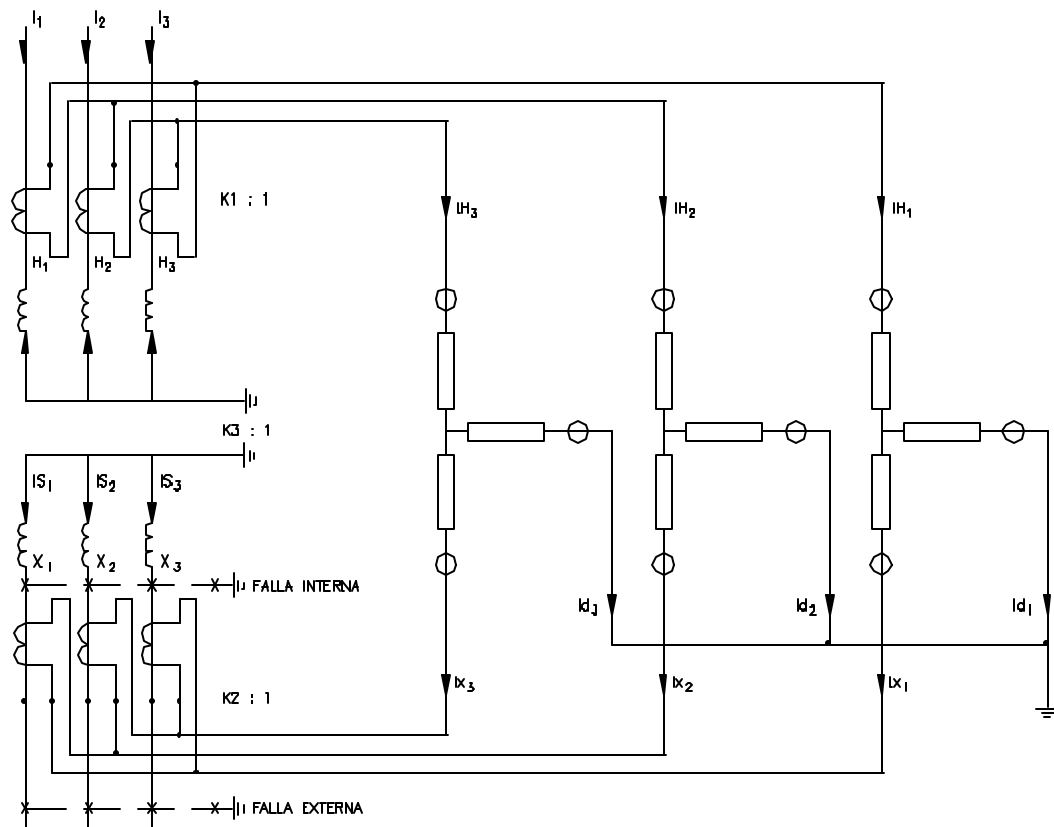


Figura 4. Corrientes en relés de protección.

6.2.20 Corriente en regulador de tensión.

Con el montaje utilizado en el numeral 6.2.19 se mide la corriente que entra al regulador de tensión, antes y después de energizar el circuito.

6.2.21 Corriente en relé de imagen térmica.

Con el montaje utilizado en el numeral 6.2.19 se mide la tensión sobre la resistencia calefactora del relé de imagen térmica, antes y después de energizar el circuito.

6.2.22 Impedancia de secuencia cero.

6.2.22.1 En circuito abierto.

Con los devanados de baja tensión en circuito abierto, se conectan entre sí los tres (3) terminales de alta tensión. Se alimentan los tres (3) devanados de alta tensión con 120 Vac monofásica, entre el puente de conexión y el neutro. Se mide la tensión fase-neutro y la corriente en cada fase. La impedancia de cada fase referida al primario es:

$$Z_o = V_o / I_o$$

Si la corriente resulta demasiado baja, puede realizarse la prueba alimentando por baja tensión con alta tensión abierta. En este caso deben extremarse las medidas de seguridad ya que se induce alta tensión.

6.2.22.2 En corto circuito.

Con un montaje similar al del numeral 6.2.22.1. se conectan entre sí entre y entre el neutro los devanados de baja tensión. Se mide la tensión fase-neutro y la corriente en cada fase de alta tensión. La impedancia de cada fase referida al primario es:

$$Z_o = V_o / I_o$$

6.2.23 Estanqueidad.

Con el nivel normal de aceite y todas las válvulas en posición de servicio se presuriza el tanque conservador con Nitrógeno seco a la presión recomendada por el fabricante. Al cabo de 24 horas se observa si hay fugas de aceite. En general esta presión puede ser de 0,5 kg/cm².

6.2.24 Nivel de aceite y temperatura.

Se comprueba que el nivel de aceite del tanque principal y del cambiador de tomas corresponda al dado por el fabricante para la temperatura que tenga el aceite. En general el nivel dado corresponde a la temperatura de 20 °C.

6.2.25 Aterrizaje neutros y tanque.

Se comprueba visualmente que los neutros y el tanque están conectados a tierra según lo prescriben los planos.

Para verificar las conexiones son firmes, se alimenta cada conexión con una fuente de 20 Vac, 200 A aproximadamente según se indica en la Figura 5. Se mantiene una corriente entre 100 a 200 A durante un (1) minuto. Si alguna conexión esta floja no será posible inyectar esta corriente. En el minuto siguiente se mide con multímetro la resistencia de la conexión.

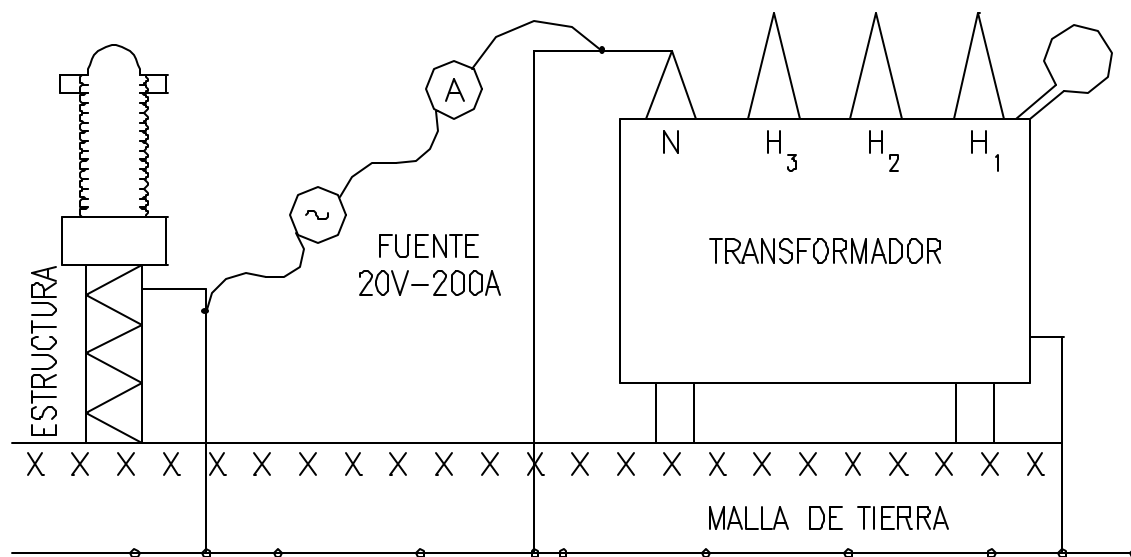


Figura 5. Aterrizajes de neutros y tanque del transformador.

6.2.26 Válvulas.

Deben revisarse todos los dispositivos y registros de aceite para comprobar que se encuentran en la posición normal de servicio, según las instrucciones del fabricante.

6.2.27 Purga de aire.

Debe revisarse que todos los dispositivos de purga hayan sido accionados y se encuentren correctamente cerrados.

6.2.28 Pintura y limpieza.

Debe revisarse que no haya zonas despintadas o sucias. No deben quedar elementos extraños sobre el tanque ni sobre las partes vivas.

6.2.29 Impedancia de vacío con alta tensión.

Antes de energizar con alta tensión el transformador, se colocan pinzas voltiamperimétricas en cada conductor de fase, en escala según la corriente esperada. Su ubicación debe permitir ver la lectura a una distancia segura. Después de energizado, se mide la corriente de vacío y la tensión de alimentación fase-neutro.

6.2.30 Transformadores de corriente incorporados.

6.2.30.1 Generalidades.

Las pruebas de polaridad, resistencia, curva de excitación y aislamiento se realizan antes de conectar los circuitos externos.

6.2.30.2 Polaridad de devanados.

Con el montaje indicado en el numeral 6.2.12 se conecta un voltímetro, analógico de cc en el secundario de cada TC, estando en circuito abierto. La batería se conecta al devanado primario mediante una cuchilla de baja tensión, con el positivo en el terminal de alta tensión. El terminal del secundario del TC corresponde en polaridad, al de alta tensión, si al conectar la batería hay deflexión hacia la derecha y al desconectarla hay deflexión hacia la izquierda.

6.2.30.3 Relación.

Con el montaje indicado en el numeral 6.2.18 y los secundarios de los TC en cortocircuito o con su conexión externa, se mide la corriente en el secundario de cada TC. Se establece la relación respecto a la corriente del primario.

6.2.30.4 Resistencia.

Se mide la resistencia del devanado secundario completo en forma similar a la descrita en el numeral 6.2.12. Alternativamente puede utilizarse un puente *Wheatstone*, cuidando de descontar del resultado la resistencia de los cables de conexión.

6.2.30.5 Curva de excitación.

Con una fuente de variación continua de 300 Vca, 1 A, se alimenta el secundario completo, iniciando con tensión de cero (0) voltios, se sube lentamente la tensión y se toman valores de tensión y corriente de excitación. Para los núcleos de medida se toman datos hasta que la corriente sea del dos por ciento (2 %) de la corriente nominal del secundario. En los núcleos de protección se toman datos hasta que la corriente sea el diez por ciento (10 %) de la corriente nominal (o la tensión sea 250 V). Puntos típicos con 5 V, 10 V, 20 V, 40 V, 80 V, 160 V. La tensión se reduce lentamente hasta cero (0) para evitar magnetización del núcleo.

6.2.30.6 Resistencia de aislamiento.

Con Megger de 1000 V se mide la resistencia durante un (1) minuto. Las medidas se hacen entre:

- Cada devanado secundario contra los otros devanados secundarios.
- Cada devanado secundario contra tierra.
- El valor mínimo de resistencia debe ser 100 M Ω .

6.2.30.7 Circuitos cerrados.

Con el montaje indicado en el numeral 6.2.18 y los secundarios de los TC en circuito cerrado, se mide la corriente en el secundario de cada TC, sin desconectar ningún circuito, verificando, que el circuito este cerrado. En esta prueba deben incluirse los TC que no se utilizan y por tanto tendrán un puente corto-circuitando su secundario. Si en algún caso no es posible medir la corriente, debe medirse la tensión entre terminales para verificar que es cercana a cero (0). Si la tensión media es alta es indicio de un circuito abierto.

6.2.30.8 Aterrizaje.

Estando todas las conexiones externas completas se mide continuidad entre cada devanado secundario y tierra para verificar su correcto aterrizaje.

6.2.31 Secuencia de fases.

Tornando como referencia la identificación de fases en una línea de transmisión previamente identificada, se confirma visualmente que las fases indicadas en los planos coinciden con la marcación en la bahía del transformador y con la referencia.

Si la conexión hacia algún barraje no es visible se verifica la continuidad de cada fase aplicando 120 Vac al cable de alta tensión, mientras las otras dos (2) fases se mantienen en cortocircuito contra el neutro. Figura 6.

Después de energizado el transformador por el devanado primario, se confirma la identificación de cada fase con una pértiga de alta tensión con voltímetro acoplado, midiendo tensiones en baja tensión entre cada fase del secundario y una fase de referencia, por ejemplo de otro transformador en servicio. Figura 7.

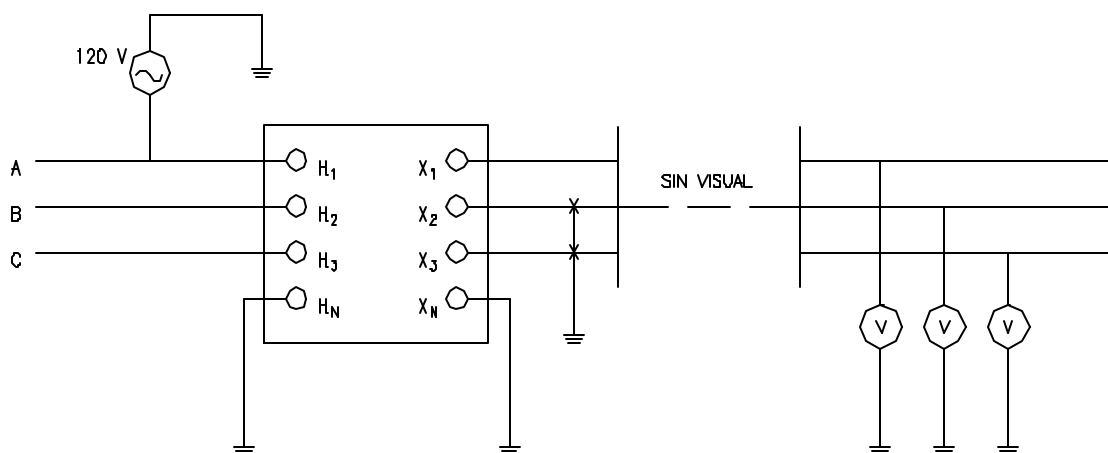


Figura 6. Identificación y secuencia de fases del transformador.

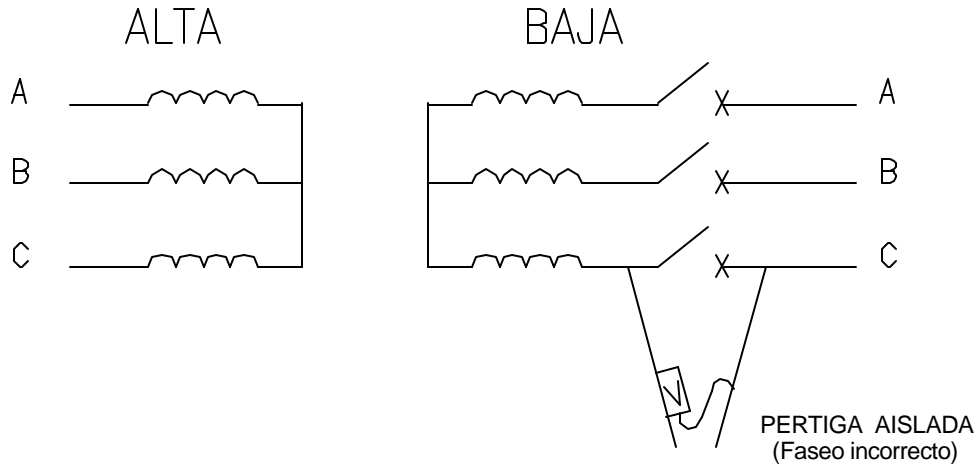


Figura 7. Confirmación de la identificación de fases de un transformador.

6.2.32 Firmeza de conexiones.

Todas las conexiones de relés, accesorios y transformadores de corriente en transformador deben ser haladas por tres (3) a cuatro (4) veces, la conexión debe continuar firme, si es necesario se poncha nuevamente al terminal y se aprieta el tornillo de fijación.

6.2.33 Control de tomas.

6.2.33.1 Mando manual.

Accionar el cambiador en todos los tomas con la manivela.

6.2.33.2 Enclavamiento.

Verificar que no hay mando eléctrico con la manivela en posición de operación.

6.2.33.3 Mando eléctrico local.

Accionar el cambiador en todos los tomas, con los mandos locales.

6.2.33.4 Mando eléctrico remoto.

Accionar el cambiador en todos los tomas, con los mandos remotos.

6.2.33.5 Mando eléctrico unidad terminal remota (RTU).

Accionar el cambiador en todos los tomas desde la unidad terminal remota (RTU).

6.2.33.6 Indicador local.

Verificar su operación en todas las posiciones.

6.2.33.7 Indicador remoto.

Verificar su operación en todas las posiciones.

6.2.33.8 Indicador unidad terminal remota (RTU).

Verificar todas sus señales en todas las posiciones.

6.2.33.9 Polaridad de tensión.

Se conecta una batería de 12 V, en el primario del transformador de tensión. En un voltímetro de cc analógico conectado a los terminales del regulador de tensión se observa el sentido de deflexión, al conectar y desconectar la batería, la polaridad debe coincidir con la indicada en el plano.

6.2.33.10 Mando automático del regulador.

Se desconecta la señal de tensión hacia el regulador y se alimenta este con una fuente de tensión variable, cuidando que no se produzca energización hacia el transformador de tensión. Se verifica que el cambiador opera comandado por el regulador. Se desconecta la fuente y se normalizan las conexiones.

6.2.33.11 Señal real de tensión.

Una vez energizado el transformador se verifica la existencia de señal de tensión en el regulador de tensión.

6.2.33.12 Lámparas indicadoras.

Se verifica que las luces indicadoras de operación del motor del cambiador de tomas operen correctamente.

6.2.33.13 Protección del motor.

Se verifica la calibración del relé térmico del motor. Se conectan resistencias en este circuito de modo que produzcan una corriente de dos a tres veces la calibración. Se determina el tiempo de desconexión. El motor no debe quedar energizado.

6.2.33.14 Protección de circuitos.

En forma similar al descrito en el numeral anterior, se prueban todos los interruptores automáticos del gabinete local.

6.2.33.15 Consumo del motor.

Con el motor funcionando se mide la corriente y la tensión en cada fase.

6.2.33.16 Iluminación.

Se verifica el funcionamiento de la iluminación del gabinete.

6.2.33.17 Calefacción.

Se verifica el funcionamiento de las resistencias de calefacción y termostato del gabinete. Ningún cable debe quedar próximo a las resistencias.

6.2.33.18 Tomacorrientes.

Se prueba con una lámpara de 120 V-100 W.

6.2.33.19 Aterrizaje del gabinete.

Se prueba el correcto aterrizaje.

6.2.33.20 Firmeza de conexiones.

Se prueba todas las conexiones de aparatos y bornes en forma similar a la descrita en el numeral 6.2.32.

6.2.33.21 Terminales.

Verificar que todos los conductores tienen un terminal apropiado para el elemento al cual se conectan.

6.2.33.22 Marquillas.

Verificar que todos los conductores y cables multiconductores tienen las marquillas indicadas en los planos y especificaciones.

6.2.33.23 Aislamiento de cables.

Con Megger de 500 V se mide la resistencia de aislamiento a tierra de todos los conductores de conexiones externas del gabinete. Todos los circuitos deben estar desenergizados.

6.2.33.24 Aterrizaje de pantallas.

Se verifica que todas las pantallas tengan conexión a tierra.

6.2.34 Control de ventiladores.

6.2.34.1 Mando local.

Accionar los ventiladores con los mandos locales.

6.2.34.2 Sentido de giro.

Comprobar que el sentido de giro es correcto.

6.2.34.3 Mando remoto.

Accionar los ventiladores con los mandos remotos.

6.2.34.4 Lámparas indicadoras.

Verificar que las luces de marcha y parada encienda correctamente.

6.2.34.5 Mando automático.

Simular desde el tacómetro de contactos el mando de los ventiladores, realizando el puente correspondiente.

6.2.34.6 Tiempo de parada.

Medir el tiempo de parada de las aspas desde que se energiza hasta su detención o giro por el viento.

6.2.34.7 Otras pruebas.

Las pruebas de consumo, protección, iluminación, calefacción, tomacorrientes, aterrizaje de gabinete, firmeza, terminales, marquillas, se realizan en forma similar a la indicada para el control de tomas.

6.2.35 Disparos y alarmas.

6.2.35.1 Pruebas reales.

Los dispositivos que pueden ser operados directamente, se operan y se verifica que produzca disparo, alarma o señal a la unidad terminal remota (RTU). Cuando varios contactos están en paralelo puede probarse totalmente una señal y para las demás se verifica la llegada de señal mediante una lámpara de 120 V – 40 W al aparato final. Deben probarse todos los contactos que figuran en los planos de control y protección.

6.2.35.2 Pruebas simuladas.

Para los dispositivos que no pueden ser operados directamente, las pruebas se simulan, en especial puenteando el contacto correspondiente. Debe evitarse que la conexión o desconexión del puente produzca arco que deteriore algún elemento de conexión.

6.3 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE INTERRUPTORES DE POTENCIA DE TENSIÓN MAYOR A 33 kV

6.3.1 Alcance.

Otro de los aspectos de gran importancia, en las labores de montaje, pruebas y puesta en servicio de los equipos electromecánicos de una subestación eléctrica, es la ejecución de los paneles de los interruptores automáticos de potencia. Las pruebas aquí descritas son aplicables a los interruptores de potencia para intemperie, con tensión nominal mayor a 33 kV, con cámara de interrupción en aceite o SF6 y mecanismo de operación por resorte, neumático o hidráulico. Se indican las pruebas, procedimientos y diagramas para realizarlas (De acuerdo a lo estipulado en la Norma IEC 56). No es necesario repetir las pruebas asociadas a los interruptores cuando estas se realicen probando otros equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos.

6.3.2 Modificación del procedimiento.

Si el fabricante de un equipo prescribe o recomienda un procedimiento diferente para la ejecución de una prueba, deben evaluarse las ventajas y desventajas de cada procedimiento. En caso de duda, prima el procedimiento descrito por el fabricante.

6.3.3 Operación del presóstato de SF6.

Al llenar de SF6 el interruptor se verifica su presión y se determina si ha alcanzado el valor prescrito según especificaciones del fabricante para la apertura de sus contactos.

6.3.4 Resistencia del aislamiento.

6.3.4.1 Circuito de alta tensión.

Con Megger de 1000 Vcc se mide durante un (1) minuto la resistencia de aislamiento entre:

- Contacto móvil contra contacto fijo y tierra.
- Contacto fijo contra contacto móvil y tierra.

Los valores deben ser mayores a $2000 \text{ M}\Omega$.

6.3.4.2 Circuito de baja tensión.

Antes de cualquier conexión externa se mide con Megger de 500 V la resistencia del aislamiento de los conductores de baja tensión a carcasa y entre circuitos. Todos los valores deben ser mayores de $100 \text{ M}\Omega$.

6.3.5 Tensión aplicada.

Antes de conectar la estructura de soporte a tierra se aplican 33 kV, 60 Hz durante un (1) minuto entre:

- Contacto móvil contra contacto fijo y tierra.
- Contacto fijo contra contacto móvil y tierra.

Para análisis comparativo se instala un miliamperímetro entre terminal de tierra de la fuente de alta tensión y la estructura del interruptor, ver Figura 8, con el fin de estimar la fracción de corriente que no mide el miliamperímetro, se mide la resistencia entre la estructura de soporte y la malla de tierra. El valor medido debe ser superior a diez (10) veces la resistencia del miliamperímetro.

Por seguridad nadie se debe tocar la estructura de soporte ni el miliamperímetro.

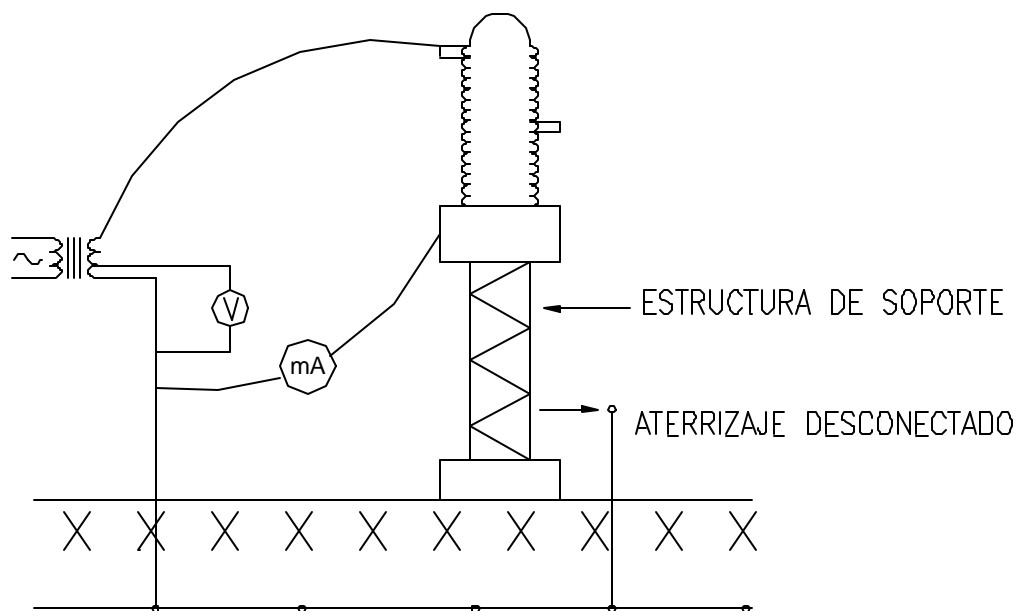


Figura. 8. Prueba de tensión aplicada del interruptor de potencia.

6.3.6 Resistencia de contactos y conectores.

Con el montaje indicado en la Figura 9 se calcula la resistencia de contactos y de los conectores de cables de potencia.

$$\text{Resistencia de los contactos} = \frac{V_{a-a'} \text{ (mV)}}{I \text{ (A)}} \text{ (m}\Omega\text{)}$$

$$\text{Resistencia del conector 1} = \frac{V_{a-b} \text{ (mV)}}{I \text{ (A)}} \text{ (m}\Omega\text{)}$$

$$\text{Resistencia del conector 2} = \frac{V_{a'-b'} \text{ (mV)}}{I \text{ (A)}} \text{ (m}\Omega\text{)}$$

En la figura, b-a es el conector 1, a'-b' es el conector 2 y a-a' es el contacto. D es el diámetro del cable o tubo de alta tensión.

