



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

GUÍA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA RADIO BASE TÍPICA

José Francisco Pinillos Montenegro
Asesorado por el Ing. Rubén Maheli Gálvez

Guatemala, enero de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

GUÍA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA RADIO BASE TÍPICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JOSÉ FRANCISCO PINILLOS MONTENEGRO
ASESORADO POR EL ING. RUBÉN MAHELI GÁLVEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, ENERO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS E GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Miltón De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Jorge Luis Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

GUÍA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA RADIO BASE TÍPICA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha septiembre de 2007.



José Francisco Pinillos Montenegro

Guatemala, Octubre 2008

Ingeniero
Otto Fernando Andrino
Coordinador de privados y Revisión de Tesis
Escuela de Mecánica Eléctrica

Estimado Ingeniero

Por medio de la presente, me permito informarle que he asesorado el trabajo de graduación titulado: GUIA DE INSTALACIÓN ELECTRICA DE UNA RADIO BASE TIPICA, elaborado por el estudiante **José Francisco Pinillos Montenegro**, a mi juicio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo.

Agradeciendo de antemano la atención que le preste a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente,



Rubén Mahelí Gálvez Hernández
Ingeniero Mecánico Eléctrico
Asesor Colegiado 2943



Guatemala, 30 de OCTUBRE 2008.

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
GUIA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA RADIO BASE
TÍPICA, del estudiante; José Francisco Pinillos Montenegro, que
cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Otto Fernando Andarino González
Coordinador Área de Electrotécnica



OFAG/sra



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; José Francisco Pinillos Montenegro, titulado: GUIA DE INSTALACION ELÉCTRICA DE UNA RADIO BASE TÍPICA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



GUATEMALA, 03 DE NOVIEMBRE 2,008.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **GUÍA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA RADIO BASE TÍPICA**, presentado por el estudiante universitario **José Francisco Pinillos Montenegro**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, enero de 2009



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por darme la oportunidad de estar vivo y porque juntos hemos alcanzado una de las metas en mi vida, toda la gloria es suya.

MI MAMÁ ETEL

Por ser mi ejemplo, mi inspiración y porque gracias a ella no sé hasta donde puedo llegar, porque puedo llegar tan lejos como ella lo piensa y eso es tan lejos que sé que con esfuerzo puedo alcanzar lo que sea.

MIS HERMANOS ROBERTO Y NANCY

Por apoyarme y ser mis amigos, por estar allí cuando los he necesitado y porque sé que seguirán estando allí siempre, gracias por su amor.

MI PAPÁ

Por nunca negarme su ayuda cuando le fue posible y si no lo hizo fue porque no se lo pedí.

A MI NOVIA LORENA

Por darme todo su amor y por ser el fino formón que el carpintero utiliza para pulimentar y perfeccionar la madera de la cual estoy hecho. También a su familia, por darme sabios consejos y por abrirme las puertas no sólo de su casa sino también de su corazón

MI TÍA CRISTY Y MI TÍO JOSÉ

Porque de una forma u otra siempre han estado a mi lado y me han dado su apoyo

MIS ABUELOS, TIOS Y PRIMOS

Porque en algún momento pude sentir su apoyo, en especial a la familia Pinillos Salazar porque se que puedo contar con ustedes para todo.

MIS AMIGOS

Por su apoyo y porque a pesar de las veces que los he descuidado siempre han estado allí cuando los he necesitado, ustedes saben quienes son.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XIX
RESUMEN.....	XXIX
OBJETIVOS.....	XXXI
INTRODUCCIÓN.....	XXXIII
1 LA RADIO BASE (BTS).....	1
1.1. Concepto de radio base (BTS).....	1
1.2. Sistemas electromecánicos que intervienen en el funcionamiento de una radio base típica.....	2
1.3. Requerimientos y calidad de la potencia.....	4
1.3.1. Procedimientos en la implementación de los diseños calidad de potencia.....	6
1.3.2. Objetivos, beneficios y rentabilidad.....	9
1.3.3. Alcance de la calidad de potencia.....	10
1.3.4. Compatibilidad electromagnética.....	12
1.3.5. Soluciones al problema de la calidad del servicio.....	14
1.3.5.1. Soluciones al lado del usuario.....	14
1.