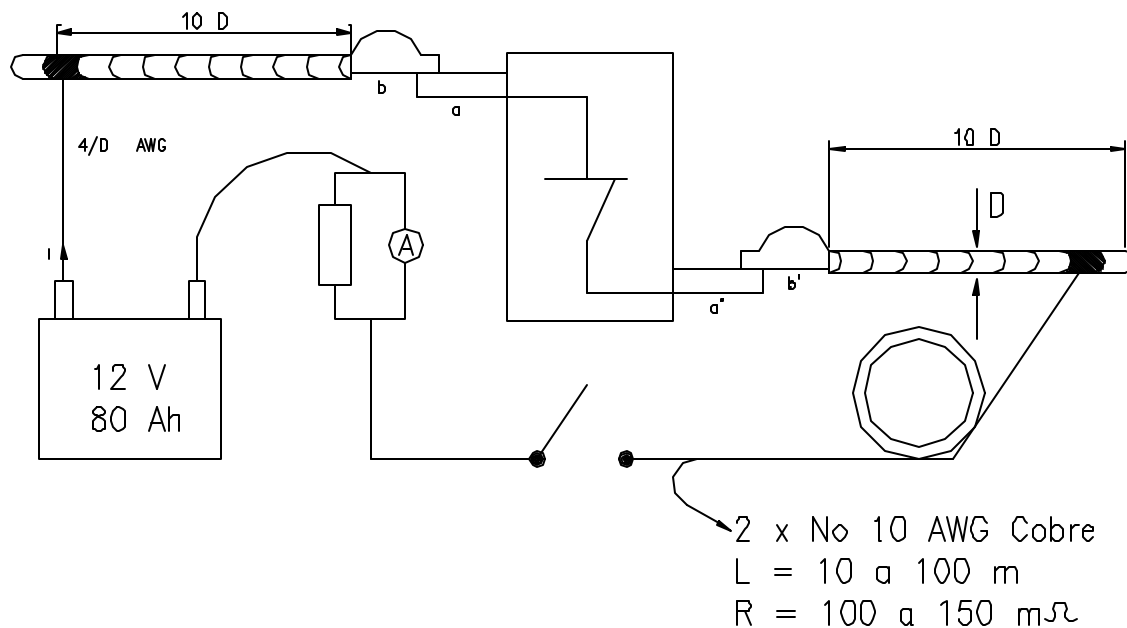


Figura 9. Esquema para el cálculo de resistencia de contactos y conectores del interruptor de potencia.

Inyectamos una corriente superior a 50 A (La fuente debe ser capaz de suministrar más de 50 A). Las mediciones deben realizarse en tiempos breves, se harán con un multiamperímetro digital en los puntos indicados b-a, a-a' y a'-b'.

La resistencia de contactos debe ser inferior a 1,2 veces la medida hecha por el fabricante. En general un valor de 400 miliohm es apropiado para un interruptor de modelo antiguo, para los nuevos las medidas oscilan entre 100 y 150 miliohm, valores mayores se consideran críticos, por tanto, requieren una revisión exhaustiva. Sin embargo, antes de cualquier chequeo deben revisarse las conexiones y realizar una nueva medición que confirme o desvirtúe los resultados.

Resistencia de los conectores se toma como dato comparativo.

6.3.7 Resistencia de bobinas.

Se mide la resistencia de las bobinas de cierre R_c y de apertura R_d con un multímetro o para mayor precisión con un puente de *Wheatstone*. Se debe asegurar que la bobina este desconectada del circuito de cierre o de disparo.

6.3.8 Tiempo de apertura del interruptor.

6.3.8.1 Contactos de potencia.

Se mide el tiempo transcurrido entre la energización de la bobina de apertura y la separación de contacto principales. La prueba debe hacerse antes de conectar los cables de potencia para evitar interferencias. Esta medida se debe hacer conjuntamente con la operación total de las protecciones, numeral 6.9.8.

6.3.8.2 Contactos auxiliares.

Se mide el tiempo transcurrido entre la energización de la bobina de apertura y la separación de un contacto auxiliar. Esta prueba y la medida del tiempo se debe hacer conjuntamente con la operación total de las protecciones, numeral 6.9.8.

6.3.9 Tiempo de cierre.

6.3.9.1 Contactos de potencia.

Se mide el tiempo transcurrido entre la energización de la bobina de cierre y el cierre de contactos principales.

6.3.9.2 Contactos de control.

Se mide el termino transcurrido entre la energización de la bobina de cierre y y el cierre de un contacto auxiliar.

Para realizar las mediciones de los numerales 6.3.8 y 6.3.9 con mayor precisión, actualmente se utilizan equipos para análisis dinámico de la operación de interruptores, se obtienen los tiempos y velocidades de cierre y apertura de los contactos y el registro gráfico de la característica del recorrido de éstos. Éste último, de suma importancia dentro del mantenimiento porque permite reconocer deficiencias en los ajustes mecánicos del interruptor, al observar excesivo recorrido, comúnmente denominado rebote. Estas variables se deben confrontar con los protocolos del fabricante.

Los resultados son altamente confiables, porque la operación de estos equipos, es a través de un transductor instalado sobre uno de los brazos mecánicos del interruptor, por tanto refleja perfectamente el recorrido, velocidad y tiempo de operación de cierre y apertura de los contactos del interruptor.

6.3.10 Tensión mínima de operación de la bobina de cierre.

Se alimenta la bobina de cierre (R_c) en serie con una resistencia de aproximadamente $0,25 R_c$. (fuente variable de tensión cc), con la tensión nominal de la bobina ($125 V_{cc}$), de modo que sobre la bobina queden de 100 a 105 voltios, (aproximadamente el 80 % de la tensión nominal). El interruptor debe cerrar.

6.3.11 Tensión mínima de operación de la bobina de disparo.

Se alimenta la bobina de disparo (R_d) en serie con una resistencia de aproximadamente $0,25 R_d$. (fuente variable de tensión cc) con la tensión nominal de la bobina ($125 V_{cc}$), de modo que sobre la bobina queden de 90 a 95 voltios. El interruptor debe abrir.

6.3.12 Indicador de posición.

Verificar correcta la operación del indicador mecánico de posición, tanto cuando el interruptor este abierto como cuando está cerrado.

6.3.13 Contador de operaciones.

Verificar correcta su operación. Durante la realización de las pruebas y verificaciones debe limitarse el numero total de operaciones del interruptor cierres a 20 aproximadamente, pues esto representa el 2 % de la vida útil mecánica comprobada del mecanismo de accionamiento.

6.3.14 Presión de Nitrógeno.

Si el interruptor lo requiere, comprobar la correcta presión de Nitrógeno.

6.3.15 Nivel de aceite.

Si el interruptor lo requiere, comprobar el correcto nivel de aceite.

6.3.16 Estanqueidad del dieléctrico.

Comprobar durante un mínimo de cuatro (4) días que no hay fugas de fluido dieléctrico (SF6 ó aceite).

6.3.17 Estanqueidad del mando (Solo para mandos neumáticos o hidráulicos).

- Comprobar durante un mínimo de un (1) día que no hay fugas de aire comprimido (o que son inferiores al máximo prescrito por el fabricante).
- Comprobar durante un mínimo de cuatro (4) días que no hay fugas de aceite en el mando.
- Comprobar durante un mínimo de cuatro (4) días que no hay fugas de gas en tanques hidroneumáticos.

6.3.18 Presóstatos de mando.

Comprobar que el compresor o la bomba reciben ordenes de parada y marcha a las presiones prescritas por el fabricante.

6.3.19 Verificación de bloqueos.

6.3.19.1 Cierre.

Se comprueba que todos los bloqueos de cierre propios de algún control interno del interruptor operen correctamente.

6.2.20.2 Disparo.

En caso de existir algún bloqueo de disparo, se debe comprobar.

6.3.19.3 Antibombeo.

Con una señal de disparo permanente, se mantiene una orden de cierre. Solo debe recibir el primer cierre. (Para evitar que la bobina de cierre permanezca energizada y se quemé).

6.3.20 Mando local.

Se verifica que el interruptor recibe orden de cierre y apertura localmente. Se mide la caída de presión en cada operación y/o el tiempo de retensado del resorte.

6.3.21 Mando remoto.

Se verifica que recibe orden de cierre y apertura desde el tablero de control.

6.3.22 Mando desde RTU.

Se verifica que recibe orden de cierre y apertura desde la RTU.

6.3.23 Señales de posición.

Se verifica que existan señales de cerrado y abierto en el tablero de control en la RTU.

6.3.24 Aterrizaje

Se utiliza el procedimiento descrito para transformadores. Ver numeral 6.2.25.

6.3.25 Protección de motor y de circuitos.

Las pruebas de protección del motor, protección de circuitos, consumo del motor iluminación, calefacción, tomacorrientes, aterrizaje del gabinete, firmeza de conexiones, terminales, marquillas, aislamiento de cables, aterrizaje de pantallas se realizan en forma similar a lo indicado para transformadores 6.2.23.

6.3.26 Alarmas.

6.3.26.1 Protección del motor a presión de aceite

Los dispositivos que pueden ser operados directamente, se operan y se verifica que produzca disparo, alarma o señal a la RTU. Deben probarse todos los contactos que figuren en los planos de control y protección.

Para los dispositivos que no pueden ser operados directamente, las pruebas son similares, pero se simula su operación puentando el contacto correspondiente.

Debe evitarse que la conexión del puente produzca arco que deteriore algún elemento de conexión.

6.3.27 Pintura y limpieza.

Debe revisarse que no haya zonas despintadas, sin protección anticorrosiva o sucias. Se revisa el interruptor, la base, la estructura y el gabinete. No deben quedar elementos extraños sobre el interruptor ni sobre sus conexiones.

6.3.28 Conexiones según diseño.

Debe revisarse visualmente que en la bornera de conexiones estén correctamente conectados todos los conductores indicados en el diagrama correspondiente, dicha verificación se deberá realizar con las tablas de cableado.

6.3.29 Lubricación.

Se revisa que todos los elementos que lo requieren tengan el lubricante adecuado.

6.3.30 Calidad del dieléctrico

Se determina rigidez dieléctrica del aceite. Ver numeral 6.2.9 ó el contenido de humedad del SF6.

6.3.31 Pruebas adicionales

Se deben realizar las pruebas no indicadas anteriormente pero que estén prescritas por fabricante del interruptor o sus accesorios.

6.4 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE SECCIONADORES DE TENSIÓN MAYOR A 33 kV

6.4.1 Alcance.

Así mismo, los seccionadores son motivo de la ejecución de pruebas antes de su puesta en servicio. Las pruebas aquí descritas son aplicable a seccionadores de tensión nominal mayor a 33 kV para intemperie con mando manual o con motor, con o sin cuchillas de puesta a tierra. Se indican las pruebas, procedimientos y diagramas para la realización de las mismas (De acuerdo a lo estipulado en la Norma IEC 129).

No es necesario repetir las pruebas asociadas a los seccionadores, cuando estas se realicen probando otros equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos.

6.4.2 Modificación del procedimiento.

Si el fabricante de un equipo prescribe o recomienda un procedimiento diferente para la ejecución de una prueba, deben evaluarse las ventajas y desventajas de cada procedimiento. En caso de duda, prima el procedimiento descrito por el fabricante, es recomendable recordar que estos equipos solo pueden abrir tensiones por lo tanto nunca se deben operar bajo carga.

6.4.3 Resistencia de aislamiento.

6.4.3.1 Circuitos de alta tensión.

Con Megger de 1000 V durante un (1) minuto la resistencia de aislamiento entre la parte viva de cada polo cerrado y tierra.

Los valores deben ser mayores a 2000 MΩ.

6.4.3.2 Circuitos de baja tensión.

Antes de cualquier conexión externa, se mide con Megger de 500 V la resistencia de aislamiento a carcasa y entre circuitos independientes, de todos los circuitos. Todos los valores deben ser mayores de 100 MΩ.

6.4.4 Funcionamiento.

6.4.4.1 Manual.

Se realizan cinco (5) ciclos completos de cierre-apertura, para los contactos principales y para la cuchilla de puesta a tierra.

Después de cada cierre se verifica visualmente que los contactos principales y auxiliares cierren correctamente y queden bien centrados en la posición prevista por el fabricante.

Después de cada apertura se verifica visualmente que los contactos auxiliares cierran correctamente y queden bien centrados en la posición prevista por el fabricante.

Se mide con un dinamómetro la mínima fuerza requerida para abrir el seccionador y las cuchillas de puesta a tierra. Se mide también el brazo correspondiente a la fuerza de operación.

Se verifica la continuidad eléctrica de los contactos auxiliares cerrados en el último ciclo de cada una de las cuchillas.

6.4.4.2 Por motor.

Se realizan cinco ciclos completos de cierre-apertura. Después de cada cierre y apertura se realizan las verificaciones indicadas para el funcionamiento manual.

6.4.5 Resistencia de contactos y conectores.

Se utiliza el procedimiento descrito para interruptores, tal como se ha descrito en el numeral 6.3.6.

6.4.6 Resistencia de dispositivos en enclavamiento.

Si hay enclavamiento electromagnético, se mide la resistencia de la bobina con multímetro.

6.4.7 Prueba de dispositivos de enclavamiento.

Se verifica que los enclavamientos mecánicos y electromagnéticos funcionen de acuerdo con lo previsto por el fabricante.

6.4.8 Mando local.

Se verifica que el seccionador reciba la orden de cierre y apertura localmente.

6.4.9 Mando remoto.

Se verifica que reciba la orden de cierre y apertura desde el tablero de control (en el caso de ser motorizados).

6.4.10 Mando desde RTU.

Se verifica que reciba la orden de cierre y apertura desde la RTU (en el caso de ser motorizados).

6.4.11 Señal de posición.

Se verifica que existen señales cerrado y abierto de control y en la RTU (principal y cuchilla de tierra).

6.4.12 Aterrizaje.

Para verificar el aterrizaje de la base y del seccionador del mando y del conjunto de la cuchilla de puesta a tierra, se utiliza el procedimiento descrito para transformadores, tal como se ha descrito en el numeral 6.2.25.

6.4.13 Tiempo de apertura.

Se mide el tiempo desde la orden de apertura hasta la detención del mecanismo. Esto naturalmente para el accionamiento con motor, se puede hacer la medida con el cronómetro del equipo de inyección de corriente.

6.4.14 Tiempo de cierre

Se mide el tiempo desde la orden de cierre hasta la unión de los contactos, esto para el accionamiento con motor.

Las pruebas de protección del motor, protección de circuitos, iluminación, calefacción, tomacorriente, aterrizaje del gabinete, firmeza de conexiones, terminales, marquillas, aislamientos de cables, aterrizaje de pantallas, se realizan en forma similar a lo indicado para transformadores.

6.4.15 Conexiones según diseño.

Debe revisarse que en la bornera de conexiones estén conectados todos los conductores indicados en el diagrama correspondiente, según tablas de cableado entregadas por el diseñador.

6.4.16 Lubricación.

Se revisa que todos los elementos que lo requieren tengan el lubricante adecuado.

6.4.17 Pruebas adicionales

Se deben realizar las pruebas no indicadas anteriormente pero que estén prescritas por el fabricante del seccionador o sus accesorios.

6.5 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DE TENSIÓN MAYOR A 33 kV

6.5.1 Alcance.

Otro equipo de mucha importancia en las subestaciones eléctricas, por eso sus pruebas son también de gran importancia. Estas pruebas son aplicables a transformadores de corriente tipo intemperie con aislamiento líquido o sólido y tensión nominal mayor o igual a 33 kV.

Se indican las pruebas, procedimientos y diagramas para la realización de las pruebas (De acuerdo a lo estipulado en la Norma IEC 185). No es necesario repetir las pruebas asociadas a los transformadores de corriente cuando estas se realicen probando otros equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos de prueba.

6.5.2 Modificación del procedimiento.

Si el fabricante de un equipo prescribe o recomienda un procedimiento diferente para la ejecución de una prueba, deben evaluarse las ventajas y desventajas de cada procedimiento. En caso de duda, prima el procedimiento descrito por el fabricante.

6.5.3 Orientación de terminales.

Revisar que los terminales primarios P1 y P2 estén orientados de acuerdo con el diseño y a las necesidades reales de medida y protección.

6.5.4 Medio aislante.

6.5.4.1 Nivel de aceite.

Revisar que el nivel de aceite este de acuerdo con lo prescrito por el fabricante.

6.5.4.2 Gas hexafloruro de azufre (SF₆).

Confirmar que el manómetro indique la presión para la temperatura existente o si la magnitud leída está dentro de los límites permitidos. Si está sobre la zona de alarma, deberá agregarse la cantidad necesaria hasta alcanzar la presión nominal y mediante chequeo periódico establecer si la fuga es de carácter permanente, caso en el cual será necesario realizar un *overall* para localizar el

escape y corregirlo. Cuando se requiera este ejercicio, debe seguirse la indicación del fabricante en lo referente al procedimiento de secado, vacío y llenado.

6.5.5 Resistencia de aislamiento.

Con Megger de 5000 V durante un (1) minuto se mide la resistencia. Las medidas se hacen entre:

- Alta tensión contra secundarios más cercanos.
- Secundario contra alta tensión más secundarios restantes más cercanos.

La medida se hace antes de realizar conexiones externas.

La resistencia mínima aceptable es de 1000 M Ω , para alta tensión contra carcasa y 200 M Ω entre secundarios.

6.5.6 Tensión aplicada.

Antes de conectar la estructura de soporte a tierra, se aplican 40 kV, 60 Hz durante un (1) minuto entre el devanado de alta tensión contra el devanado de baja más tierra. El procedimiento de medida es similar al indicado para transformadores de potencia en el numeral 6.2.15.

6.5.7 Polaridad.

Se conecta un voltímetro analógico de cc en el primario del núcleo que se va a probar, estando el secundario en circuito abierto. Se conecta una batería de 1,5 V a los dos (2) terminales del devanado secundario. Para mayor confiabilidad, debe usarse un interruptor de baja tensión. El terminal del primario conectado al positivo del voltímetro, debe corresponder al terminal del secundario conectado al positivo de la batería, si al conectar la batería hay deflexión hacia la derecha y al desconectarla hay deflexión hacia la izquierda. También puede usarse una batería cc 12 V en serie con una resistencia de 50 ohm, pero en este caso deberá desmagnetizarse el núcleo.

Actualmente, se cuenta con equipos para realizar esta prueba, con los cuales, únicamente se requiere conectar el primario y cada secundario al probador y mediante un proceso sencillo determinar su polaridad.

6.5.8 Resistencia de devanados.

Se mide la resistencia del devanado secundario completo con un puente *Wheatstone*, cuidando de descontar del resultado la resistencia de los cables de conexión.

6.5.9 Curva de excitación.

Con una fuente de variación continua 300 Vca, 3 A, se alimenta el secundario completo iniciando con tensión de cero (0) voltios. Se sube lentamente la tensión y se toman valores de tensión y de corriente de excitación. En los núcleos de medidas se toman datos hasta que la tensión sea E_s y en los núcleos de protección se toman datos hasta que la tensión sea kE_s .

Donde:

$$E_s = I_s (R_s + 0,8Z_b + 0,36Z_b).$$

k = Factor de límite de precisión.

I_s = Corriente nominal del secundario.

R_s = Resistencia del secundario.

Z_b = Capacitancia/lm.

En los núcleos de medida la corriente de excitación correspondiente a la tensión $< E_s$ debe ser menor de $I_o = \text{Clase } k I_s / 100$.

Valores típicos de tensión para tomar los datos de corriente son: 5 V, 10 V, 20 V, 40 V, 80 V, 160 V, 300 V.

La tensión se baja lentamente para desmagnetizar el núcleo.

6.5.10 Aterrizaje principal.

Para verificar el aterrizaje de la base metálica del TC, se utiliza el procedimiento descrito para transformadores, numeral 6.2.25. Se verifica que en caso de ser necesario, estén realizadas las conexiones especiales a tierra. (Terminal, capacitivo, pantallas, etc.).

6.5.11 Aterrizaje del gabinete.

Se verifica que el gabinete o carcasa del transformador éste conectado bien firme a tierra.

Las pruebas de firmeza de conexiones, terminales, marquillas, aislamiento de cables, aterrizaje de pantallas, se realizan en forma similar a lo indicado para transformadores de potencia.

La prueba de aislamiento de cables se realiza antes de la conexión de los neutros a tierra.

6.5.12 Conexiones según diseño.

Debe revisarse que en la bornera de conexiones estén conectados todos conductores indicados en el diagrama correspondiente.

6.5.13 Aterrizaje de secundario.

A todos los devanados secundarios se les prueba continuidad contra tierra.

6.5.14 Relación de transformación.

Esta prueba puede realizarse antes de las conexiones externas o después de las conexiones externas. En todo caso debe realizarse sobre todos los devanados, en la derivación que se utiliza en la instalación.

6.5.14.1 Antes de conexiones externas.

Con una fuente variable de 20 Vac, 200 A, estando en corto circuito todos los devanados secundarios. La corriente de alimentación primaria debe ser al menos el diez por ciento (10 %) de la corriente nominal. Con una pinza de corriente se mide la corriente en cada devanado secundario, lo mismo corriente de secundario y la relación de transformación es:

$$n = I_p / I_s$$

6.5.14.2 Después de conexiones externas.

Se realiza en forma similar a la descrita en 6.5.14.1 pero con los instrumentos conectados a los devanados secundarios. En este caso se mide la corriente en cada aparato alimentado por el correspondiente devanado. En los instrumentos de medida se comprueba su correcta indicación. Los resultados de esta medida hacen parte de las pruebas de instrumentos y relés.

6.5.15 Circuitos cerrados.

Todos los devanados del TC deben tener el secundario cerrado sobre su carga o estar en cortocircuito. Los devanados en corto circuito se verifican con la prueba de relación o con la prueba de impedancia en circuitos secundarios o visualmente. Los devanados con circuitos externos se verifican con la prueba de impedancia en circuito secundario.

6.5.16 Impedancia en circuito secundario.

Con el montaje utilizado en la Figura 10 se mide la tensión y la corriente de los circuitos de medida y los de protección, cuidando que ningún aparato del circuito tenga cortocircuitados sus terminales de alimentación de corriente.

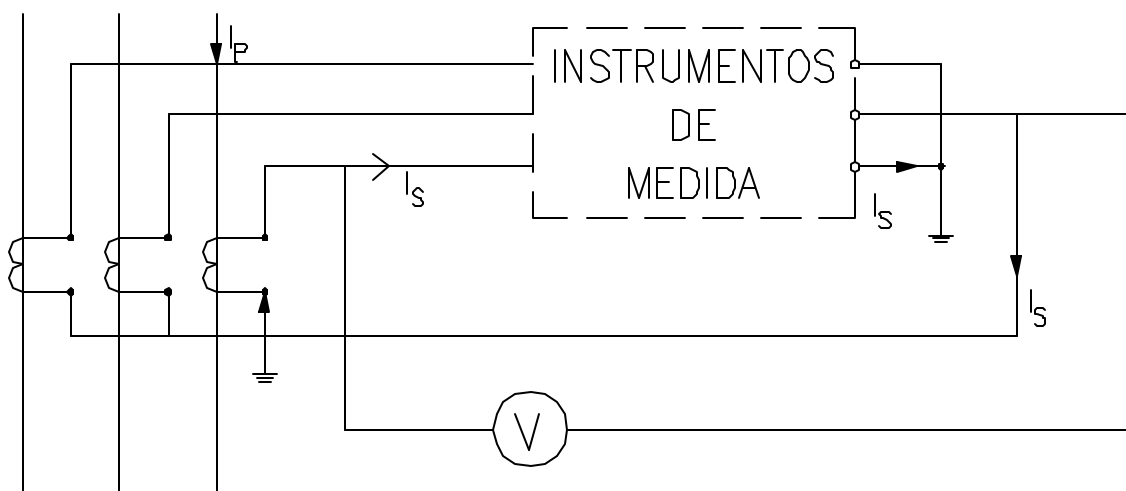


Figura 10. Medida de impedancia en circuitos de medida y de protección conectados en estrella.

6.5.16.1 Impedancia en circuitos de medida

La medida de tensión se realiza, entre el terminal del devanado que no está conectado a tierra y el punto neutro del circuito más retirado del TC, de modo que no incluye la caída de tensión en el tramo del conductor que en condiciones de carga trifásica, sola conduce corriente de secuencia cero (0). (Figura 10). La impedancia es:

$$Z = V / I_s$$

6.5.16.2 Impedancia en circuitos de protección conectados en Y.

La medida de tensión se realiza entre los dos terminales del devanado de modo que incluya la caída de tensión en el tramo de conductor que conduce la corriente de secuencia cero (0), Figura 10. La impedancia es:

$$Z = V / I_s$$

6.5.16.3 Impedancia en circuitos de protección conectados en Y.

La medida de tensión se realiza entre los dos terminales del devanado de modo que incluya la caída de tensión en el tramo de conductor que conduce la corriente de secuencia cero (0). Figura 10. La impedancia es:

$$Z = V / I_s$$

6.5.16.4 Impedancia en circuitos de protección conectados en triángulo.

La medida de tensión se realiza como se indica en la Figura 11.

La impedancia es:

$$Z = V / I_s$$

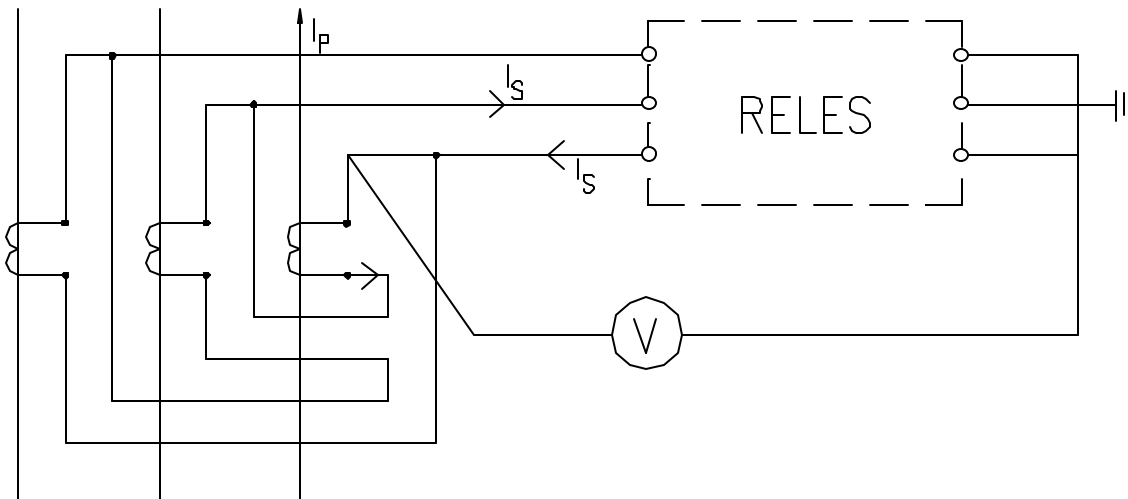


Figura 11. Medida de impedancia de circuitos de protección conectados en triángulo.

6.5.16.5 Circuitos secundarios de corrientes para relés diferenciales de alta impedancia.

La medida de tensión se realiza como se indica en la Figura 12.

6.5.17 Correspondencia de fases.

Con el montaje utilizado en el numeral 6.3.13 se identifican las fases (A, B, C) en los tableros de medida y protección, de modo que correspondan a las fases de los primarios de los transformadores de corriente y a los planos. Se verifica visualmente que las fases de los primarios corresponden a una referencia conocida, por ejemplo de una línea de transmisión.

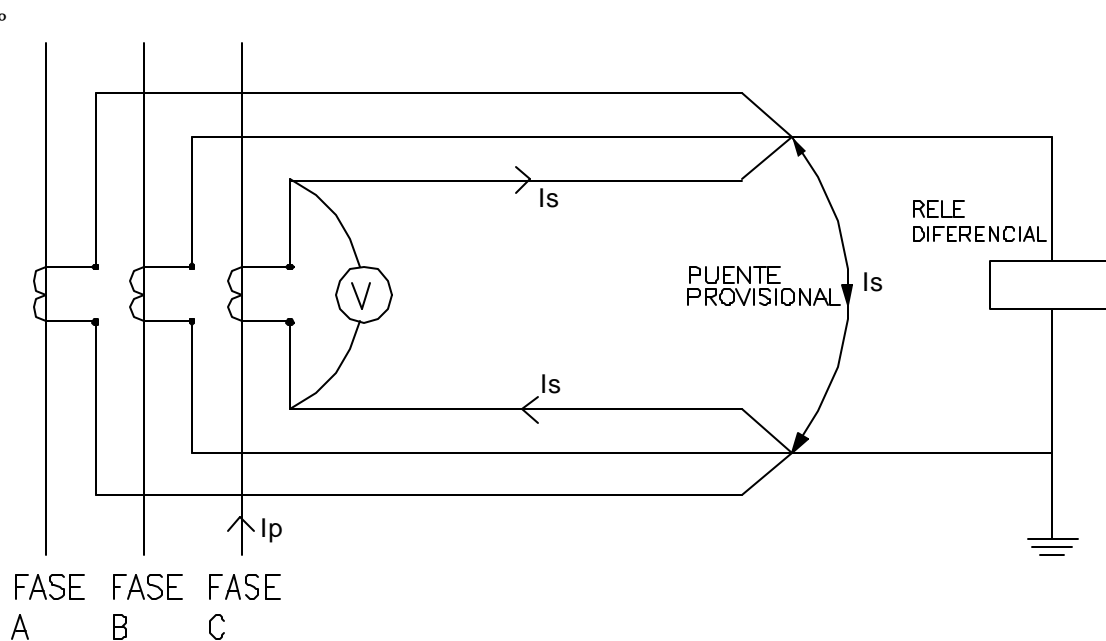


Figura 12. Medida de tensión del circuito secundario para relés diferenciales de alta impedancia.

6.5.18 Resistencia de las conexiones primarias.

Con el montaje utilizado en 6.3.6 y cuidando que la conexión de la fuente se realice al conductor del primario, por lo menos a una distancia de cincuenta (50) centímetros del terminal del TC, se mide la corriente y la caída de tensión en cada conector terminal del conductor.

La impedancia de la conexión es:

$$Z = V / I$$

Los valores calculados sirven para efectos comparativos e indican la efectividad de la conexión.

6.5.19 Estanqueidad.

Cuando se instala el TC se verifica que no haya señales de aceite. Al cabo de al menos siete (7) días se confirma que no se han presentado fugas de aceite.

6.5.20 Pruebas adicionales.

Se deben realizar las pruebas no indicadas anteriormente pero que estén prescritas por el fabricante del transformador de corriente.

6.6 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE TENSIÓN DE VOLTAJE MAYOR A 17,5 kV

6.6.1 Alcance.

Las pruebas aquí estipuladas son aplicables a transformadores de tensión tipo intemperie con aislamiento líquido o sólido y tensión nominal mayor o igual a 17,5 kV.

Se indican las pruebas, procedimientos y diagramas para realizar las pruebas (De acuerdo a lo estipulado en la Norma IEC 186). No es necesario repetir las pruebas asociadas a los transformadores de tensión cuando estas se realicen probando equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos respectivos.

6.6.2 Modificación del procedimiento.

Si el fabricante de un equipo prescribe o recomienda un procedimiento diferente para la ejecución de una prueba, deben evaluarse las ventajas y desventajas de cada procedimiento. En caso de duda, prima el procedimiento descrito por el fabricante.

6.6.3 Medio aislante.

6.6.3.1 Nivel de aceite.

Revisar que el nivel de aceite este de acuerdo con lo prescrito por el fabricante.

6.6.3.2 Gas hexafluoruro de azufre (SF6).

Confirmar que el manómetro indique la presión para la temperatura existente o si la magnitud leída está dentro de los límites permitidos. Si está sobre la zona de alarma, deberá agregarse la cantidad necesaria hasta alcanzar la presión nominal y mediante chequeo periódico establecer si la fuga es de carácter permanente, caso en el cual será necesario realizar un *overall* para localizar el escape y corregirlo. Cuando se requiera este ejercicio, debe seguirse la indicación del fabricante en lo referente al procedimiento de secado, vacío y llenado.

6.6.4 Resistencia de aislamiento.

Procedimiento similar al utilizado para transformadores de corriente 6.5.5.

6.6.5 Tensión aplicada.

Se aterrizan: El terminal de tierra del primario, un terminal de cada devanado secundario, gabinete, carcasa base. En esas condiciones se aplica la tensión nominal del transformador de tensión entre el terminal de alta tensión y tierra durante un (1) minuto. Se mide la tensión en cada devanado secundario. Si la tensión nominal es mayor de 50 kV, se aplica 50 kV.

6.6.6 Polaridad.

Procedimiento similar al utilizado para transformadores de corriente 6.5.7, pero la batería se conecta en el primario.

6.6.7 Aterrizaje principal.

Para verificar el aterrizaje de la base del transformador de tensión, se utiliza el procedimiento descrito para transformadores 6.2.25. Se verifica que este conectado a tierra el terminal de tierra del primario.

6.6.8 Firmeza de conexiones y terminales.

Las pruebas de firmeza de conexiones, terminales, marquillas, aislamiento de cables, aterrizaje de pantallas, se realizan en forma similar a lo indicado para transformadores. La prueba de aislamiento de cables se realiza antes de la conexión de los neutros a tierra.

6.6.9 Conexiones según diseño.

Debe revisarse que en la bornera de conexiones estén conectados todos los conductores indicados en el diagrama correspondiente, utilizando las tablas de cableado suministradas por el diseñador.

6.6.10 Aterrizaje de secundarios.

A todos los devanados secundarios se les prueba continuidad contra tierra.

6.6.11 Relación de transformación.

Esta prueba puede realizarse antes de las conexiones externas o después de las conexiones externas. En cualquier caso debe realizarse sobre todos los devanados.

6.6.11.1 Antes de conexiones externas.

Se alimenta el devanado primario con 120 Vac aproximadamente. Con un voltímetro se mide la tensión en el primero en cada secundario.

6.6.11.2 Después de conexiones externas.

Se realiza en forma similar a la descrita en el 6.5.14.2 pero con los instrumentos conectados a los devanados secundarios. En este caso se mide la tensión en cada aparato alimentado por el correspondiente devanado. Para medir la tensión recibida por los aparatos conectados a una abierta, puede ser necesario conectar provisionalmente en cortocircuito el primario de los dos transformadores de tensión.

6.6.12 Devanados sin cortocircuito.

Ningún devanado del transformador debe estar en cortocircuito. Para comprobarlo se realiza la prueba de relación. Ver numeral 6.6.11.2.

6.6.13 Correspondencia de fases.

Con el montaje utilizado en el numeral 6.6.11.2 se identifican las fases (A, B, C) en los tableros de medida y protección, de modo que correspondan a las fases de los primarios de los transformadores de tensión y a los planos. Se verifica visualmente que las fases de los primarios corresponden a una referencia conocida, por ejemplo de una línea de transmisión.

6.6.14 Estanqueidad.

Cuando se instala el transformador de tensión se verifica que no haya señales de aceite. Al cabo de al menos siete (7) días se confirma que no se han presentado fugas de aceite.

6.6.15 Pruebas adicionales.

Se deben realizar las pruebas no indicadas anteriormente pero que estén prescritas por el fabricante del transformador de tensión.

6.7 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE TENSIÓN CAPACITIVOS DE VOLTAJE MAYOR A 33 kV

6.7.1 Alcance.

Estas pruebas son aplicables a transformadores de tensión capacitivos tipo intemperie con aislamiento líquido o sólido y tensión nominal mayor a 33 kV.

Se indican las pruebas, procedimientos, diagramas para realizar las pruebas. No es necesario repetir las pruebas asociadas a los transformadores de tensión cuando estas se realicen probando otros equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos respectivos.

6.7.2 Modificación del procedimiento.

Si el fabricante de un equipo prescribe o recomienda un procedimiento diferente para la ejecución de una prueba, deben evaluarse las ventajas y desventajas de cada procedimiento. En caso de duda, prima el procedimiento descrito por el fabricante.

6.7.3 Nivel de aceite.

Revisar que el nivel de aceite esté de acuerdo con lo prescrito por el fabricante.

6.7.4 Resistencia de aislamiento.

Con Megger de 1000 V se mide la resistencia durante un (1) minuto. Las medidas se hacen entre:

- Terminal de alta tensión del primario contra terminales de onda portadora más secundario más terminal de tierra del primario más carcasa.
- Terminal de onda portadora contra terminal de alta tensión del primario más terminal de tierra del primario más secundario más carcasa.
- Secundario contra secundarios restantes más carcasa.

La resistencia mínima aceptable es de 1000 MΩ para los circuitos de alta tensión y de 100 MΩ, para los de baja tensión.

6.7.5 Tensión aplicada.

Procedimiento similar al utilizado para transformadores de tensión.

6.7.6 Polaridad.

Procedimiento similar al utilizado para transformadores de tensión.

6.7.7 Capacidad y reactancia capacitiva.

Se conecta a tierra el terminal de onda portadora, dejando sin conectar el terminal de tierra del primario. Se alimenta con 120 Vac entre el terminal de alta tensión y el terminal de onda portadora. Se mide tensión y corriente.

La reactancia capacitiva es:

$$X_c = U / I$$

y la capacidad es

$$C = \frac{1}{2} \pi f X_c$$

Las pruebas de aterrizaje principal, aterrizaje del gabinete, firmeza de conexiones, terminales, marquillas, aislamiento de cables, aterrizaje de pantallas, conexiones según diseño, aterrizaje de secundarios, relación, devanados sin cortocircuito, correspondencia de fases, estanqueidad y pruebas adicionales, se realizan en forma similar a lo indicado para transformadores de tensión.

6.8 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE TRAMPAS DE ONDA

6.8.1 Alcance.

Aplicable a trampas de onda para efectuar el bloqueo de las señales de comunicación en líneas de transmisión de alta tensión. Se indican las pruebas, procedimientos, diagramas, para realizar las pruebas asociadas a las trampas de onda cuando estas se realicen probando otros equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos.

6.8.2 Modificación del procedimiento.

Si el fabricante de un equipo prescribe o recomienda un procedimiento diferente para la ejecución de una prueba, deben evaluarse las ventajas y desventajas de cada procedimiento. En caso de duda, prima el procedimiento descrito por el fabricante.

6.8.3 Revisión general.

Se verifica que no haya desperfectos en el cubrimiento de la bobina y que los accesorios interiores estén en buen estado y correctamente fijados.

Se verifica que la trampa este soportada de acuerdo con lo previsto por el fabricante.

Se verifica que los conductores de conexión están de acuerdo con lo previsto en los planos de la subestación, de modo que la señal llega por la línea de transmisión encuentre primero el condensador de acople y después la trampa de onda.

6.8.4 Impedancia de la trampa con 60 Hz.

Con una fuente variable de 20 Vac, 200 A, se hace circular corriente a través de la trampa (50 - 100 A).

Se mide la caída de tensión entre terminales de la trampa y la corriente. La impedancia es:

$$Z = V / I$$

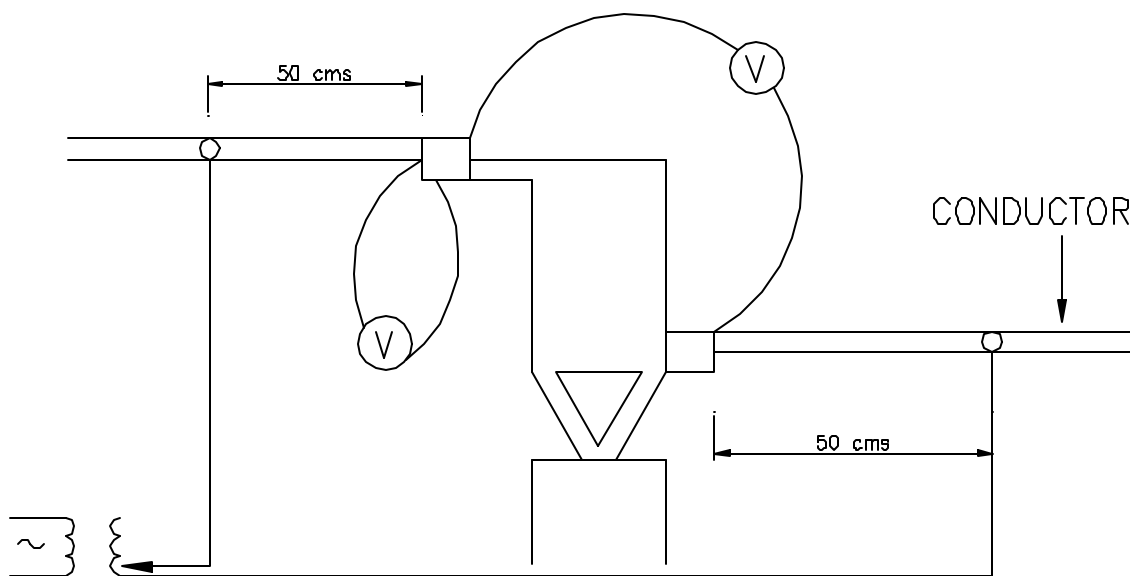


Figura 13. Impedancia de trampa de onda.

6.8.5 Impedancia de conexiones.

Con el montaje utilizado en la Figura 12, se mide la caída de tensión en cada conector terminal del conductor. La impedancia de la conexión es:

$$Z = V / I$$

Los valores sirven para efectos comparativos de la efectividad de la conexión.

6.9 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO TABLEROS DE CONTROL, MEDIDA Y PROTECCIÓN

6.9.1 Alcance.

El sistema de control de una subestación constituido por los tableros de mando, medida y protección, tienen como objeto principal la importante misión que su denominación expresa. Las pruebas aquí enunciadas son aplicables a los tableros de mando, medida y protección de líneas, transformadores y barrajes en subestaciones con tensión nominal superior 33 kV. Se indican las pruebas, procedimientos, diagramas para realizarlas. No es necesario repetir las pruebas asociadas a tableros o sus componentes, cuando estos se realicen probando otros equipos o componentes, aunque si deben ser llenados los protocolos.

6.9.2 Modificación del procedimiento.

Si el fabricante de un equipo prescribe o recomienda un procedimiento diferente para la ejecución de una prueba, deben evaluarse las ventajas y desventajas de cada procedimiento. En caso de duda, prima el procedimiento descrito por el fabricante.

6.9.3 Aislamiento del cableado de control.

Con Megger de 500 V se mide la resistencia entre circuitos contra tierra y entre circuitos independientes, una medida de resistencia superior 20 M Ω , es apropiada para estos circuitos.

6.9.4 Verificación de las características de las protecciones.

6.9.4.1 Generalidades

La verificación de las características consiste en alimentar los relés con señales apropiadas de tensión y corriente para comprobar que su funcionamiento cumple con las curvas características de operación. Las pruebas pueden realizarse antes de conectar el tablero a sus circuitos externos, alimentando las señales desde las borneras del tablero, o después de estas conexiones, alimentando las señales desde los terminales de prueba del relé. Si para probar un relé debe desconectarse algún cable ya probado, es necesario repetir la prueba aislamiento y firmeza de conexión del cable.

En relés estáticos, las pruebas deben realizarse con la tensión mínima y máxima de trabajo. Los equipos de prueba deben tener las siguientes facilidades:

- Fuente de corriente de 0 a 80 A, 60 Hz.
- Fuente de tensión a 300 V, 60 Hz.
- Desfasamiento de corriente y tensión.
- Desfasamiento de tensión primaria y tensión secundaria.
- Variación de frecuencia.
- Cronómetro con arranque y parada mediante señales eléctricas.
- Medición de ángulo de fase entre tensiones, corrientes y tensión.
- Medición de tensión y corriente en varias escalas.
- Medición de secuencia de fases.
- Fuente de corriente continua de 100 a 140 Vcc.
- Simulación de circuitos de disparo.

Cada relé se alimenta con las señales correspondientes y se le mide el tiempo de operación y de señalización. Las conexiones del equipo de prueba y el relé probado deben hacerse de acuerdo con las instrucciones particulares de los fabricantes. Bajo ninguna circunstancia es recomendable realizar estas pruebas sin consultar detalladamente esas instrucciones ni siquiera cuando el operario conoce y tiene experiencia con los equipos.

Las pruebas deben realizarse con los ajustes definitivos que tendrá el relé en la subestación. En ningún caso deben sobrepasarse los límites de tensión, corriente o tiempo de duración, previstos por el fabricante.

6.9.4.2 Relés de sobrecorriente.

Los dispositivos instantáneos se prueban con dos, cuatro, ocho y diez y seis veces la corriente ajustada en el relé. Los temporizados se prueban con la corriente ajustada en el relé.

6.9.4.3 Relés direccionales de corriente.

Estos relés se prueban con señales de tensión y corriente desfasadas el ángulo característico del relé, para esto es necesario determinar si el relé es de conexión de 30°, de 45°, de 60° ó de 95°.

Cada señal de corriente de prueba debe ser mínimo dos veces la corriente ajustada en el relé.

Se invierte una de las señales (tensión o corriente) y se prueba con los ajustes de operación continua, en este caso el relé bloquea, es decir no cierra sus contactos de disparo.

6.9.4.4 Relés de distancia.

6.9.4.4.1 Región de operación.

Simulando un ángulo dado de desfase fuera de la zona de operación con dos veces la tensión mínima de operación, se aumenta lentamente la corriente hasta producir el funcionamiento del relé. Se verifican al menos tres puntos de la característica, de cada zona y de cada unidad.

6.9.4.4.2 Región de no operación.

Simulando un ángulo dado de desfase fuera de la zona de operación y con dos veces la tensión mínima de operación, se aumenta lentamente la corriente hasta el valor ajustado para trabajo, el relé no debe operar.

Se verifican al menos dos puntos, de cada zona y de cada unidad.

6.9.4.5 Relés diferenciales.

6.9.4.5.1 Pruebas de operación.

Se alimenta el relé diferencial con la corriente (o tensión) mínima de operación en cada circuito, de modo que se simule falla interna.

6.9.4.5.2 Pruebas de bloqueo y de armónicos.

Se alimenta el relé con la corriente máxima de bloqueo, de modo que se simule falla externa.

Se alimenta el relé diferencial con corriente de segundos armónicos, de modo que se simule la energización de transformador (sola para relés diferenciales de transformador).

6.9.4.5.3 Relés de verificación de sincronismo.

Se prueba con señales de tensión variables en frecuencia, magnitud y ángulo, debe dar la orden de cierre de sus contactos solo para el valor ajustado.

6.9.5 Verificación de instrumentos.

La verificación de instrumentos consiste en alimentarlos con señales apropiadas de tensión y corriente para probar que su indicación es correcta. Las pruebas pueden realizarse antes de conectar el tablero a sus circuitos externos o después de estas conexiones. Si el tablero tiene borneras especiales para pruebas de estos circuitos, es indistinto el momento de realizar la prueba. Si no tiene borneras para pruebas, es preferible probar los instrumentos antes de conectar los circuitos externos.

Los equipos de prueba deben tener las siguientes facilidades:

- Fuente de tensión de 115 Vca.
- Fuente de corriente variable de 0 a 5 A.
- Desfasamiento entre tensión y corriente.
- Medidores patrones de corriente, tensión, potencia, energía activa y energía reactiva.
- Medición de secuencia de fases.
- Cada circuito de medida se alimenta con las señales correspondientes y se compara su indicación con los patrones el equipo de prueba.
- Las conexiones del aparato de prueba y el instrumento probado deben hacerse de acuerdo con las instrucciones particulares de los fabricantes y los diagramas de conexión correspondientes.

Si las pruebas se hacen cuando ya han sido conectados los circuitos externos debe asegurarse que estén desconectados los secundarios de los transformadores de tensión.

6.9.5.1 Las pruebas para los medidores multifuncionales se realizan alimentando con las señales trifásicas de tensión y de corriente el instrumento. Se verifica su indicación para mínimo cinco (5) valores diferentes de corriente y tensión.

6.9.6 Impedancia en circuitos y conductores de alimentación.

Antes de conectar las fuentes de corriente continua o corriente alterna a algún circuito, se mide con multímetro la resistencia del circuito para comprobar que no hay cortocircuito. Si persistieran

dudas, la fuente se conecta a través de una resistencia de 10 ohm, 1500 W y se mide la tensión sobre el circuito.

6.9.7 Relés auxiliares con tensión reducida.

Debe comprobarse que los relés auxiliares operan correctamente con el 80 % de su tensión nominal. Se alimenta el tablero con el sistema de corriente continua de la subestación (125 Vcc aproximadamente) disminuido en 24 voltios, esta disminución según se muestra en la Figura 14, hace operar los relés auxiliares.

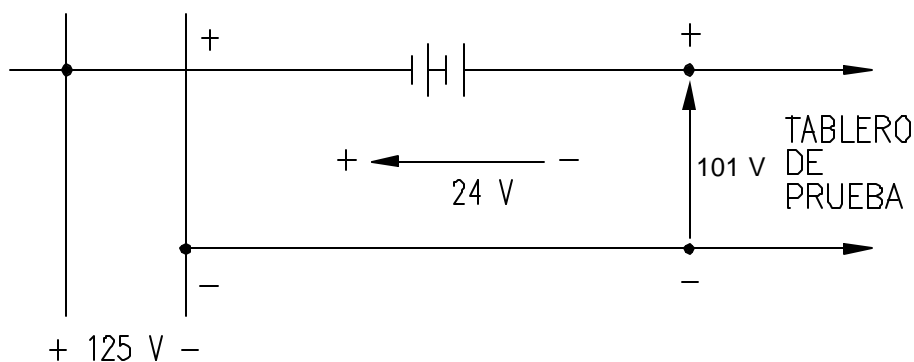


Figura 14. Esquema para aplicar tensión reducida a relés auxiliares.

6.9.8 Operación total de protecciones.

6.9.8.1 Generalidades.

Se deben simular fallas mediante inyección primaria o secundaria de corriente y tensión. La polaridad debe ser igual a la que se presenta en falla real. La magnitud de la corriente o de la tensión inyectada debe ser tal que alcance a hacer operar la protección que se está probando.

Debe comprobarse que el interruptor desconecta realmente la falla y se producen las señalizaciones y alarmas correspondientes. Para ello se hace la prueba hasta que el interruptor abra físicamente o que reciba la tensión en su bobina de disparo. No es aconsejable que un interruptor ejecute mas de 20 operaciones antes de entrar en servicio, ya que estas representan el 2 % de la vida comprobada de su mecanismo de accionamiento.

Para estas comprobaciones se utiliza el montaje de la Figura 15.

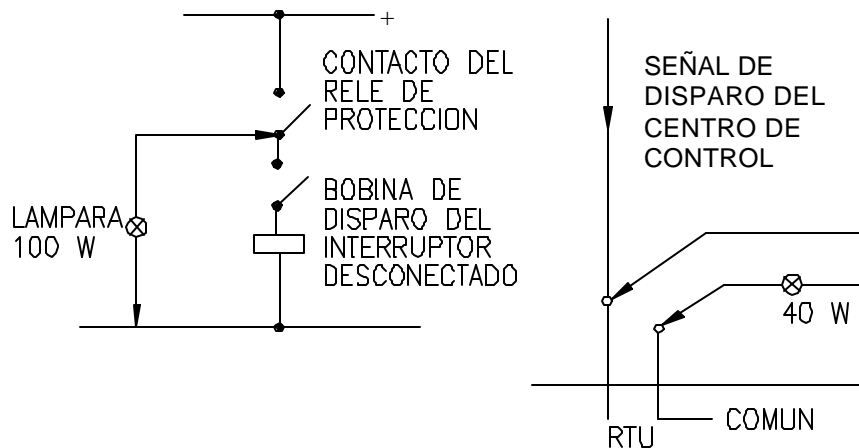


Figura 15. Tensión bobina de disparo y RTU.

Para realizar la inyección primaria o secundaria a los relés depende de la disponibilidad de equipos. La inyección primaria tiene un mejor cubrimiento. La inyección secundaria es igualmente confiable si hay plena certeza en las polaridades de los transformadores de medida y en sus conexiones.

Por lo general la inyección primaria de corriente y tensión se debe utilizar si el barraje ya está energizado y las protecciones ya se alimentan de él.

Los procedimientos que se presentan a continuación se refieren a inyección secundaria. Si existen condiciones para realizar inyección primaria debe seguirse un procedimiento equivalente.

Para la inyección secundaria de corriente no es necesario desconectar el transformador de corriente. Si la instalación tiene puntos de prueba la fuente puede conectarse mediante su clavija con mango aislado, que se inserta en el bloque de prueba. Si no es posible lo anterior se desconecta el cable provisionalmente que va al relé, se le inyecta la corriente e inmediatamente después de la prueba se conecta en el mismo punto. Es necesario comprobar que la corriente del TC es puenteada en la bornera.

Para la inyección secundaria de tensión es indispensable desconectar el transformador de tensión para prevenir su energización desde el secundario. Por lo general esto es posible extrayendo los fusibles o abriendo los interruptores automáticos de protección.

En ningún caso deben sobrepasarse los límites de tensión corriente o tiempo de duración previstos por el fabricante.

6.9.8.2 Relés de sobrecorriente.

Con el montaje indicado en la Figura 16 se prueba cada unidad (temporizada e instantánea) de cada relé. Como la fuente puede resultar con sobrecargas momentáneas, conviene dejarla enfriar después de cada prueba.

Cuando se prueban los relés de fase, se cortocircuita provisionalmente la entrada de corriente de relé de tierra.

Para limitar las operaciones del interruptor, se produce disparo real con un relé de fase y el de tierra (unidades temporizadas). Para los otros se conecta una lámpara, de 100 W aproximadamente, en el circuito de disparo, en las borneras del interruptor. La señal a la RTU se prueba con una lámpara de 40 W - 120 V.

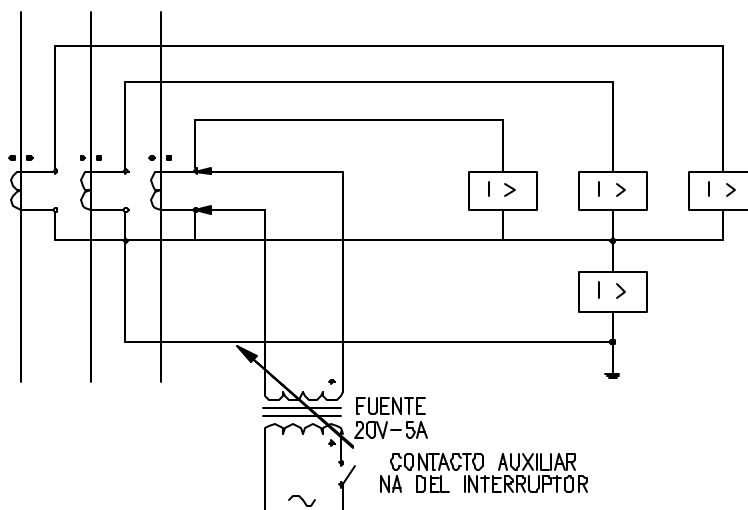
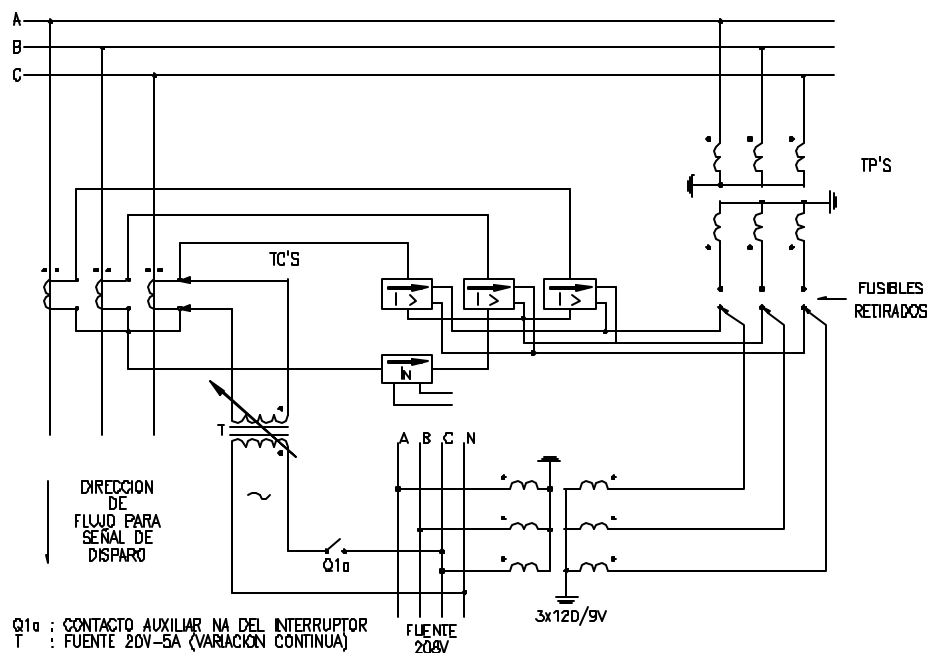


Figura 16. Esquema para prueba de relés de sobrecorriente de fase y tierra.

6.9.8.3 Relés direccionales.

Con los montajes indicados en la Figura 17 se prueba cada unidad de cada relé. El procedimiento es similar al indicado en la Figura 16. Una vez se ha producido la operación del relé direccional, se repite la prueba con la corriente invertida de polaridad, para comprobar que el relé no opera correctamente, es decir no cierra sus contactos de disparo.

Si el barraje esta energizado y no es posible desconectar las señales de tensión para conectar los transformadores auxiliares. (por ejemplo si hay alguna línea con relés direccionales o de distancia alimentados desde el mismo transformador de tensión), las señales de 9 V deben conectarse directa y únicamente a los relés bajo prueba. En este caso debe haber plena certeza de la forma como el relé esté conectado a los transformadores de tensión. (Existe certeza si previamente se ha realizado la prueba de correspondencia de fases en transformadores de tensión. Ver numeral 6.6.13).



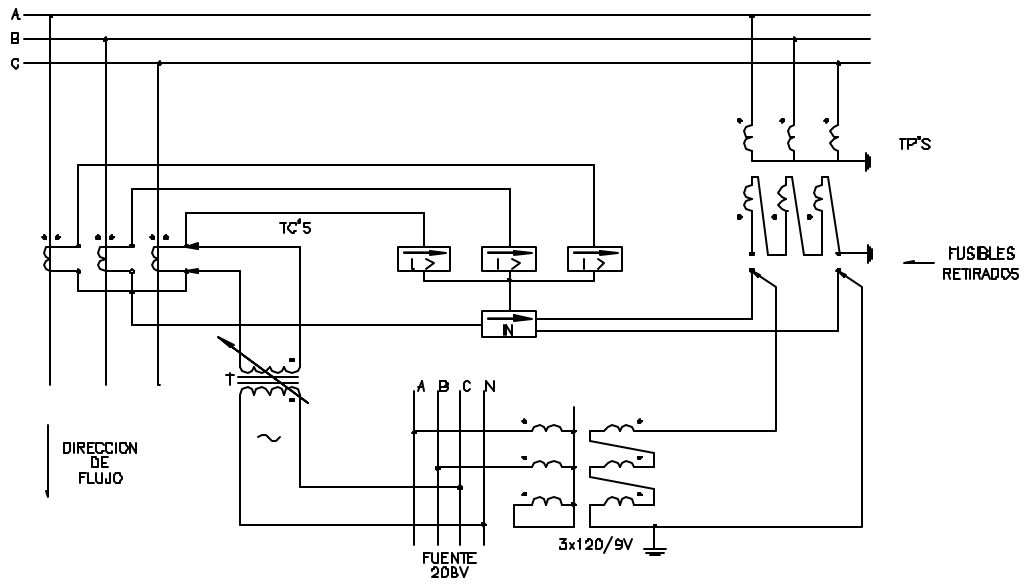


Figura 17. Operación total de relés direccionales.

6.9.8.4 Relés de distancia.

6.9.8.4.1 Unidades de fase.

Con el montaje de la Figura 18 se prueba la unidad para fallas B-C, alimentando los transformadores de corriente de B y C con la corriente I_b y $-I_b$ respectivamente.

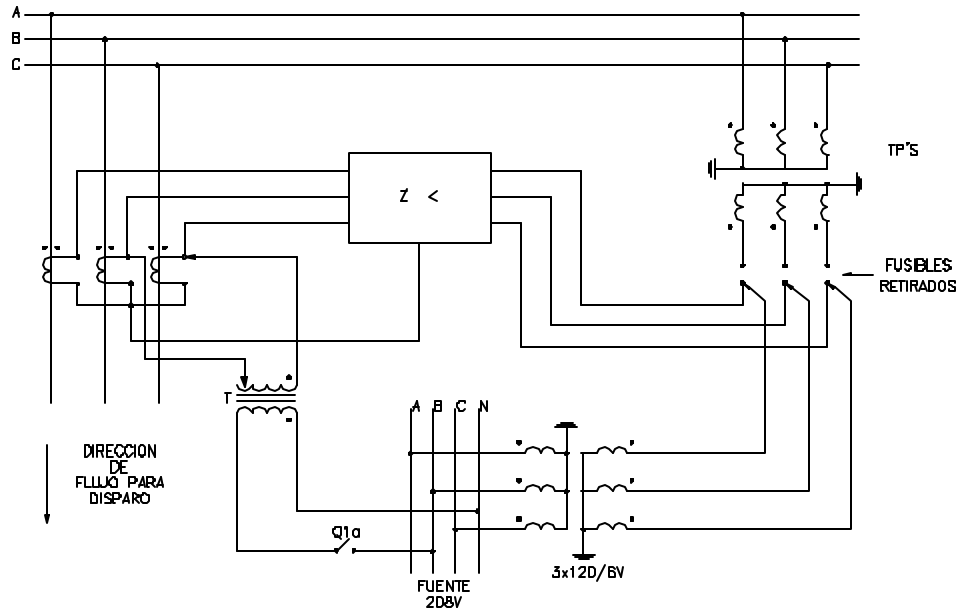


Figura 18. Operación total relé de distancia de fases (B-C).

Para probar las otras unidades las conexiones deben ser:

- Falla C-A, alimentar transformadores de corriente de C y A con I_c y $-I_c$ respectivamente.

- Falla A-B, alimentar transformadores de corriente de A y B con I_a y $-I_a$ respectivamente.

Una vez se ha producido la operación de relé de distancia la prueba con la corriente invertida de polaridad, para comprobar que no hay operación y que los contactos de disparo se bloquean.

La corriente inyectada debe ser de magnitud suficiente para que $Z=6/l/30^\circ$, esté dentro de la zona de operación.

Cuando se prueba la primera zona del relé, la inyección de corriente debe ser repentina. Para la segunda zona puede ser aumentando la corriente desde cero, pero a una velocidad superior a la temporización de la tercera zona. Para la tercera zona se aumenta la corriente desde cero, lentamente.

6.9.8.4.2 Unidades de tierra.

Con el montaje indicado en la Figura 19 se prueba la unidad para fallas C-N alimentando el transformador de corriente de C con la corriente $-I_b$.

Para probar las otras unidades de conexiones deben ser:

- Falla A-N, alimentar transformador de corriente de A con I_c .

- Falla B-N, alimentar transformador de corriente de B con $-I_a$.

Una vez se ha producido la operación del relé, se repite la prueba con la corriente invertida de polaridad, para comprobar que no hay operación.

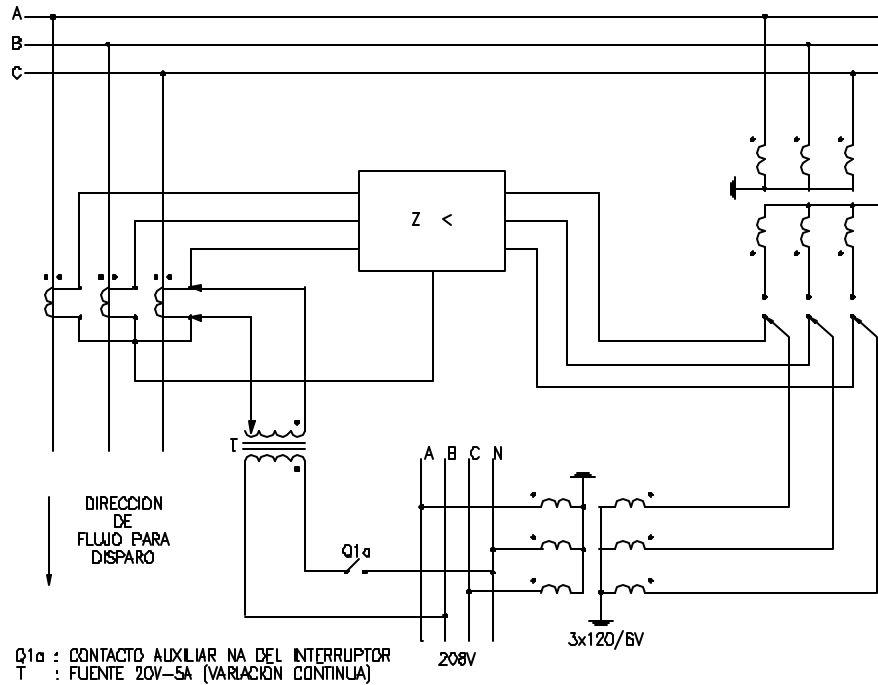


Figura 19. Operación total relé de distancia de tierra (C-N).

La corriente inyectada debe ser de magnitud suficiente para que $Z=6/I/60^\circ$, este dentro de la zona de operación.

Cuando se prueba la primera zona del relé, la inyección de corriente debe ser instantánea. Para la segunda zona puede ser aumentado la corriente desde cero, pero a una velocidad superior a la temporización de la tercera zona.

Para la tercera zona aumenta la corriente desde cero, lentamente. La prueba con apertura de interruptor solo se realiza una vez.

6.9.8.5 Relés diferenciales de transformador.

La prueba de corriente de los relés de protección descritas en 6.2.19 verifica la correcta conexión del relé diferencial. Para verificar la operación total se utiliza el montaje indicado en la Figura 20.

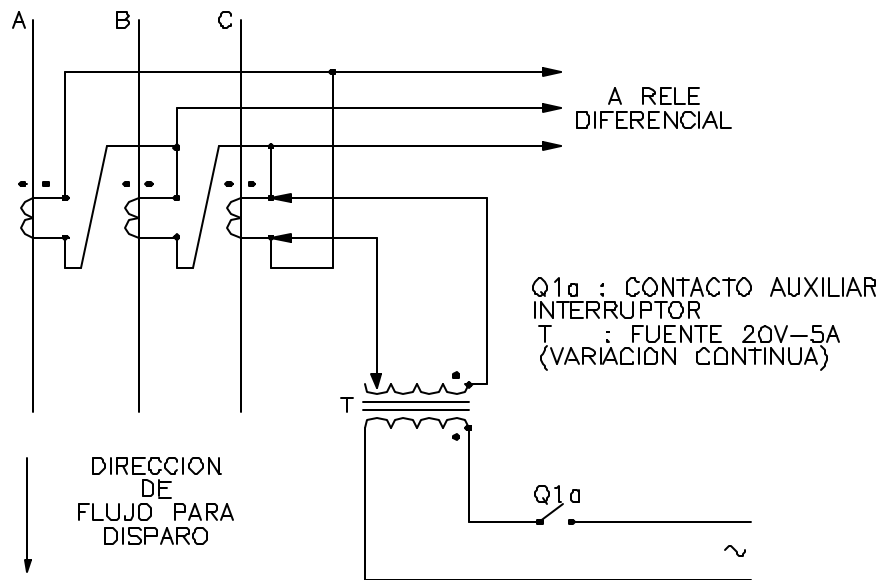


Figura 20. Operación total diferencial de transformador.

La prueba con apertura de interruptor se realiza una vez en cada lado del transformador.

6.9.8.6 Relés diferenciales de barras.

Debe realizarse con inyección primaria, con el montaje indicado en la Figura 21. Se toma como referencia un circuito, y los demás se prueban contra ese. Si hay dos o mas barras, la prueba se realiza en cada una, con varias combinaciones de circuitos conectados a la barra. Se hace inyección con falla interna (debe haber operación) y con falla externa (no debe haber operación). La corriente se sube lentamente y se determina el valor de operación. En la prueba con falla externa se determina la tensión (o corriente) en el elemento de operación del relé. (debe ser nula).

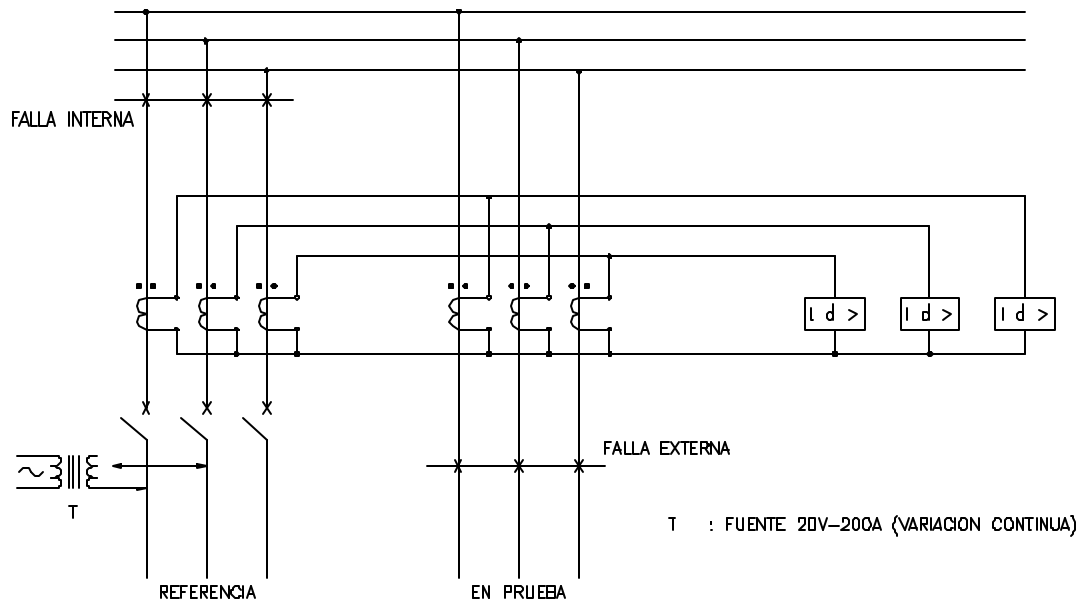


Figura 21. Operación total diferencial de barras. (Alta impedancia).

Si los relés no son de alta impedancia sino de corriente, el montaje para la prueba es el mismo., dado que se realiza inyección primaria.

La prueba debe hacerse para fallas AB, BC y CA.

La prueba de apertura de interruptor solo se realiza una vez en cada interruptor.

6.9.8.7 Relés de recierre.

El relé de recierre se prueba simultáneamente con la prueba de operación total del relé de protección.

Si el circuito probado requiere comprobación de sincronismo o canal de comunicación, deben simularse la operación de estos componentes.

Si el circuito probado requiere recibo de señal de operación del relé de protección del extremo opuesto, se utiliza el montaje de la Figura 22.

6.9.8.8 Relés de supervisión de circuitos.

Se abre momentáneamente el circuito supervisado y se verifica la alarma correspondiente.

6.9.8.9 Relés de verificación de sincronismo.

6.9.8.10 Teleprotección.

Con el montaje indicado en la Figura 22 se inyecta señal de operación a la unidad de la protección que utilice la teleprotección. Se comprueba que el disparo es de alta velocidad.

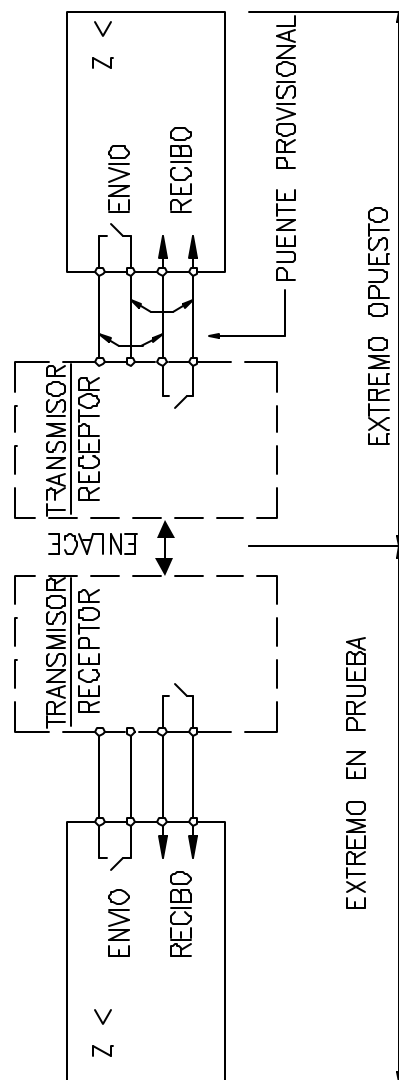


Figura 22. Esquema general envío y recibo de señales de teleprotección para una línea de transmisión.

6.9.9 Señales para los instrumentos de medida.

Con el montaje de la Figura 23 se compara la lectura de los instrumentos con las magnitudes inyectadas, se muestra la prueba para la fase A, para la cual se utiliza V_a y I_c .

Para las otras fallas se utiliza:

- Fase B se utiliza V_b y I_a (solo para instrumentos de tres elementos).
- Fase C se utiliza V_c y I_b .

La lectura de instrumentos vatimétricos es:

$P = 54 * I \cos 60^\circ * \text{Relación TP} * \text{Relación TC}$ (aproximadamente).

$Q = 54 * I \sin 60^\circ * \text{Relación TP} * \text{Relación TC}$ (aproximadamente).

Debe tenerse especial cuidado de conectar en la salida de los transductores el instrumento apropiado (mA o mV) según sea la salida, una salida para mA abierta o para mV en corto, dañan el transductor.

Al final se baja lentamente la corriente hasta cero para desmagnetizar el núcleo del transformador de corriente.

6.9.10 Inyección primaria de corriente.

Con una fuente variable de 20 V, 200 A se alimenta el primario de cada transformador de corriente, estando conectados todos los circuitos que alimenta el secundario. Con una pinza medidora de corriente se mide la corriente que recibe cada aparato en el respectivo tablero de medida o protección. Esta prueba conviene hacerla simultánea a las descritas para los transformadores de corriente:

PRUEBAS DE TABLEROS DE CONTROL

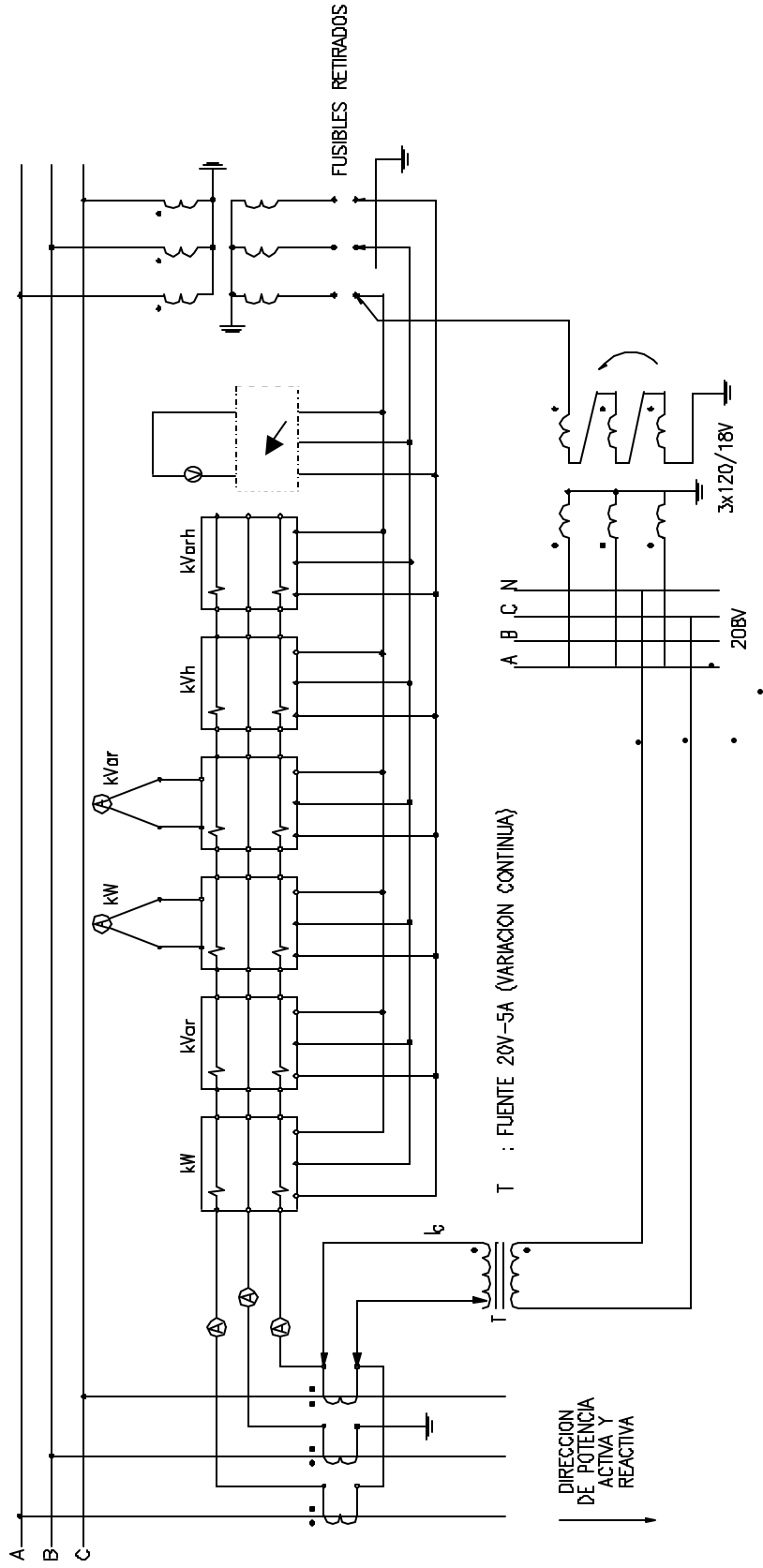


Figura 23. Señales para los instrumentos de medida.

- De relación.
- Impedancia en circuito secundario.
- Correspondencia de fases.

Los montajes utilizados se muestran en las Figuras 24 y 25.

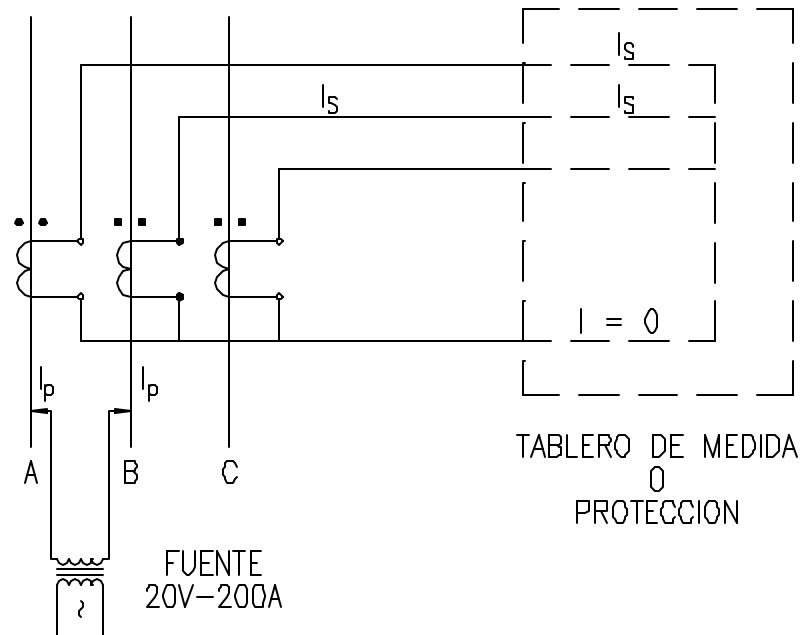


Figura 24. Inyección primaria a un Transformador de Corriente.

Cuando se alimentan los transformadores de corriente, Figura 25 no es posible discriminar en el tablero la correspondencia de fases respecto a los primarios, pero si se confirma que las polaridades de los dos transformadores de corriente son iguales, $I_n = 0$.

Una prueba completa incluye:

- Inyección a una fase individual, por ejemplo fase B, Figura 24. El circuito con corriente en el tablero corresponde a la fase B.

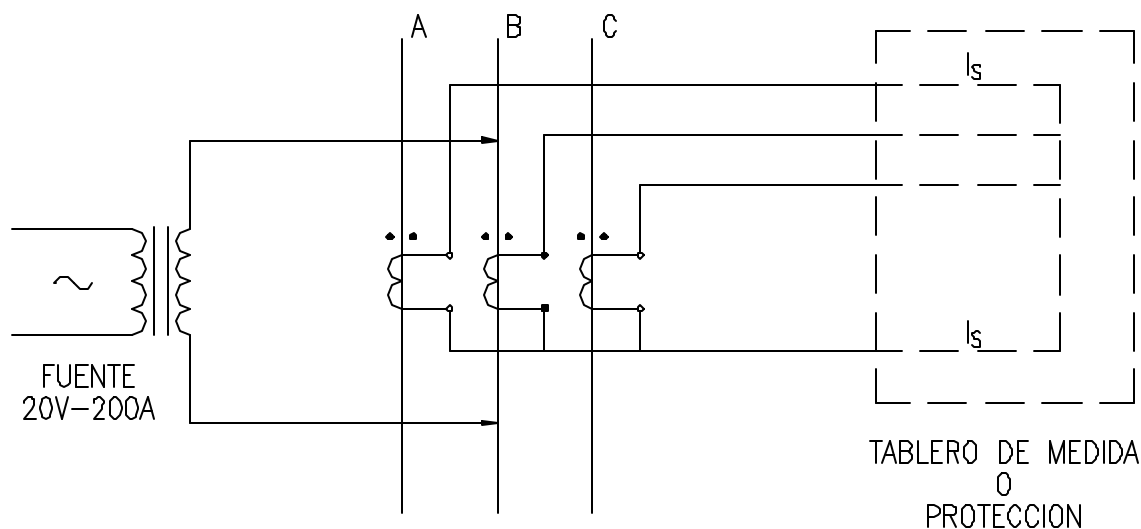


Figura 25. Inyección primaria a dos Transformadores de Corriente.

- Inyección a las fases A y B Figura 25. El circuito sin corriente en el tablero corresponde a la fase C.
- Inyección a las fases B y C, Figura 25. El circuito sin corriente en el tablero corresponde a la fase A.

Para evitar operación de las protecciones puede cortocircuitarse su entrada de corriente o utilizar magnitudes pequeñas de corriente.

Si la fuente utilizada no es de variación continua, luego de realizada esta prueba es necesario desmagnetizar los núcleos de medida.

Si la fuente es de variación continua, al terminar la prueba se reduce lentamente la corriente hasta cero.

6.9.11 Correspondencia de fases.

Con los montajes indicados en las Figuras 24 y 25, se comprueba la correspondencia de las fases de los primarios de cada transformador de corriente, con los respectivos aparatos en los tableros de medida y protección, según su identificación y diagrama.

6.9.12 Consumo.

Con el tablero alimentado normalmente todos los circuitos, se mide la tensión y corriente en cada interruptor automático o fusible de entrada.

6.9.13 Protección de circuitos.

Se conectan resistencias de cada circuito protegido con interruptores automáticos, de modo que produzcan una corriente de 2 a 3 veces la corriente de disparo térmico.

Se determina el tiempo aproximado de desconexión.

6.9.14 Iluminación.

Se verifica el funcionamiento de la iluminación del gabinete.

6.9.15 Calefacción.

Se verifica el funcionamiento de la calefacción y termostato del gabinete. Ningún cable debe quedar próximo a las resistencias.

6.9.16 Tomacorrientes.

Se prueba con una lámpara de 120 V – 100 W.

6.9.17 Aterrizaje del gabinete.

Se comprueba el correcto aterrizaje del gabinete.

6.9.18 Firmeza de conexiones.

Se prueban todas las conexiones de aparatos y borneras. Deben ser halados por 3 veces consecutivas con una fuerza de 3 a 4 daN. La conexión debe continuar firme. Si es necesario se acomoda nuevamente el terminal y se aprieta el tornillo de fijación.

6.9.19 Terminales.

Verificar todos los conductores tienen un terminal apropiado para el elemento al cual se conecten.

6.9.20 Marquillas.

Verificar que todos los conductores y cables multiconductores tienen las marquillas indicadas en los planos y especificaciones.

6.9.21 Aislamientos de cables.

Con Megger de 500 V se mide la resistencia de aislamiento de los cables de control a tierra de todos los conductores de las conexiones externas del gabinete. Todos los circuitos deben estar desenergizados. En los circuitos normalmente aterrizados, la prueba se realiza antes de realizar la conexión a tierra. Una medida aceptable es de más de 100 M Ω .

6.9.22 Aterrizaje de pantallas.

Se verifica que todas las pantallas tengan conexión a tierra.

6.9.23 Conexiones según diseño.

Se revisa que en la bornera de conexiones estén conectado todos los conductores indicados en el diagrama correspondiente.

6.9.24 Amarre de cables.

Se verifica que todos los cables individuales y multiconductores estén convenientemente amarrados entre si y a algún elemento de soporte del gabinete.

6.9.25 Placas de identificación.

Se verifica que los aparatos estén convenientemente identificados en el interior y en el exterior del gabinete. Las placas deben ser claras, duraderas y de excelente presentación.

6.9.26 Lógica funcional.

Se debe comprobar el correcto funcionamiento de todos los circuitos comandados por los tableros de control, medida y protección.

Con las pruebas de operación total de protecciones 6.9.8 y señales a instrumentos 6.9.9 se comprueba el funcionamiento de una buena parte de los circuitos, los cuales deben ser marcados en los diagramas correspondientes.

Los demás circuitos se deben hacer funcionar de acuerdo con las condiciones previstas en los diagramas esquemáticos. Como regla general cada circuito debe hacerse funcionar cuando se cumplen todas las condiciones previstas y debe comprobarse su correcto comportamiento cuando no se cumplen las condiciones previstas. (Prueba positiva y Prueba negativa).

Con un resaltador se marca en el diagrama esquemático, cada camino que se haya comprobado. En el formulario de resultados debe cosignarse la identificación del diagrama, la identificación del circuito y el resultado de la prueba.

Ningún relé de protección ni aparato automático debe ser forzado a una operación manual. Es preferible simular la operación de contactos, por ejemplo haciendo un puente en los terminales de salida del contacto correspondiente.

Cuando haya riesgo de que un arco deteriore algún terminal o bornera, los puentes pueden realizarse a través de una baja resistencia que no afecte el funcionamiento del circuito o de una alta resistencia que permita el paso de una corriente reducida que puede ser detectada en el final del circuito que se está probando.

6.9.27 Selectores y pulsadores.

Se verifica que en todas las posiciones los selectores y pulsadores del tablero cumplan la función para la cual fueron previstos.

6.9.28 Lámparas e indicadores.

Se verifica que todas las lámparas e indicadores mecánicos del tablero den correctamente la indicación para la cual fueron previstos.

6.9.29 Anunciadores de alarma.

Se verifica que todos los anunciadores de alarma den correctamente la indicación luminosa y sonora para la cual fueron previstos.

6.9.30 Limpieza y pintura.

Se verifica que el tablero este completamente limpio por dentro, en el exterior, en la tapa superior y sin objetos extraños. También se comprueba que no tenga ralladuras o desperfectos en la pintura.

6.9.31 Ajustes.

Las puertas y subpáneles deben ajustar correctamente. Todos los aparatos y componentes deben tener bien ajustados todos los pernos de fijación y disponer de las tapas previstas por el fabricante.

6.10 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE CELDAS DE MEDIA TENSION

6.10.1 Alcance.

Aplicable a celdas de distribución tipo de *metal-clad* o *metal enclosed*, con interruptor extraíble, tensión nominal 11,4 kV. Se indican las pruebas, procedimientos y diagramas, para realizarlas (Norma IEC 298). No es necesario repetir las pruebas asociadas a las celdas o sus componentes, cuando estas se realicen probando otros equipos o componentes, aunque si deben ser llenados los protocolos.

6.10.2 Tensión aplicada.

Con todos los interruptores en posición de servicio (cerrados), los pararrayos y transformadores de tensión desconectados, se efectúa la prueba de tensión aplicada con el siguiente valor de tensión:

$$V_{ap} = U_p \quad 60 \text{ Hz} - 1 \text{ minuto}$$

La tensión V_{ap} se aplica a cada fase del circuito principal contra otras fases + circuitos de baja tensión + partes metálicas + tierra.

Donde:

U_p = Tensión de prueba normal a frecuencia industrial 60 Hz, en condiciones atmosféricas *standard*. así:

Tabla 10. Tensión de prueba a frecuencia industrial para celdas de media tensión.

Tensión nominal Un (kV) :	13,8	17,5	24
Nivel de aislamiento (BIL)	75	95	125
Tensión de prueba Up (kV)	28	38	50

6.10.3 Resistencia de aislamiento.

Antes de cualquier conexión externa se mide con megger de 500 V la resistencia de aislamiento a estructura y entre circuitos independientes, de todos los circuitos. Todos los valores deben ser mayores de 100 MΩ excepto los que estén normalmente aterrizados.

6.10.4 Resistencia del circuito de media tensión.

Con interruptores en posición de servicio (cerrados) se mide la resistencia del circuito de media tensión de cada fase, desde el punto de entrada al punto de salida o desde el barraje al punto de salida. La prueba se hace antes de conectar los cables de potencia. El montaje utilizado es similar al indicado para interruptores. Los resultados se comparan entre si. El resultado de resistencia menor de 500 miliohm se puede considerar aceptable.

6.10.5 Interruptores.

- Mínima tensión de control.
Con un montaje similar al indicado en 6.9.7 se comprueba el cierre disparo de los interruptores con tensión de control entre 100 y 105 V.
- Presión mínima de SF6.
Al llenar de SF6 el interruptor se verifica la presión mínima de apertura de los contactos del presóstato. Se verifica que la presión y temperatura de SF6 estén de acuerdo con lo previsto por el fabricante (si es aplicable).
- Operación mecánica del extraíble.

Se inserta y se extrae tres veces el interruptor desde la posición de prueba hasta la posición de servicio (abierto). Ninguna parte debe presentar esfuerzos Indebidos.

- Resistencia de bobinas.
Se mide con un multímetro la resistencia de las bobinas de cierre Rc y apertura Rd.
- Indicador de posición.
Verificar correcta operación del indicador mecánico de abierto-cerrado.
- Contador de operaciones.
Verificar correcta operación. Durante la realización de las pruebas y verificaciones debe limitarse el número total de cierres a 10 aproximadamente, lo cual representa el 1 % de la vida útil del mecanismo.
- Estanqueidad del dieléctrico.
Comprobar durante mínimo de 4 días que no hay fugas de SF6 o de aceite.
- Tiempo de apertura y cierre del interruptor.
Se mide el tiempo transcurrido entre la energización de la bobina de cierre (o apertura) y el cierre (o separación) de contactos principales. Tal como se expuso para interruptores en el numeral 6.3.8
- Verificación de bloqueos.
Se verifica que todos los bloqueos de cierre o disparo, propios de algún control interno del interruptor operen correctamente.
- Mando local.
Se verifica que el Interruptor reciba la orden de cierre y de apertura localmente. Se mide el tiempo de retensado del resorte.
- Mando desde unidad terminal remota (RTU).
Se verifica que recibe orden de cierre y apertura desde la unidad terminal remota (RTU).
- Señales de posición.
Se verifica que existan señales de cerrado y abierto con el tablero local y en la unidad terminal remota (RTU).

- Consumo del motor.
Se mide tensión y corriente del circuito del motor en marcha.

- Alarmas.
Se utiliza un procedimiento similar al descrito en 6.3.36.

- Lubricación.
Se revisa que todos los elementos que lo requieren, tengan el lubricante adecuado.

- Calidad del SF6.
Se determina el contenido de humedad del SF6 (si es aplicable).
- Aterrizaje.
Se utiliza el procedimiento descrito para transformadores en el numeral 6.2.25. Adicionalmente en cada celda se mide continuidad entre las diversas secciones metálicas y la barra de puesta a tierra.

6.10.6 Transformadores de corriente.

Las pruebas de curva de excitación, aterrizaje de secundarios, relación, circuitos cerrados, impedancia en circuitos secundarios y correspondencia de fases, se realiza con procedimientos similares a los indicados en los numerales 6.5.9 y 6.5.14. La curva de excitación únicamente se determina para un transformador de corriente de cada tipo, que se utilice en el conjunto de celdas de la subestación.

6.10.7 Transformadores de tensión.

Aplicable lo anotado para transformadores de tensión en 6.6.3 a 6.6.14.

Las pruebas de aterrizaje de secundarios, relación, devanados sin cortocircuito, correspondencia de fases. se realizan con procedimientos similares a los indicados en el numeral 6.6.10.

- Extracción de los TP's
Se comprueba que los transformadores de tensión pueden ser extraídos sin presentarse esfuerzos indebidos (si es aplicable).

6.10.8 Resistencia de aislamiento de pararrayos.

Con megger de 1000 V se mide la resistencia del pararrayos, seccionando el circuito principal con el interruptor más cercano.

6.10.9 Verificación de características de protección.

- Generalidades

Es aplicable lo indicado en para operación total de protecciones en el numeral 6.9.4.1.

- Relés de sobrecorriente.

Es aplicable lo indicado para relés de sobrecorriente en el numeral 6.9.4.2.

- Relés de sentencia negativa.

Se prueban con corriente trifásica con secuencia a, b, c. con 2 veces el ajuste, y con secuencia a, c, b. con 1,1 veces el ajuste.

- Relés de frecuencia.

Se determina la tensión y tiempo de operación de cada paso.

- Verificación de instrumentos.

Es aplicable lo indicado en para verificación de instrumentos en el numeral 6.9.5.

- Impedancia en circuitos de alimentación.

Es aplicable lo indicado para esto en el numeral 6.10.5.

6.10.10 Operación total de protecciones.

- Generalidades

Esa aplicable lo indicado en el numeral 6.9.8.

- Relés de sobrecorriente.

Es aplicable lo indicado para relés de sobrecorriente en el numeral 6.9.8.2

- Relés de secuencia negativa.

El montaje y el procedimiento es similar al indicado para relés de sobrecorriente. En este caso se prueba cada fase separadamente, de modo que en cada prueba el relé recibe corriente de secuencia positiva, negativa y cero. Para evitar operación del relé de tierra, se corto-circuita provisionalmente su entrada de corriente.

- Relés de frecuencia.
Desconectando previamente los transformadores de tensión, se alimenta su entrada de tensión con una fuente de tensión variable. Para limitar las operaciones de los interruptores, se produce disparo real con un solo paso, o se prueba la señal de disparo con una lámpara. Solo deben abrir los interruptores seleccionados.

- Relés de recierre.
Es aplicable lo indicado en el numeral 6.9.8.7.

- Señales a instrumentos.
Es aplicable lo indicado en el numeral 6.9.9.

- Inyección primaria de corriente
Es aplicable lo indicado en el numeral 6.9.10.

6.10.11 Consumo normal.

Con el grupo de celdas alimentado normalmente, se mide la tensión y corriente en cada Interruptor automático o fusible de la entrada principal.

Las pruebas de protección de circuitos, iluminación, tomacorrientes, firmeza de conexiones. Terminales, marquillas, aislamiento de cables, aterrizaje de pantallas, conexiones según diseño. placas de identificación, lógica funcional, selectores, pulsadores, lámparas, indicadores. anunciadores de alarma se realicen con un procedimiento similar al indicado en el numeral 6.9.13 al 6.9.29.

6.10.12 Continuidad del piso.

Se verifica que el piso de todas las celdas tenga las tapas adecuadas al grado de protección del gabinete. Especialmente debe unificarse que en los sitios de entrada de cables de control y potencia, no queden orificios que permitan la entrada de animales u objetos extraños.

Para las verificaciones de limpieza, pintura y ajustes es aplicable lo indicado en los numerales 6.9.30. y 6.9.31.

6.10.13 Pruebas adicionales.

Se deben realizar las pruebas no indicadas anteriormente pero que están prescritas por el fabricante de las celdas.

6.11 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE CARGADORES DE BATERÍAS

6.11.1 Alcance.

Aplicable a cargadores de baterías de tensión constante, con conexión flotante a las baterías y a los servicios auxiliares de corriente continua, de subestaciones de tensión de 33 kV o más. Se indican las pruebas, procedimientos y diagramas para la realización de las pruebas. No es necesario repetir las pruebas asociadas a cargadores, cuando se realicen probando otros equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos correspondientes.

6.11.2 Generalidades.

Las pruebas a los cargadores se deben realizar antes y durante el primer ciclo carga/descarga de baterías, cuando los dos componentes se ponen en servicio simultáneamente.

6.11.3 Resistencia de aislamiento.

Antes de las conexiones exteriores, se mide la resistencia de aislamiento con megger de 500 V entre:

- Terminales de entrada de corriente alterna contra partes metálicas + tierra.
- Terminales de entrada de corriente alterna contra terminales de salida de corriente continua + tierra
- Terminales de salida de corriente continua contra terminales de entrada de corriente alterna +tierra.
- Terminales de salida de corriente continua contra partes metálicas +tierra.

Las resistencias de aislamiento deben estar por encima de 100 M Ω .

Para la realización de la prueba deben corto-circuitarse los semiconductores, condensadores y controles. Las tarjetas de circuitos impresos deben ser extraídas. La conexión a tierra del detector de fallas a tierra debe desconectarse.

6.11.4 Ajuste de tensión.

Con el cargador y las baterías conectados normalmente al sistema de distribución de corriente continua, se conectan circuitos de consumo de tal potencia que la corriente entregada por el cargador sea 1/2 de su corriente nominal.

Con el cargador operando en modos de flotación e igualación, medir la tensión en los terminales de las baterías y la caída de tensión entre el cargador y las baterías. La tensión medida en baterías en cada modo (flotación e igualación) debe ser la requerida por el fabricante de las baterías. (Como referencia se dan los rangos de tensión indicados por la norma NEMA PE5-1993: por celda con 25 °C de temperatura ambiente).

Tabla 11. Rangos de tensión para baterías.

Tipo	Tensión de flotación (V)	Tensión de igualación (V)
Plomo-Antimonio	2,15 - 2,19	2,25 - 2,35
Plomo-Calcio	2,17 - 2,25	2,30 - 2,40
Niquel-Cadmio	1,35 - 1,45	1,50 - 1,60

Se mide para cada modo, la tensión y corriente en los terminales de entrada de corriente alterna del cargador. Se verifican las indicaciones de los instrumentos propios del cargador, con patrones conectados al mismo circuito.

6.11.5 Prueba en vacío.

Con el cargador distribución de consumo y las baterías conectados normalmente al sistema de distribución de corriente continua, sin conectar ningún circuito de consumo, medir la tensión de flotación en los terminales de las baterías. Esta tensión debe ser la requerida por el fabricante de las baterías (o estar en los rangos indicados).

6.11.6 Tensión de ondulación.

Cuando las baterías están completamente cargadas, se conectan circuitos de consumo resistivos de tal potencia que la corriente entregada por el cargador sea corriente nominal. Con un osciloscopio o con un multímetro de ca provisto de filtro para bloquear la corriente continua, se determina el valor pico-pico. o rms de las ondulaciones de tensión en los terminales de la batería. El valor medio debe estar dentro de los límites previstos por el fabricante del cargador. Se mide tensión corriente en la entrada del cargador.

6.11.7 Alarmas.

Los dispositivos que pueden ser operados directamente, se operan y se verifica que produzca la alarma y/o señal a la RTU.

Los dispositivos que no puedan ser operados directamente, las pruebas son similares, pero se simula su operación puenteando el contacto correspondiente. Debe evitarse que la conexión o desconexión del puente produzca arco que deteriore el terminal.

6.11.8 Ventilación.

Se verifica que no haya obstrucciones a la ventilación natural del cargador.

Las pruebas de aterrizaje del gabinete, firmeza de conexiones, terminales, marquillas, aislamiento de cables, aterrizaje de pantallas, se realiza en forma similar a la indicada para transformadores en los numerales 6.2.32.

6.11.9 Conexiones según diseño.

Se revisa que en la bornera de conexiones estén conectados todos los conductores indicados en el diagrama correspondiente.

6.11.10 Control automático.

Al realizar las pruebas con modo de operación igualación no deben sobrepasarse los límites permitidos por las baterías (tensión y temperatura).

Con el cargador operando en modo de IGUALACIÓN, se comprueba que una vez transcurrido el tiempo ajustado, el modo de operación pasa automáticamente a flotación. (Si es aplicable).

Con el cargador operando en modo de FLOTACIÓN, se comprueba que una vez cumplidas las condiciones previstas por el fabricante del cargador (falta de alimentación de corriente alterna, descarga rápida de baterías, etc., el de operación pasa automáticamente a IGUALACIÓN y posteriormente pasa automáticamente a FLOTACION. (Si es aplicable).

6.11.11 Limpieza y pintura

Se verifica que el gabinete este completamente limpio interior y exteriormente, sin objetos exteriores. También se comprueba que no tenga ralladuras o desperfectos en la pintura.

6.11.12 Pruebas adicionales.

Se deben realizar las pruebas no indicadas anteriormente pero que estén prescritas por el fabricante del cargador de baterías.

6.12 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE BANCOS DE BATERÍAS

6.12.1 Alcance.

Aplicable a bancos de baterías para conexión flotante y cargador y a los servicios auxiliares de corriente continua de subestaciones de 33 kV o más. Se indican las pruebas, procedimientos y diagramas para la ejecución de las pruebas, y formularios de resultados (Según Norma IEC 896).

No es necesario repetir las pruebas asociadas a las baterías, cuando estas se realicen probando otros equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos correspondientes.

6.12.2 Revisión antes de carga.

- Conexiones.

Antes de conectar las baterías hacia el cargador, con los extremos de los cables conectados al aparato correspondiente, pero abierto el interruptor de entrada, se mide resistencia de aislamiento entre cables y a tierra con megger de 1000 V, durante 1 minuto.

Se verifican todas las conexiones entre celdas y hacia el exterior. comprobando que no estén flojas y estén debidamente aisladas.

- Polaridad y tensión.

Se mide la tensión y polaridad de cada celda.

- Densidad y temperatura.

Se mide densidad del electrolito, temperatura del electrolito y temperatura ambiente. Se verifica que estén dentro de los límites prescritos por el fabricante.

- Nivel.
Se comprueba que el nivel del electrolito este en los limites prescritos.
- Ventilación.
Se comprueba que el cuarto de baterías tenga ventilación natural o forzada. y esta funciona correctamente, sin obstrucciones.
- Revisión de soportes y celdas.
Se verifica que los soportes sean firmes y estén fijados al piso según las instrucciones del fabricante.
Se revisan visualmente todas las celdas para comprobar que no tengan fisuras, escapes o deformaciones. Todas deben tener la identificación prevista por el fabricante.
- Limpieza y pintura.
Se verifica que al conjunto de soporte y celdas esté completamente limpio, sin objetos extraños. También se comprueba que no tengan rayaduras o desperfectos superficiales.

Se verifica que el cuarto de baterías esté completamente limpio, sin objetos extraños.

6.12.3 Carga inicial.

Se realiza de acuerdo con las instrucciones del fabricante de baterías.

No se debe conectar ningún circuito de consumo propio de la Subestación. Si se requiere consumo. se utilizan resistencias separadas.

Se toman datos al menos cada hora de temperatura del electrolito. temperatura ambiente. densidad. nivel, tensión de cada celda. tensión total del banco y corriente de carga.

6.12.4 Prueba de descarga.

Cuando las baterías estén completamente cargadas y listas para su normal funcionamiento, se desconecta la alimentación de corriente alterna del cargador de baterías, y cualquier resistencia de carga que se haya eventualmente conectado. Se registra la tensión de cada celda. y en terminales del banco. Se dejan en este estado durante dos horas. al cabo de las cuales se conectan

resistencias de consumo de modo que la corriente de carga sea numéricamente igual a 1/8 de su capacidad en amperios hora. $\pm 10\%$.

Se deja descargar el banco de baterías, registrando cada hora temperatura del electrolito, temperatura ambiente, densidad de las celdas, tensión de cada celda. tensión total del banco y corriente de descarga.

La prueba termina cuando se llegue al primero de los siguientes estados:

- Tensión de alguna celda igual o inferior a la mínima tensión de descarga. de acuerdo con la información del fabricante.
- Se cumplan 10 horas de descarga.

Al final se desconectan las resistencias de consumo y se miden todos los valores mencionados, para todas las celdas.

Se comparan los valores de tensión final de descarga de cada celda y densidad del electrolito, con los prescritos por el fabricante para la condición de descarga más próxima a la realmente realizada.

6.12.5 Carga final.

Se cargan nuevamente las baterías de acuerdo con las instrucciones del fabricante de baterías. No se debe conectar ningún circuito de consumo propio de la subestación. Si se requiere consumo, se utilizan resistencias separadas.

Cuando las baterías están completamente cargadas y listas para su normal funcionamiento, se mide la tensión en los terminales de la batería, tanto para operación del cargador en FLOTACION como en IGUALACIÓN.

Estando en flotación se desconecta momentáneamente la alimentación c.a. del cargador, y se mide la tensión U , en terminales de la batería.

De la curva de descarga obtenida en 6.12.5 se obtiene el tiempo comprendido entre la tensión U_0 , y la mínima tensión de descarga.

La tensión de IGUALACIÓN debe ser menor o igual 1,1 veces la tensión nominal de los equipos de la subestación.

La tensión mínima de descarga del banco debe ser mayor o igual a 0,95 veces la tensión nominal de los equipos de la subestación. El tiempo de descarga desde U_0 hasta la tensión mínima de descarga debe ser mayor o igual a horas.

Terminada la prueba se conectan los circuitos de consumo propios de la subestación. Bajo ninguna circunstancia se debe permitir que la tensión hacia los circuitos de la subestación sea mayor a 1,1 veces su tensión nominal.

6.12.6 Consumo.

Estando todos los circuitos de la subestación normalmente alimentados, se mide tensión y corriente total hacia los circuitos de consumo, con alumbrado de emergencia y sin alumbrado de emergencia.

6.12.7 Pruebas adicionales.

Se deben realizar las pruebas no indicadas anteriormente pero que estén prescritas por el fabricante de las baterías.

6.13 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE PARARRAYOS

6.13.1 Alcance.

Aplicable a pararrayos de oxido metálico, trabajo pesado de intemperie, para subestaciones con tensión nominal mayor a 33 kV, y a contadores de descarga para los mismos. Se indican las pruebas, procedimientos y diagramas para ejecutar las pruebas (De acuerdo a lo establecido en la Norma IEC 99). No es necesario repetir las pruebas asociadas a los pararrayos cuando estas se realicen probando otros equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos correspondientes.

6.13.2 Resistencia de aislamiento.

Con megger de 1000 V se mide durante 1 minuto la resistencia de aislamiento entre el terminal de alta y de tierra. El valor debe ser mayor de 1000 MΩ.

6.13.3 Tensión aplicada.

Antes de conectar la estructura de soporte o el terminal correspondiente a tierra, se aplica una tensión igual a la máxima tensión continua de operación - MCOV (o 40 kV si esta tensión es mayor de 40 kV), entre el terminal de alta y el de tierra. El procedimiento de medida es similar al indicado para interruptores en el numeral 6.3.5.

6.13.4 Firmeza de conexiones.

Se prueban las conexiones de alta y de tierra. Deben ser haladas tres veces consecutivas con una fuerza de 10 a 20 daN. La conexión debe continuar firme.

Para verificar el aterrizaje del pararrayos (o del contador de descargas). se utiliza el procedimiento descrito para transformadores en el numeral 6.2.25.

6.13.5 Corriente con tensión de servicio.

Energizado el pararrayos con tensión de servicio se mide la corriente de fuga a tierra, con una pinza reductora apropiada para la corriente esperada. Si hay contador de descargas, este debe estar cortocircuitado con un conductor No 8 AWG, el cual se conecta y desconecta con el pararrayos desenergizado, o con precauciones suficientes para conservar un aislamiento de 10 kV entre el operario y el terminal del pararrayos. Esta prueba se requiere si la prueba de tensión aplicada se ha realizado con senos del MCOV.

6.13.6 Contador de descargas.

- Operación.

Con un megger de 5000 V se carga un condensador de 4 uf. Rápidamente se desconecta el condensador del megger y se descarga con el contador de descargas. El contador debe registrar la operación (Figura 26).

- Aislamiento.

Con una chicharra se comprueba que el terminal del contador conectado al pararrayos no tiene conexiones a tierra.

6.13.7 Pruebas adicionales.

Se deben realizar las pruebas no indicadas anteriormente pero que están prescritas por el fabricante del pararrayos o el contador de descargas.

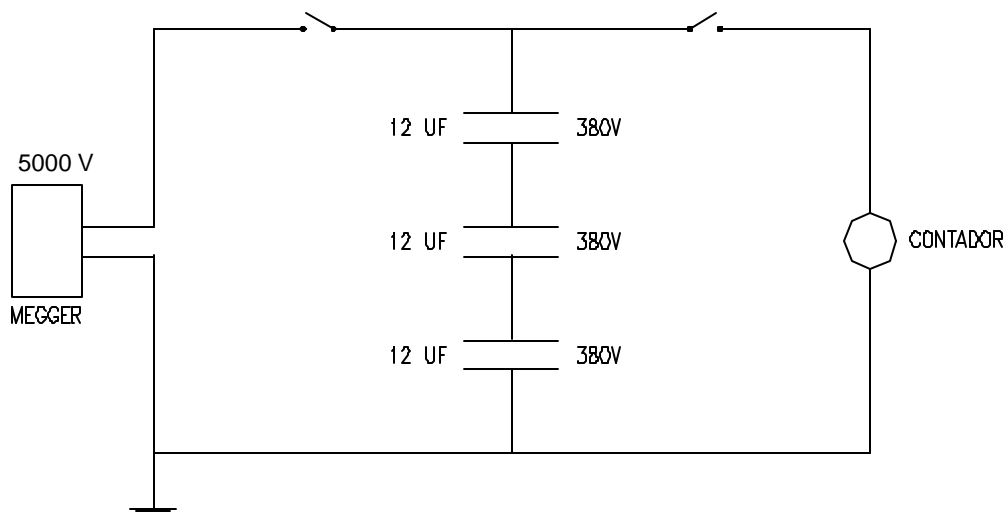


Figura 26. Circuito típico para contador de descargas.

6.14 PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO DE MALLAS DE TIERRA

6.14.1 Alcance.

Aplicable a mallas de tierra en cobre No 2/0 y 4/0. en subestaciones con tensión mayor a 33 kV. Se indican pruebas, procedimientos y diagramas para ejecutar las pruebas. No es necesario repetir las pruebas asociadas a la malla de tierra cuando estas se realicen probando otros equipos, aunque si deben ser llenados los protocolos correspondientes.

6.14.2 Pruebas a conectores.

- Generalidades.

Se debe probar al menos un conector o terminal de cada tipo empleado en el sistema de puesta a tierra. Si se utilizan más de 50 de un mismo tipo, se prueba uno por cada 50 ó fracción de 50.

Los ejemplares que se prueben deben ser instalados con la misma técnica y las mismas condiciones de los que conforman el sistema.

Se realiza una conexión de cada tipo en un conductor, de modo que a cada lado de la conexión quede un tramo de cable de 2 metros. Pueden realizarse varias conexiones en serie, separadas dos metros.

Si alguna conexión falla una prueba, deberá repetirse la prueba a cinco conectores similares. Si se han instalado en el sistema conexiones similares a una que falle la prueba, la muestra adicional se toma de las conexiones ya instaladas. Si en la segunda prueba se da una nueva falla, se rechazan todas las conexiones iguales a esa.

Las pruebas se realizan en conectores exotérmicas o de comprensión que unen dos conductores y en terminales de cable del tipo de comprensión y ojo.

- Calentamiento

Se hacen circular 200 A aproximadamente por el arreglo cable-conexión. Cuando la temperatura haya estabilizado, la temperatura en cualquier punto de la conexión será inferior a la de sectores del cable distantes un metro. La fuente de corriente puede ser de 20 V-200 A con variación, o 120 V-200 A fija con resistencias o inductancias limitadoras. Como inductancias limitadoras se puede usar un carrete o cable aislado No 4/0 AWG-Cobre, o equivalente, al cual se le halla medido la impedancia a 60 Hz por el método $Z=V/I$.

La prueba se realiza en conectores y terminales. Para probar terminales se utilizan dos, cada uno con un tramo de cable.

- Firmeza de conexiones.

- Terminales de ojo para cable No 4/0 AWG: El terminal con el tramo de cable se somete a una tensión de 100 daN aproximadamente durante cinco minutos. No debe deformarse el terminal ni aflojarse el cable.

- Conectores para dos o más cables: Los tramos de cable se someten a una tensión de 20 daN aproximadamente durante cinco minutos, sin que se desprenda ningún tramo.

6.14.3 Medida de resistencia.

La malla no debe tener conectados equipos energizados.

Se utiliza un megger para medición de resistencia. Los electrodos auxiliares de corriente y tensión deben estar retirados de la sección más cercana de la malla de tierra al menos 50 metros, para evitar que se superpongan los potenciales.

La medida se realiza de acuerdo con las instrucciones del aparato utilizado, por lo menos en dos direcciones opuestas, y el valor entre medidas no debe diferir en más del 50 %. El valor promedio no debe ser superior a 1 ohm.

6.14.4 Tensión de paso y de contacto.

La malla no debe tener conectados equipos energizados.

Se requiere inyectar a la malla una corriente mayor de 20 A, 60 Hz, a través de las estructuras metálicas conectadas a ella. Para esta inyección se requiere construir un electrodo auxiliar de resistencia menor de 6 ohm, a una distancia mayor de 200 metros desde la sección más cercana de la malla (Las estructuras de las líneas con el cable de guarda conectado a la malla y a la estructura, se consideran parte de la malla).

El electrodo auxiliar consta de por lo menos cuatro varillas de tres metros interconectadas. La fuente debe ser de 208 a 480 V, sin neutro aterrizado. (Figura 27).

La inyección a la malla bajo prueba se realiza en dos bases metálicas de los equipos de patio, estructuras de líneas y barrajes, celdas de distribución, malla de cerramiento.

En las cercanías de la parte metálica con corriente, se mide la tensión de paso y la tensión de contacto en un circuito que simula el cuerpo humano así:

Resistencia del cuerpo $R = 1000 \text{ ohm} - 10W$.

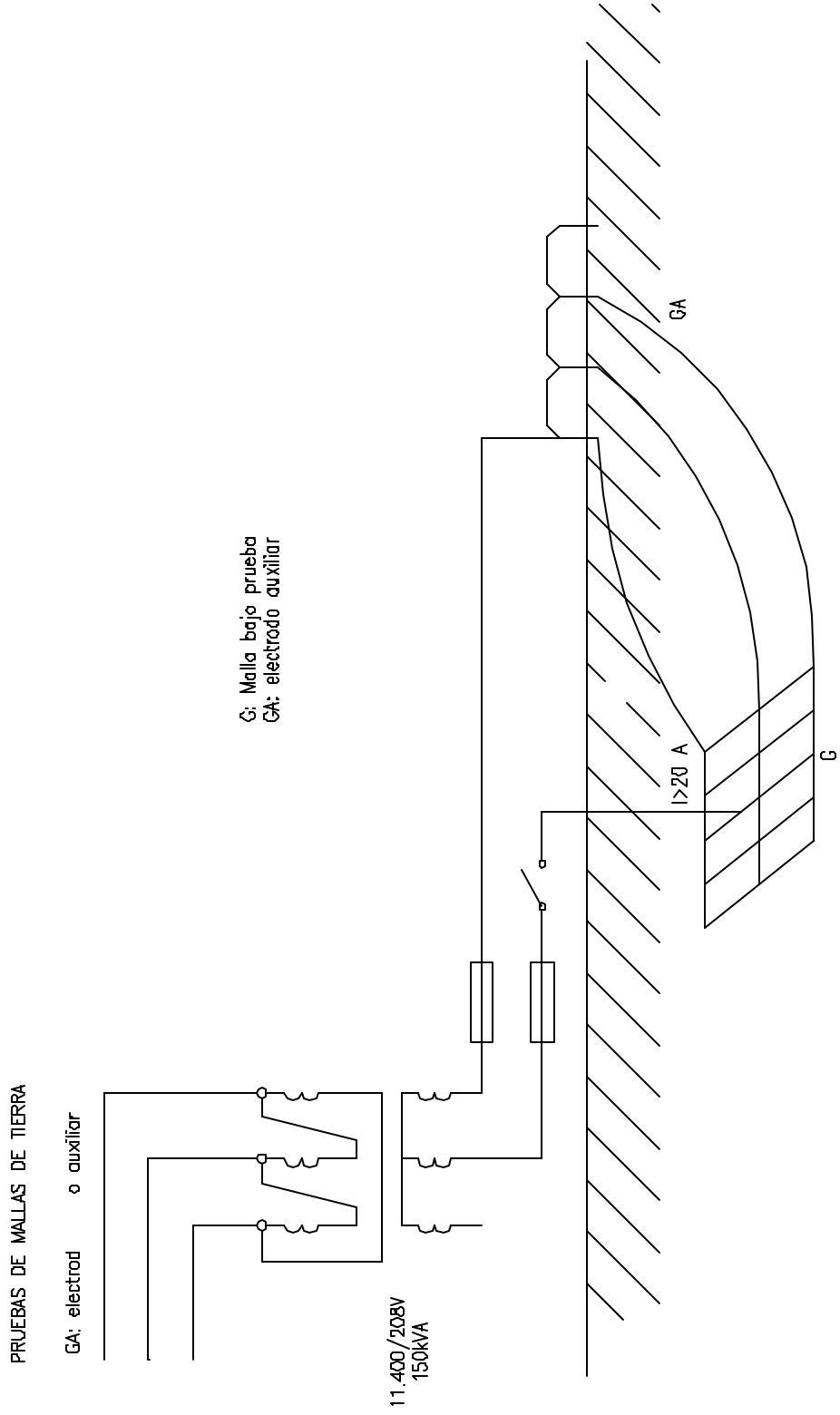


Figura 27. Circuito de inyección de corriente para prueba de mallas de tierra.

Contacto de cada pie al piso: Bloque con mesa de 20 kg aproximadamente y base circular metálica de 16 cm de diámetro (200 cm² aproximadamente).

En la figura 28 se muestran los circuitos de medida.

El voltímetro debe tener 1 MΩ de impedancia o más y escalas desde 200 mV.

Los bloques de 20 kg pueden ser de concreto, sobre un disco metálico de diámetro 16 centímetros. Para mejorar el contacto con el piso, se intercala entre el disco y el piso un trozo de esponjilla metálica muy fina, o tela semiconductor.

- Para tomar la peor condición, el terreno debe estar húmedo.
- Para evitar resecamiento en el electrodo auxiliar, debe mantenerse húmedo.

La tensión medida debe multiplicarse por la relación entre la capacidad de interrupción de los Interruptores, a la corriente inyectada. Así se obtienen las tensiones reales que resulten con la máxima corriente de falla.

Los límites permitidos son:

Tensión de contacto:

$$65V / \sqrt{t}$$

Tensión de paso :

$$125V / \sqrt{t}$$

t : Tiempo de operación de las protecciones de respaldo.

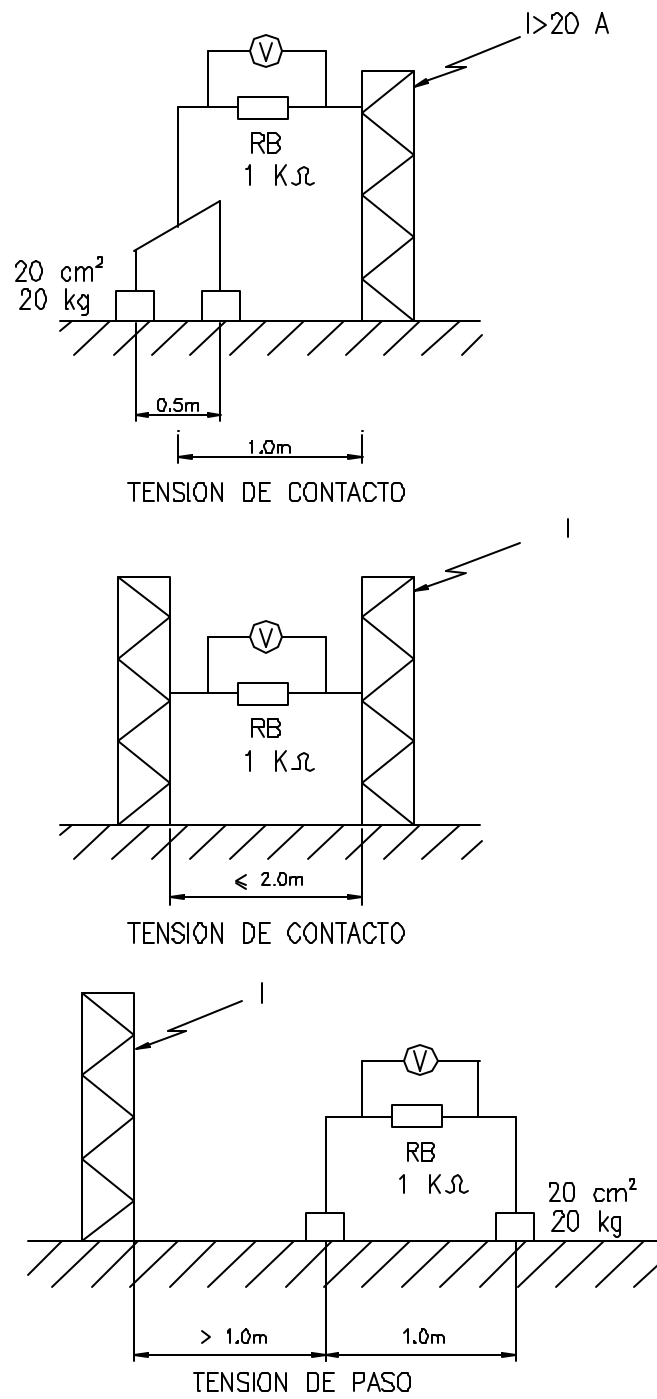


Figura 28. Esquema para la medición de tensión de paso y de contacto.

Los principales sitios para realiza las mediciones son los de más frecuente contacto con personal (puertas, seccionadores. celdas de distribución, interruptores, contadores de descarga) y los sitios exteriores con acceso público (esquinas de malla de cerramiento, borde de la malta de tierra).

6.14.5 Pruebas adicionales.

Se deben realizar las pruebas no indicadas anteriormente pero que estén prescritas por el fabricante de conectores de malla de tierra.

7. CONCLUSIONES

Es indispensable tener conocimientos del idioma inglés, pues la mayoría de la información suministrada por los fabricantes en los manuales de montaje y tablas de cableado, al igual que la mayor parte de las normas aplicadas en este manual se encuentran en este idioma.

Durante la ejecución de la obra se presentan actividades que se constituyen en riesgosas, tanto para las comunidades como para las personas que adelantan la obra. Para prevenirlas, se deben adoptar las medidas necesarias que minimicen el riesgo a que se ven sometidos unos y otros, por lo que es importante informar a la comunidad con anticipación el tipo de obra, los riesgos durante la construcción y posterior operación, de igual forma es importante implementar el plan de manejo ambiental con el fin de minimizar los impactos ambientales que se puedan ocasionar en la ejecución del proyecto.

Es de vital importancia realizar cuidadosamente cada uno de los procedimientos enunciados para el desarrollo de las obras civiles, pues esto podrá evitar pérdidas de tiempo y retrasos de la obra por demoliciones o por adecuaciones adicionales que generarían sobre costos en el proyecto.

El adecuado montaje de los equipos al igual que la correcta ejecución de las pruebas de puesta en servicio de los mismos, garantiza una correcta operación de estos y evita salidas o cortes innecesarios después de energizada la subestación.

Vale la pena resaltar que siendo uno de los equipos más importantes y costosos de la subestación, el Transformador de Potencia debe ser tratado con especial cuidado, recordando que la vida útil de este depende de su aislamiento, y que su enemigo número uno es el agua, se deben prever todos los cuidados necesarios para evitar que este adquiera humedad o sufra algún deterioro por una errónea manipulación.

De otra parte hay que recordar que el objetivo de los sistemas de protección consiste en reducir la influencia de las fallas en el sistema, hasta el punto que no se produzcan daños importantes en los equipos o redes, ni tampoco se ponga en peligro seres humanos o animales, he aquí la necesidad

de tener especial cuidado con estos sistemas, realizando adecuadamente sus conexiones, pruebas e implementando un adecuado estudio de coordinación de protecciones.

Conocer las normas relacionadas con el tema facilitará la toma de decisiones y ofrecerá las herramientas necesarias para realizar los cambios que fueren necesarios en el momento de la ejecución de los trabajos, es importante tener en cuenta que aunque los procedimientos existan, también existen las excepciones de los mismos.

Es necesario recordar que un buen proyecto es esencial para una buena ejecución de la obra y puede influir en el plazo y los costos más que otros factores. Pero tampoco puede pedirse al proyecto que prevea todo, y siempre quedaran factores que requerirán reajustes no incluidos en él.

Es de anotar que los valores referenciados en este manual están dados de acuerdo a las recomendaciones de CODENSA S.A E.S.P, por lo tanto son de carácter indicativo y no limitativo.

Para finalizar y cumpliendo con los objetivos propuestos al inicio de este Manual, se recomienda adoptar políticas en las Universidades tendientes a desarrollar cátedras orientadas a la construcción y montaje de subestaciones, pues aunque en este momento la demanda de energía eléctrica en nuestro país se encuentra en descenso, debido a la crítica situación económica por la cual se atraviesa, se espera la reactivación del consumo en los próximos cinco años y con esto se reanudarán las construcciones de centros de transformación y distribución de energía eléctrica en el país con mayores exigencias tecnológicas.

BIBLIOGRAFÍA

BELLO REBOLLEDO, Luis Eduardo. Verificación en campo de las características de los equipos de potencia, medida, control y protección para mantenimiento de subestaciones a 115 kV. Bogotá; Universidad de la Salle. Biblioteca. 2001.

CATALOGOS DE FABRICANTES, ABB, ASEA, MAGRINI GALILEO, SIEMENS, MESA GATICA, ALTOM, RADE KONKAR, GENERAL ELECTRIC, GROUPE SCHNIEDIER, MITSUBISCH, MINEL, SEL SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES INC, COMPTON GRAVE, HAPAM, OSAKA.

DONALD G, Fink/ H. WAYNE Beaty. Manual de Ingeniería Eléctrica. México: McGraw Hill. 1996.

ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. Elementos de diseño de subestaciones eléctricas. México: Editorial Limusa. 1990.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.

NTC 1486. Documentación. Presentación de tesis de grado, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. ICONTEC.1996.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.

NTC 100. Metrología. Sistema internacional de unidades. ICONTEC.1993.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.

NTC 1075. Documentación. Numeración de divisiones y subdivisiones de documentos. ICONTEC.1994.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.

NTC 14001. Sistemas de administración ambiental. Especificaciones con guía para uso. ICONTEC.1997.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.

NTC 14004. Sistemas de administración ambiental. Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo. ICONTEC.1997.

MANUAL FOR TRANSFORMER TESTING. Ref AC69055. Fuji electric Co Ltd. Tokyo: 1983.

NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. NSR-98.
Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia. 1998.

MARTINEZ BERMUDEZ, Rigoberto. Los Manuales de procedimiento. 2 ed. 1997.

PUBLICACIÓN IEC 56: "High voltage alternating current circuit breakers".

PUBLICACIÓN IEC 68: "Procedimientos de pruebas ambientales básicas".

PUBLICACIÓN IEC 185: "Current transformer".

PUBLICACIÓN IEC 296: "Especificación para el uso de aceite mineral de aislamiento", 1982/1986.

PUBLICACIÓN IEC 50: "Vocabulario electrotécnico internacional".

PUBLICACIÓN IEC 606: "Guía de aplicación para transformadores de potencia", 1977.

PUBLICACIÓN IEC 76: "Transformadores de potencia". 76-1/1987, 76-2/1980, 76- 3/1993 Y 76-3-1/1994.

PUBLICACIÓN IEC 99: "Pararrayos".

PUBLICACIÓN IEC 694: "Common clauses for high voltage switchgear and controlgear standards".

PUBLICACIÓN IEC 298: "HV AC metal enclouse switchgear".

PUBLICACIÓN IEC 186: "Voltage transformers".

PUBLICACIÓN IEC 265: "Switches".

PUBLICACIÓN IEC 896: "Baterías de Plomo-acido".

PUBLICACIÓN IEC 623: "Baterías de Níquel-Cadmio".

RAMIREZ G, Carlos Felipe. Subestaciones de alta y extra - alta tensión. Mejía Villegas S.A. 1990.

RAULL MARTÍN, José. Diseño de subestaciones eléctricas. México: McGraw – Hill. 1997.

RUSSELL MASON, C. El arte y la ciencia de la protección por relevadores. México: Continental. 1982.

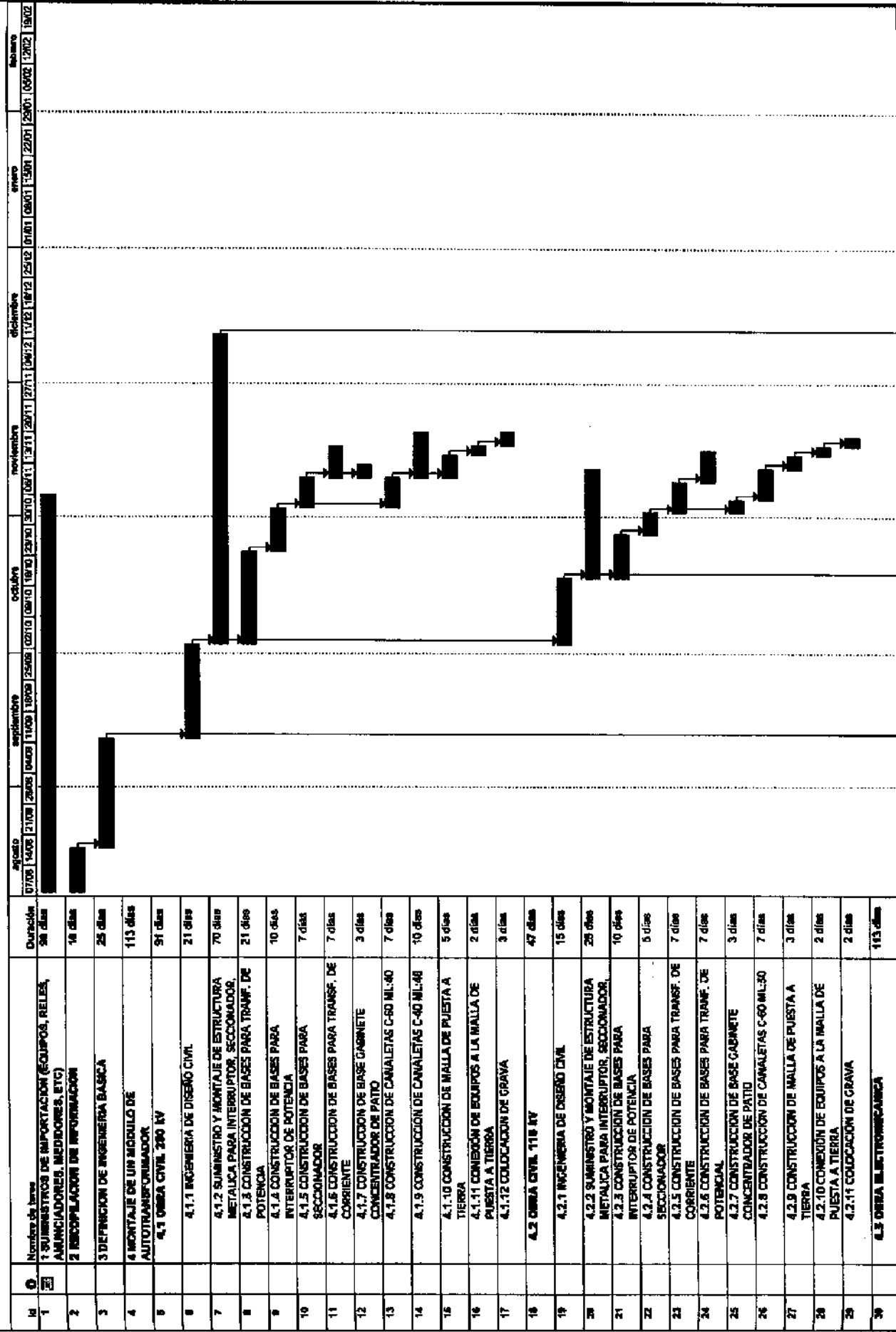
ANEXO A

SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION
	Tierra		Contacto normalmente abierto
	Por Coaxial		Contacto normalmente cerrado
	punto de conexi6n. Nodo		Contacto tipo C
	Terminal. Barra		Switch de operaci6n manual
	Conexi6n Link. Cerrada		Switch de pulsor con retorno autom6tico
	Conexi6n Link. Abierta		Switch de halar con retorno autom6tico
	Contacto enchufable hembra		Switch de girar con retorno autom6tico
	Contacto enchufable macho		Switch de posici6n normalmente abierto
	Enchufable		Switch de posici6n normalmente cerrado
	Resistor		Switch de m6ltiple posici6n
	Capacitor		Contactador. Contacto normalmente abierto
	Resistor		Contactador. Contacto normalmente cerrado
	Capacitor		Breaker
	Diode		Seccionador
	Diode Zener		Rate temp. a lo energizaci6n
	Transistor		Fusible
	Transformador de dos devanados		Voltmetro
	Autotransformador		Horometro
	Transformador de corriente		Lampara
	Transformador de tensi6n		Campana un solo golpe

SIMBOLO	DESCRIPCION
	BORNERA DE SALIDA EN EL TABLERO DE CONTROL
	TERMINAL DE RELE CORTOCIRCUITABLE AL ACCIONAR CLAVIJA
	TERMINAL DE RELE NO CORTOCIRCUITABLE AL ACCIONAR CLAVIJA
	TERMINAL DE BORNERA DE PASO EN PANELES O BORNERA DE INTERCONEXION ENTRE PANELES O ENTRE TABLEROS
RTU	UNIDAD TERMINAL REMOTA A INSTALAR EN LA SUBCENTRAL PARA EL INTERCAMBIO DE INFORMACION CON EL CENTRO DE CONTROL DE LA EMPRESA
	TERMINAL DE LA BORNERA BAX PARA EL CENTRO DE CONTROL
	TERMINAL MARCADO COMO 115P1 EN LA BORNERA DE INTERCONEXION TB15 EN PANEL 9R
	TERMINAL DE BORNERA TB2 EN PANEL 9F MARCADO COMO CMI
	RELE 67 A TIPO IRV-11
	DENARCACION DE EQUIPOS O APARATOS
	CONEXIONES FUTURAS
	ENCLAVAMIENTO MECANICO
	CONTACTO DE RELE AUXILIAR (52X) . REPETIDOR DE CONTACTOS DE LOS REPETIDORES 71152 Y 71352 EL (b) SIGNIFICA QUE FUNCIONA IGUAL AL CONTACTO PRINCIPAL (b) DE LOS INTERRUPTORES
	BORNE EN APARATO O EQUIPO

ANEXO B

ANEXO C. CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRAS DEL PROYECTO



Id	Nombre de tarea	Duración	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero
1	1 SUMINISTROS DE IMPORTACION (EQUIPOS, RELES, AMANCIADORES, MEDIDORES, ETC)	30 días	07/08 14/08 21/08 28/08 04/09 11/09 18/09 25/09 02/10 09/10 16/10 23/10 30/10 06/11 13/11 20/11 27/11 04/12 11/12 18/12 25/12 01/01 08/01 15/01 22/01 29/01 05/02 12/02 19/02						
2	2 RECOPIACION DE INFORMACION	14 días							
3	3 DEFINICION DE INGENIERIA BASICA	25 días							
4	4 MONTAJE DE UN MODULO DE AUTOTRANSFORMADOR	113 días							
5	4.1 OBRA CIVIL 200 IV	91 días							
6	4.1.1 INGENIERIA DE DISEÑO CIVIL	21 días							
7	4.1.2 SUMINISTRO Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA PARA INTERRUPTOR, SECCIONADOR	70 días							
8	4.1.3 CONSTRUCCION DE BASES PARA TRANSF. DE POTENCIA	21 días							
9	4.1.4 CONSTRUCCION DE BASES PARA INTERRUPTOR DE POTENCIA	10 días							
10	4.1.5 CONSTRUCCION DE BASES PARA SECCIONADOR	7 días							
11	4.1.6 CONSTRUCCION DE BASES PARA TRANSF. DE CORRIENTE	7 días							
12	4.1.7 CONSTRUCCION DE BASE GABINETE CONCENTRADOR DE PATIO	3 días							
13	4.1.8 CONSTRUCCION DE CANALETAS C-60 MIL-60	7 días							
14	4.1.9 CONSTRUCCION DE CANALETAS C-40 MIL-48	10 días							
15	4.1.10 CONSTRUCCION DE MALLA DE PUESTA A TIERRA	5 días							
16	4.1.11 CONEXION DE EQUIPOS A LA MALLA DE PUESTA A TIERRA	2 días							
17	4.1.12 COLOCACION DE GRAVA	3 días							
18	4.2 OBRA CIVIL 110 IV	47 días							
19	4.2.1 INGENIERIA DE DISEÑO CIVIL	15 días							
20	4.2.2 SUMINISTRO Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA PARA INTERRUPTOR, SECCIONADOR	25 días							
21	4.2.3 CONSTRUCCION DE BASES PARA INTERRUPTOR DE POTENCIA	10 días							
22	4.2.4 CONSTRUCCION DE BASES PARA SECCIONADOR	5 días							
23	4.2.5 CONSTRUCCION DE BASES PARA TRANSF. DE CORRIENTE	7 días							
24	4.2.6 CONSTRUCCION DE BASES PARA TRANSF. DE POTENCIA	7 días							
25	4.2.7 CONSTRUCCION DE BASE GABINETE CONCENTRADOR DE PATIO	3 días							
26	4.2.8 CONSTRUCCION DE CANALETAS C-60 MIL-60	7 días							
27	4.2.9 CONSTRUCCION DE MALLA DE PUESTA A TIERRA	3 días							
28	4.2.10 CONEXION DE EQUIPOS A LA MALLA DE PUESTA A TIERRA	2 días							
29	4.2.11 COLOCACION DE GRAVA	2 días							
30	4.3 OBRA ELECTRONICA	113 días							

ANEXO C. CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRAS DEL PROYECTO

Id	Nombre de tarea	Duración	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
			07/08	14/08	21/08	28/08	04/09	11/09	18/09	25/09
31	4.3.1 INGENIERIA DE DETALLE	32 días								
32	4.3.2 MONTAJE EQUIPOS DE PATIO	23 días								
33	4.3.2.1 DE INTERRUPTOR 230 KV	5 días								
34	4.3.2.2 DE SECCIONADOR 230 KV	3 días								
35	4.3.2.3 TRANSF. DE CORRIENTE 230 KV	2 días								
36	4.3.2.4 UN PARARRAYO 230 KV EN EL AUTOTRANSFORMADOR	1 día								
37	4.3.2.5 INTERRUPTOR 115 KV	3 días								
38	4.3.2.6 SECCIONADOR 115 KV	2 días								
39	4.3.2.7 TRANSF. DE CORRIENTE 115 KV	2 días								
40	4.3.2.8 TRANSF. DE TENSION 115 KV	2 días								
41	4.3.2.9 PARARRAYOS 115 KV	2 días								
42	4.3.3 ADECUACION TABLERO MÓDULO DE TRANSFORM.	15 días								
43	4.3.4 TENDIDO Y CONEXIÓN DE CABLE MULTICONDUCTOR	7 días								
44	4.3.5 TENDIDO Y CONEXIÓN DE CABLE DE CONTROL	7 días								
45	4.3.6 COMIENZO DE CABLE DE POTENCIA ENTRE EQUIPOS Y AL BARRILE DE 115 KV Y 230 KV	3 días								
46	4.3.7 PRUEBAS FUNCIONALES	7 días								
47	4.3.8 PRUEBAS EQUIPOS DE PATIO	5 días								
48	4.3.9 PRUEBAS A LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN	3 días								
49	4.3.10 PRUEBAS A LAS UNIDADES DE MEDIDA	2 días								
50	4.3.11 PRUEBAS A LA UNIDAD DE ANUNCIAACION	2 días								
51	4.3.12 PRUEBAS DEL DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR	2 días								
52	4.3.13 PRUEBAS ALA DIFERENCIAL DE BARRAS	2 días								
53	4.3.14 COORDINACION DE PROTECCIONES	5 días								
54	4.4 PUESTA EN OPERACION	1 día								
55	5. MONTAJE DE UN MÓDULO DE LÍNEA	85 días								
56	5.1 OBRA CIVIL 115 KV	48 días								
57	5.1.1 INGENIERIA DE DISEÑO CIVIL	8 días								
58	5.1.2 SUMINISTRO Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA PARA INTERRUPTOR, SECCIONADOR, INTERRUPTOR DE POTENCIA	40 días								
59	5.1.3 CONSTRUCCION DE BARRAS PARA INTERRUPTOR DE POTENCIA	10 días								
60	5.1.4 CONSTRUCCION DE BARRAS PARA SECCIONADOR	8 días								

Proyecto: AUTOTRANSFORMADOR
Fecha: Ju 11/1987

Resumen
Tareas resumidas
Hito resumido

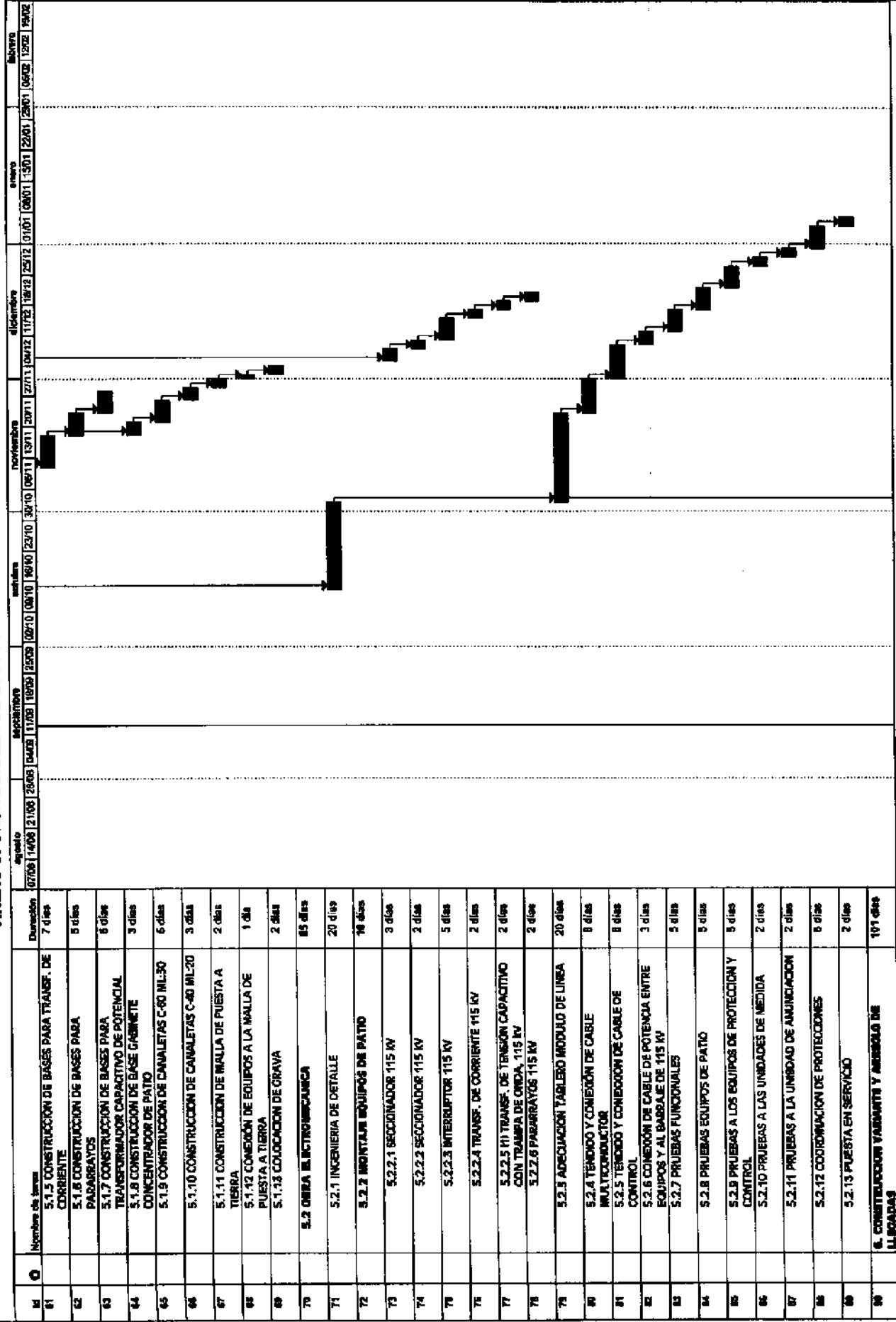
Tarea
Programa
Hito

Programa resumido
Tareas resumidas
Resumen del proyecto

División

División resumida

ANEXO C. CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRAS DEL PROYECTO



Proyecto: AUTOTRANSFORMADOR
 Fecha: Ju 19/1981

Tramo: Tramo resumido
 Programa: Programa resumido
 Hitos: Hitos resumido

Resumen: Resumen resumido
 Tareas activas: Tareas activas resumido
 Hitos resumido: Hitos resumido resumido

División: División resumido
 Debitos resumidos: Debitos resumidos resumido

ANEXO C. CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRAS DEL PROYECTO

Id	Nombre de tarea	Duración	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero
0	01. SUMINISTRO CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA	80 días	07/08	14/08	21/08	28/08	04/09	11/09	18/09
01	01.1 SUMINISTRO CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA	80 días	07/08	14/08	21/08	28/08	04/09	11/09	18/09
02	02. SUMINISTRO HERRAJES	25 días							
03	03. ESTUDIOS TOPOGRAFICOS	7 días							
04	04. ESTUDIOS GEOLOGICOS	3 días							
05	05. DISEÑO	40 días							
06	06. DEMONTAJE	15 días							
07	07. OBRAS CIVILES	49 días							
08	08. MONTAJE ESTRUCTURAS, AISLADORES, TEMPLETES, CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDIA	28 días							
09	09. TRASLADO DE LLEGADAS DE MODULO DE LINEA ACTUAL TECHO A MODULO NUEVO	7 días							
100	10. TENDIDO Y CONEXION DE LLEGADAS AL MODULO DE LINEA TECHO	7 días							
101	11. MODIFICACION PROTECCIONES SVI MOSQUERA, MODULO DE LINEA BALSILLAS	25 días							
102	12. INGENIERIA DE DETALLE	20 días							
103	13. ADECUACION TABLERO MODULO DE LINEA	20 días							
104	14. TENDIDO Y CONEXIONADO DE CABLE MULTICONDUCTOR	7 días							
105	15. TENDIDO Y CONEXIONADO DE CABLE DE CONTROL	10 días							
106	16. PRUEBAS FUNCIONALES	6 días							
107	17. PRUEBAS A LOS EQUIPOS DE PROTECCION	9 días							
108	18. PRUEBAS A LAS UNIDADES DE MEDIDA	4 días							
109	19. PRUEBAS A LAS UNIDADES DE ANUNCIO	4 días							
110	20. COORDINACION DE PROTECCIONES	6 días							
111	21. PUESTA EN SERVICIO	2 días							
112	22. PLANOS AS-BUILT	18 días							
113	23. INFORME FINAL	16 días							

Proyecto: AUTOTRANSFORMACION
 Fecha: 11/10/01

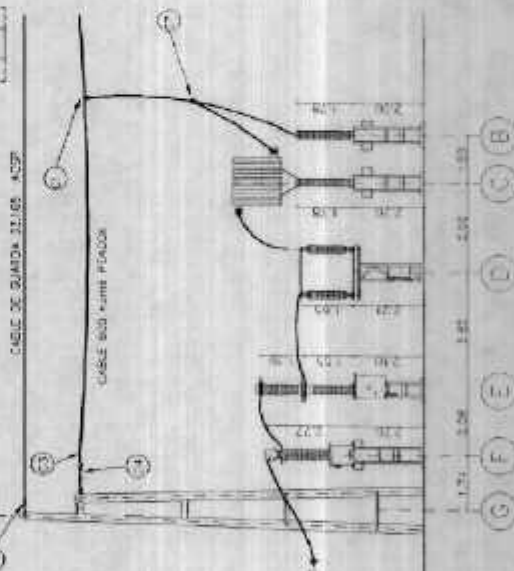
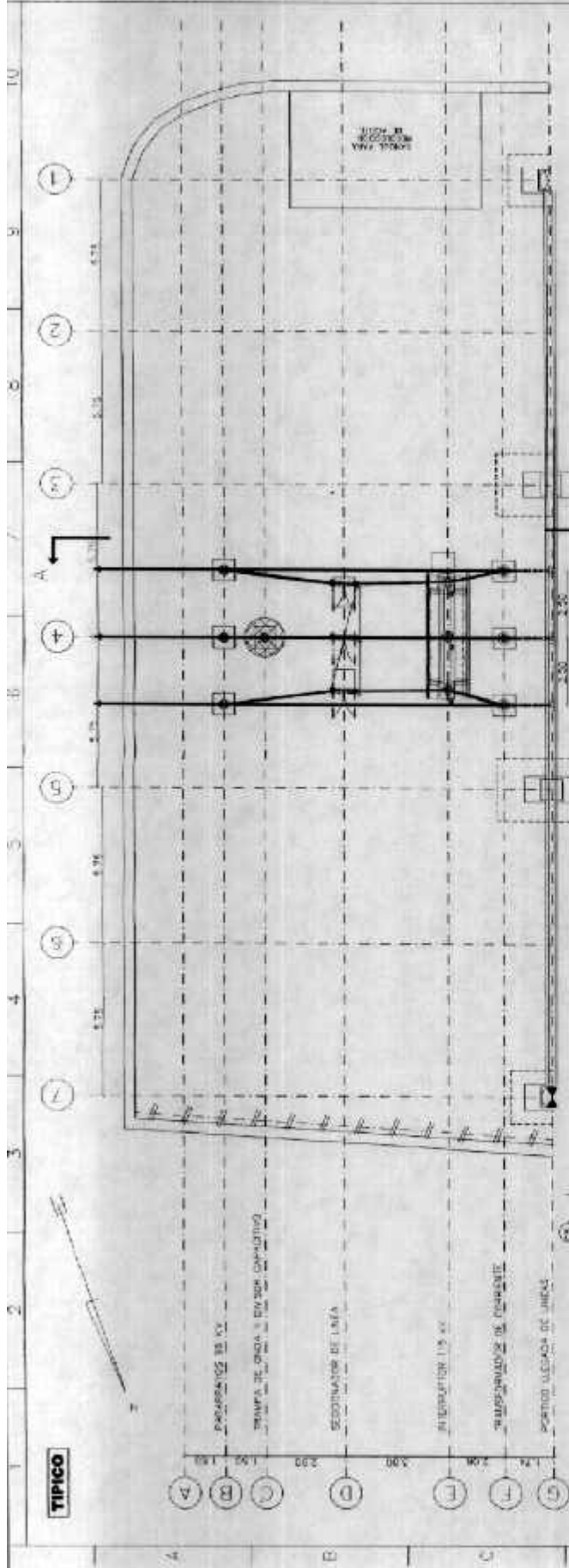
Tareas: [Barra] Programa [Barra] Hito [Círculo]

Resumen: [Barra] Temas resumidos [Barra] Hitos resumidos [Barra]

Progreso resumido: [Barra] Temas resumidos [Barra] Resumen del proyecto [Barra]

División: [Barra] División resumida [Barra]

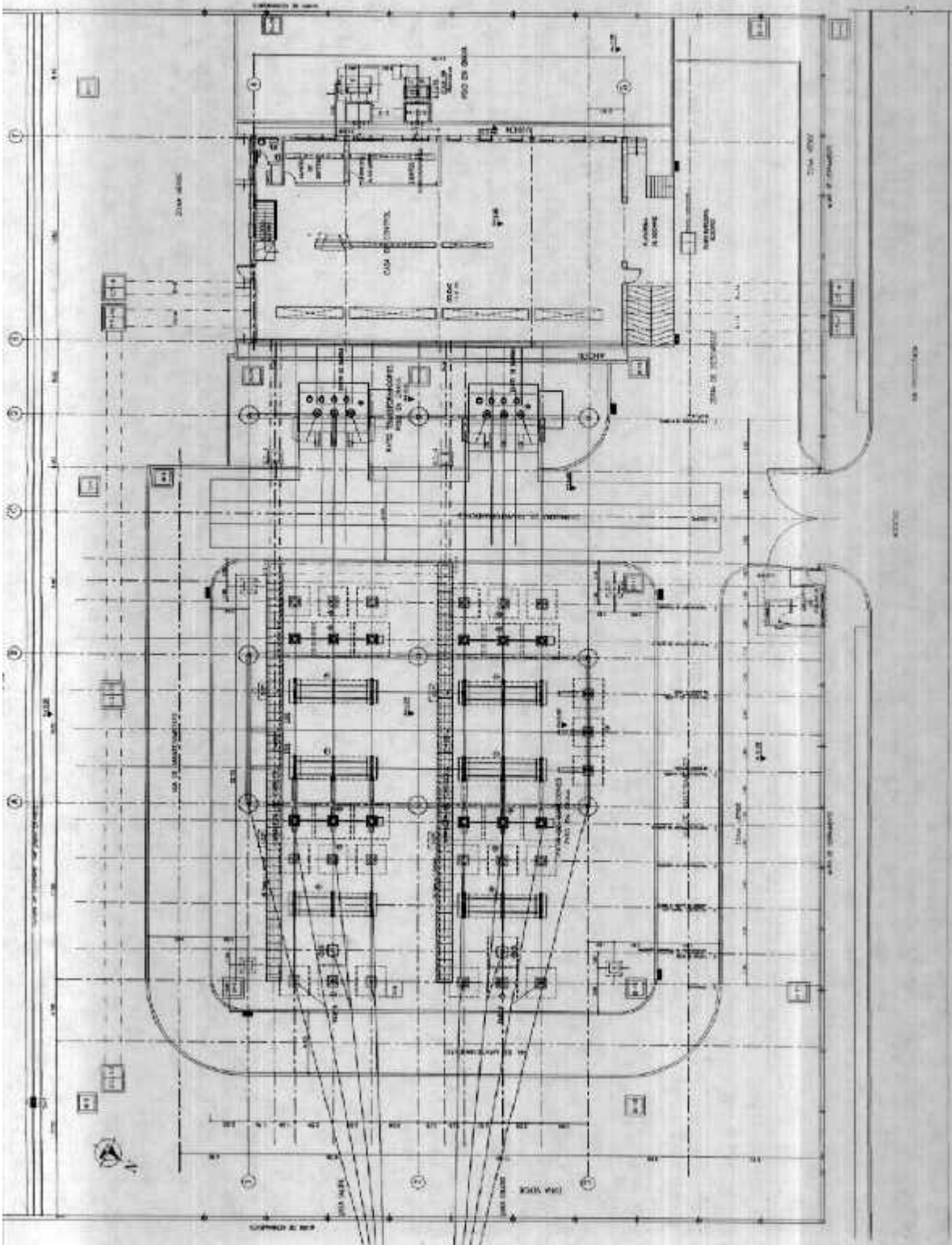
ANEXO C



LISTA DE CONECTORES DE POTENCIA DISCRIMINADOS POR MODELO DEL BARRAL A LOS EQUIPOS 115 KV

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
01	2	CONECTOR TPO T ALUMBE 200000000000
02	5	GRAPA DE RETENCION AL CABLE 600 KVM ACSP
04	5	CABLE DE APLICACION DE TPOCOP 115 KV 10'
05	0	GRAPA DE RETENCION AL CABLE ACSP 21.65 KVM
07	6	CONECTOR CABLE-CABLE PIGTAILADO 600 KVM 10000

TIPICO



LEYENDA	DESCRIPCION	NO. DE HOJAS
1	PLANO GENERAL	1
2	PLANO DE MONTAJE	2
3	PLANO DE DETALLE	3
4	PLANO DE SECCION	4
5	PLANO DE ALZADO	5

LEYENDA	DESCRIPCION	NO. DE HOJAS
6	PLANO DE DETALLE	6
7	PLANO DE DETALLE	7
8	PLANO DE DETALLE	8
9	PLANO DE DETALLE	9
10	PLANO DE DETALLE	10
11	PLANO DE DETALLE	11
12	PLANO DE DETALLE	12
13	PLANO DE DETALLE	13
14	PLANO DE DETALLE	14
15	PLANO DE DETALLE	15
16	PLANO DE DETALLE	16
17	PLANO DE DETALLE	17
18	PLANO DE DETALLE	18
19	PLANO DE DETALLE	19
20	PLANO DE DETALLE	20

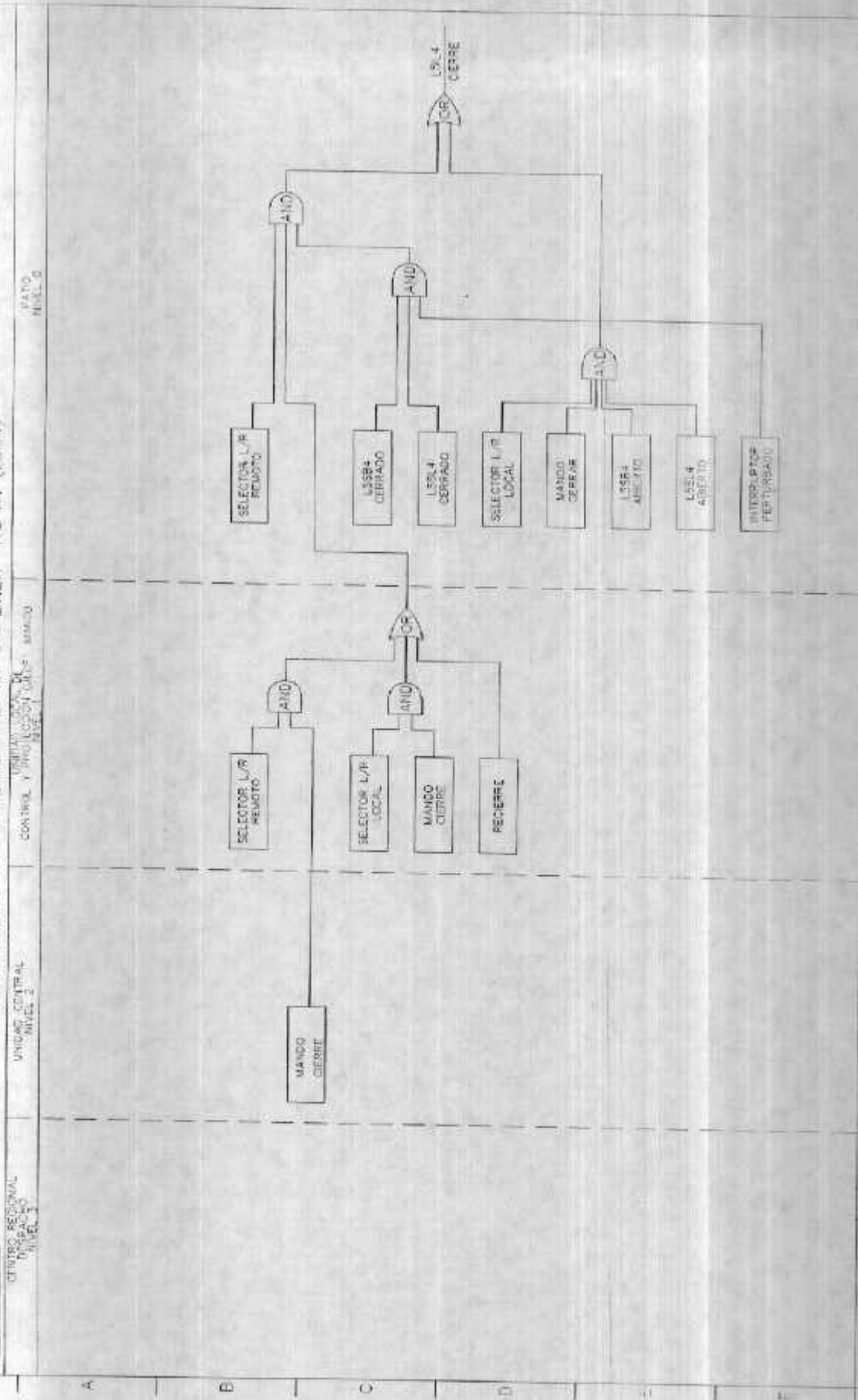
NOTA:
 1. Este plano muestra el detalle de la casa de control.
 2. Se debe tener presente que el plano de detalle de la casa de control se encuentra en el plano de detalle de la casa de control.
 3. El plano de detalle de la casa de control se encuentra en el plano de detalle de la casa de control.

INSTALACION FISICA DE EQUIPOS
 VISTA EN PLANTA

Escalera	Proyecto	Proyecto	Proyecto	Proyecto
101-102	101-102	101-102	101-102	101-102

TIPICO

LOGICA DE CONTROL - CIERRE IN INTERRUPTOR LINEA 115 KV (L.S.L.4)



UNIDAD REGIONAL NIVEL 3	UNIDAD CENTRAL NIVEL 2	UNIDAD LOCAL NIVEL 1	UNIDAD NIVEL 0
MANDO CERRE	SELECTOR L/R REMOTO SELECTOR L/R LOCAL	MANDO CERRE SELECTOR L/R LOCAL LSSB4 CERRADO LSSB4 ABIERTO	LSSB4 CERRADO LSSB4 ABIERTO SELECTOR L/R LOCAL MANDO CERRE LSSB4 ABIERTO LSSB4 CERRADO INTERRUPTOR PERFORADO
RS-1	RS-2	RS-3	RS-4
CONTROL Y MANDO LOCAL NIVEL 1	CONTROL Y MANDO LOCAL NIVEL 2	CONTROL Y MANDO LOCAL NIVEL 3	CONTROL Y MANDO LOCAL NIVEL 0
CENTRO AUTOMATIZADO DE AREA TR-OPL			
DISEÑADA POR: []			
REVISADA POR: []			

ANEXO D

Anexo D. Formulario de características técnicas garantizadas para la construcción de la obra civil de la subestación.

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
1.0	Movimiento de tierras y adecuación terreno	Según recomendaciones del estudio de suelos.	
		Descapote, cortes y terraplenes con máquina	
2.0	Excavaciones y rellenos		
2.1	Excavaciones para cimientos, cajas, pozos tanque de aceite y base de transformador	Taludes tan verticales como sea posible, utilizando entibados, la excavación debe permanecer abierta el menor tiempo posible.	
2.2	Excavaciones para bases de carrilera y pavimentos	Por el sistema de cajeo debe permanecer abierta el menor tiempo posible	
2.3	Excavaciones para canaletas, ductos, tuberías, cunetas y malla a tierra.	Tipo zanja	
2.4	Terraplenes	Relleno tipo 2 y 5	
2.5	Sub-bases y mejoramiento de niveles de fundación	Relleno tipo 7	
2.6	Rellenos alrededor de estructuras	Relleno tipo 2	
2.7	Rellenos para pavimentos	Sub-base : relleno tipo 3 Base : relleno tipo 6	
3.0	Concretos		
3.1	Para solados de limpieza	Clase L: f'c = 100 kg/cm ² (1400 psi); espesor mínimo 0,05 m.	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
3.2	Concreto ciclópeo	Mezcla: 60% concreto f'c = 175 kg/cm ² (2500 psi) y 40% piedra tipo media zonga y rajón Clase M	
3.3	Concreto para estructuras	Clase H: f'c = 210 kg/cm ² (3000 psi).	
3.4	Concreto 2ª etapa para instalación de rie- Les y accesorios	Clase I: f'c = 210 kg/cm ² , agregado máximo Ø ¾".	
3.5	Prefabricados (dinteles y alfajias)	Clase I :f'c = 210 kg/cm ² Ø máx. Agregado grueso 19 mm.	
3.6	Concreto para pisos, andenes, sardineles, Cunetas y obras en concreto simple	Clase K: f'c = 175 kg/cm ² (2500 psi).	
3.7	Concreto para tapas de cajas y canaletas	f'c = 245 kg/cm ²	
3.8	Impermeabilizante integral para :		
	3.8.1. Concretos	Plastocrete DM ó similar	
	3.8.2. Morteros	Sika o similar	
4.0	Acero de refuerzo		
4.1	Calidad A - 37	fy = 2600 kg/cm ² para Ø ¼" y 3/8"	
4.2	Calidad A - 615	fy = 4200 kg/cm ² , corruga- do, para diámetros iguales o mayores a ½"	
4.3	Malla electrosoldada	Alambre trefilado de alta resistencia, liso o corrugado.	
4.4	Pernos de anclaje para bajas de equipos	Acero redondo alta resisten cia fy = 4200 kg/cm ² , igual o equivalente a la Norma NTC 248	
4.5	Acero estructural	Perfiles y redondo APDR para Cubierta casa de Control	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
5.0	Mampostería		
5.1	Ladrillo		
	5.1.1 Muros a la vista por dos caras, liso exteriores e interiores Casa de control y caseta de vigilancia	Prensado macizo para fachada dimensiones 5.5 12x24,5 cm a la vista, 2 caras terminado liso, espesor según diseño básico.	
	5.1.2 Paredes de pozos, cajas de inspección, cajas de tiro y sumideros	Ladrillo tolete recocido ; pañete impermeabilizado 1 : 2	
	5.1.3 Ladrillo para muro de cerramiento, a la vista por dos caras, muro liso.	Tolete macizo semi-prensado Arcilla cocida, dimensiones 7x11,5x24 a la vista 2 caras terminado liso	
5.2	Morteros		
	5.2.1 Mortero de pega para mampostería	Proporción 1:4=cemento arena semilavada (con impermeabilizante integral Sika 1 ó similar para zonas expuestas).	
	5.2.2 Pañetes	Proporción 1:4=cemento arena semilavada (con impermeabilizante integral Sika 1 ó similar para zonas expuestas).	
6.0	Casa de Control y Caseta de Vigilancia		
6.1	Cubiertas		
	6.1.1 Casa de Control	Asbesto - Cemento tipo Canaleta 90 de Eternit o similar.	
	6.1.2 Caseta de Vigilancia	Asbesto - Cemento tipo Canaleta 43 de Eternit o similar.	
6.2	Cielorasones		
	6.2.1 Baños: exterior primer piso y segundo piso; y recintos de aseo y cafetería	Malla, pañete y vinilo, bajo canaleta.	
	6.2.2 Baño interior primer piso	Malla, pañete y baldosín de porcelana 20x20 tipo corona o similar, bajo placa.	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
	6.2.3 Cuarto de comunicaciones, oficina y segundo piso	Acústico tipo Curastic de Fiberglas o similar.	
	6.2.4 Sala de tableros	Pañete bajo placa, estuco y vinilo Pintuco o similar	
	6.2.5 Caseta de Vigilancia	Malla, pañete, estuco y vinilo bajo canaleta.	
	6.2.6 Cuarto de baterías y depósito	Parcial pañete bajo placa, estuco y vinilo Pintuco o similar ; bajo canaleta malla, pañete, estuco y vinilo Pintuco o similar.	
6.3	Acabados de pisos		
	6.3.1 Sala de tableros, Cuarto de comunicaciones, oficina y caseta de vigilan.	Baldosín de granito dimen. 33x33 cm, tipo Alfa o similar	
	6.3.2 Segundo piso	Vinisol tráfico pesado	
	6.3.3 Baños	Baldosín porcelana de 30x30 cm. Tipo corona o similar. Tráfico pesado	
	6.3.4 Depósito y Sótano	Cemento esmaltado endurecido con limadura de hierro.	
	6.3.5 Cuarto de baterías	Tableta cerámica antiácida.	
	6.3.6 Escaleras	Fundida granito pulido # 14 y pirlán de bronce mínimo 1½ pulgada.	
6.4	Acabados de muros		
	6.4.1 Sala de tablero, cuarto de comunicaciones, baterías, depósito y caseta Vig.	Ladrillo prensado a la vista 2 caras, terminado liso.	
	6.4.2 Baños, cafetería y recintos de aseo	Baldosín de porcelana 20x20 cm, Tipo Corona o similar	
	6.4.3 Oficina y Segundo piso	Pañete, estuco y vinilo calidad Pintuco o similar.	
	6.4.4 Sótano	Vinilo Pintuco o similar	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
6.5	Elementos y accesorios para baños		
	6.5.1 En casa de Control (ver planos)	Los aparatos sanitarios, orinales, lavamanos de porcelana tipo corona línea Nova blanco o similar	
		Juego de incrustaciones con espejo de 4 mm y marco en lámina de acero inoxidable, sobre lámina de icopor, de 50x70 cm en cada baño.	
	6.5.2 En caseta de vigilancia	Sanitario y lavamanos de porcelana blanco tipo Corona, línea Acuario o similar. Juego de incrustaciones con espejo de 4 mm marco en lámina de acero inoxidable sobre lámina de icopor de 40x60 cm.	
6.6	Puertas (cada puerta tendrá cerradura del Tipo aprobado previamente por la Empresa)		
	6.6.1 Exteriores para sala de tableros	Dos peatonales, con marco y hoja en aluminio anodizado y corrugado, una enrollable de cortina metálica galvanizado calibre 18 con guías en lámina calibre 12 y accionamiento manual.	
	6.6.2 Interiores de oficina, baño, cuarto de Baterías, comunicaciones, aseo y cafetería.	Marco metálico en aluminio anodizado, hoja tripleada con marquete.	
	6.6.3 Caseta de vigilancia	Marcos en aluminio y hojas anodizadas con marquete.	
	6.6.4 Segundo piso ingreso	Marco en aluminio anodizado y hojas en lámina de vidrio templado 5 mm.	
6.7	Ventanas		
	6.7.1 Para fachada principal, posterior y caseta de vigilancia, incluye baño.	Marco aluminio anodizado y vidrio plano 4 mm.	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
	6.7.2 En depósito, baños, oficina y cuarto de comunicaciones	Marco aluminio anodizado, con persiana en celosía fija de aluminio con vidrio plano 3 mm.	
6.8	Estructura de concreto	El concreto acabado a la vista interior F3 para columnas vigas de amarre superiores.	
6.9	Placas de piso		
	6.9.1 Primer piso	En concreto reforzado aligerada con huecos para pasos de cable a Celdas y tableros.	
	6.9.2 Placas de cimentación y contrapiso sótano.	En concreto reforzado Aligerada	
	6.9.3 Placa segundo piso	En concreto reforzado Aligerada	
6.10	Guarda escoba (primero y segundo pisos)	En el mismo material del piso.	
6.11	Barandas metálicas.	En los andenes donde exista una diferencia de nivel mayor a 0.50 m., se instalará una baranda tubular removible galvanizada con Ø mín. 2" y h= 1,0 m	
6.12	Barandas metálicas para acceso al 2° P.	Aluminio anodizado con diseño aprobado previamente por la Empresa.	
6.13	Tapas metálicas para canaletas interiores.	Lámina alfajor calidad ASTM A 36 esp. Mín. ¼"	
6.14	Instalación sanitaria Tubería y accesorios	Tubería de gres (arcilla) vitrificada tipo Moore o similar. Como alternativa se podrá utilizar tubería sanitaria PVC, tipo PAVCO o similar.	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
6.15	Instalación hidráulica		
	6.15.1 Tuberías y accesorios	Tubería PVC RDE 13,5 tipo 1 - Grado 1, tipo PAVCO o similar.	
	6.15.2 Tanque para almacenamiento agua.	Tipos asbesto - cemento de Eternit con capacidad de 1000 litros.	
6.16	Tubería portacable		
	6.16.1 Embebidas	De material PVC, Pavco o similar Norma NTC 979	
	6.16.2 A la vista sobre la cercha	Metálico galvanizado tipo pesado	
6.17	Protección de muros a la vista	Con repelente de humedad tipo Sika Transparente o similar.	
6.18	Impermeabilización de pisos y muros de Sótano.	Polietileno tipo Polisecc Espesor 0,15 mm.	
6.19	Elementos metálicos para marcos de Apoyo de tapas de canaletas.	Perfilería acero A 36 con Dos manos de pintura anticorrosiva.	
6.20	Normas de Diseño	Código Colombiano de construcciones Sismo- resistentes. AISC American Institute of Steel Construction.	
6.21	Parámetros de diseño	Para el cálculo estructural debe tenerse en cuenta una carga viva de 1000 kg/cm ² , en el sector de las celdas de la Sala de tableros con un impacto del 25 %. En los demás sectores se considerará una carga viva de 500 kg/cm ² como mínimo.	
6.22	Dimensiones y Características Arquitectónicas Básicas	Casa de Control - Planta según plano básico. Casa de Control - Corte y detalle según plano básico Caseta de Vigilancia	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
		según plano básico.	
7.0	Obras de Patio		
7.1	Mortero de relleno para pernos de anclaje Y nivelación de platinas	Utilizar mortero expansivo para empotrar, tipo SIKAGRAUT o similar.	
7.2	Cajas de tiro y canaletas	Según normas CODENSA CS-275/280/276	
7.3	Marcos metálicos para cajas y tapas	Perfilería en acero estructural A36; soldadura de arco eléctrico, pintura anticorrosiva.	
7.4	Bancos de ductos	Según normas de CODENSA (CS-208/215)	
	7.4.1 Relleno en arena	Arena de peña compactada con un espesor mínimo de 0.04 m, en la base y altura total según Normas para ductos.	
	7.4.2 Tubería	de PVC clase DB, tipo pesado de PAVCO o similar Según Norma CS-201 de CODENSA , con accesorio	
	7.4.3 Banda plástica de seguridad	Según Norma CS-273 de CODENSA .	
	7.4.4 Placa de concreto para ductos en cruce de calzada	Cl. H, f'c=210 kg/cm ² , espesor según norma CODENSA.	
	7.4.5 Relleno sobre la ductería	Según norma de CODENSA	
7.5	Elementos metálicos para carrilera		
	7.5.1 Rieles	De 60 lb/yd, mínimo.	
	7.5.2 Bloques de cruce	en HF	
	Distanciadores	Viga concreto 210 kg/cm ² reforzada.	
	Eclisas	Platina calidad A36	
	Pernos	Ø ½" , alta resistencia	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
		con rosca ordinaria	
7.6	Pavimento en patio de maniobras y zona De carga.	En concreto reforzado	
		f'c=210 kg/cm ² , espesor mínimo 0,20 m, con juntas de dilatación longitudinales y transversales y varillas de transferencia; sub-base (relleno tipo 3) espesor mínimo de 0,60 m. y base (relleno tipo 6) espesor mínimo de 0,30 m. previa colocación de manto geotextil de poliéster, no tejido, tipo TREVIRA SPUNDBOND o similar y polisecc sobre subrasante natural.	
		La especificación anterior es mínima, y deberá ser mejorada si el estudio de suelos lo amerita.	
7.7	Pavimentos para acceso (tráfico liviano) y Zona de estacionamiento	En concreto reforzado	
		f'c=210 kg/cm ² , espesor mínimo 0,15 m, con juntas de dilatación longitudinales y transversales y varillas de transferencia; sub-base (relleno tipo 3) espesor mínimo de 0,60 m. previa colocación del manto geotextil no tejido y polisecc sobre subrasante	
		La especificación anterior es mínima, y deberá ser mejorada si el estudio de suelos lo amerita.	
7.8	Patio de conexiones	Con superficie en grava espesor mínimo 0,05 m. sobre relleno tipo 3 espesor mínimo 0,80 m.	
7.9	Normas y especificaciones	Código Colombiano de Cosn- trucciones Sismoresistente. (CCCS), AISC American Institute of Steel	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
7.10	Nivel de cimentación y métodos de construcción.	Según recomendaciones del estudio de suelos.	
7.11	Capacidad admisible del terreno	Según recomendaciones del estudio de suelos.	
7.12	Estudio de suelos	Complementar el estudio básico suministrado por CODENSA , con perforaciones y ensayos adicionales.	
7.13	Empradización	Céspedones de 0,50x0,50 mínimo y de 1,00x1,00 máx con espesor mínimo 12 cm.	
7.14	Alcance y localización de las obras	Desarrollar planos de construcción según plano básico.	
7.15	Concreto para viga cinta, remate de muros	Clase 210 kg/cm ² ; dimensiones b x h = 0,10 x 0,10 m; con refuerzo 2 Ø 3/8" y ganchos Ø 1/4"	
7.16	Muro corta fuego	Marco en concreto reforzado de 210 kg/cm ² y muros en ladrillo semiprensado a la vista 2 caras.	
8.0	Drenajes y desagües		
8.1	Tuberías y accesorios		
	8.1.1 Desagües	Gres común (arcilla vitrificada) tipo Moore o similar	
	8.1.2 Drenajes	Gres perforada (arcilla vitrificada) igual o similar a la producida por Moore	
8.2	Manto permeable (Geotextil)	Filamento continuo poliester del tipo unido por perforación de agujas, espesor mínimo 2,2 mm, igual o similar al filtro TREVIRA/SPUNBOND.	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
8.3	Rellenos para filtros	Para tubería perforada con protección de geotextil, utilizar material granular de los subtipos 1a y 1b.	
8.4	Rellenos zanjas- desagües	Tipo 2 - Tipo 3 (cruce zonas de carga)	
8.5	Tapas sumideros	Estandarizadas EAAB	
8.6	Tanque de aceite	En concreto Clase H impermeabilizado, capacidad de almacenamiento según volumen aceite de transformador.	
8.7	Parámetros básicos para diseño de desagües y drenajes	Diseño según Normas EAAB y NTC 1500	
	8.7.1 Coeficiente de maning (tubería de gres)	0,013	
	8.7.2 Velocidad mínima de diseño a tubo lleno - Tubería aguas negras	0,60 m/seg.	
	8.7.3 Velocidad mínima a tubo lleno - Sistema aguas lluvias (autolimpieza)	0,75 m/seg.	
	8.7.4 Fuerza tractiva mínima a tubo lleno (para asegurar autolimpieza)	0,15 – 0,20 kg/cm ²	
	8.7.5 Máximo llenado del tubo (aireación)	d/D = 2/3 (sanitario)	
	8.7.6 Velocidad máxima a tubo lleno (gres) (control de abrasión)	6,0 m/seg.	
	8.7.7 Caudal de diseño	Calculado de acuerdo con los siguiente valores mínimos :	
	a. Intensidad de lluvia	100 mm/h	
	b. Período de retorno	10 años	
	c. Duración de lluvia de diseño	30 minutos	
	d. Coeficiente de esorrentía	C = 0,75	
	8.7.8 Otras especificaciones		
	a. Nivel freático	Según estudio de suelos	
	b. Mínimo diámetro tubería perforada	Ø 6"	
8.8	Planos movimiento de tierras	Constructivos por el Contratista según especificaciones	
8.9	Planos desagües y drenajes	Constructivos por el Contratista según especificaciones	

ITEM	DESCRIPCION	REQUERIDO	GARANTIZADO
9.0	Muro de cerramiento		
9.1	Reja metálica soldada	Tubo metálico galvanizado Ø 2", espesor pared 1,58 mm., pintada con Base para galvanizado y esmalte para exteriores Tipo Pintuco o similar.	
9.2	Hojas para puerta vehicular y peatonal	Lámina prensada galvanizada calibre 18 Pintada con base para Galvanizado y esmalte Para exteriores tipo Pintuco o similar.	
10.0	Cárcamos para transformadores y tanque de aceite		
10.1	Cárcamos para transformadores	Cárcamo formado en el Concreto de la base del Transformador con reja En platina metálica de Canto soldada a un Marco. Drenajes en Tubería de gres Ø 6" Tipo Moore o similar.	
10.2	Tanque de aceite	Tanque para trampa de Agua, depósito de aceite y manhole en concreto Clase H, reforzado e Impermeabilizado. Escalera De gato en varilla de ¾". Tapa en concreto Clase H, reforzado.	
11.0	Desviaciones / Aclaraciones	Agregar hoja si es Necesario.	

**ANEXO A. FORMULARIO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA CIVIL.....283**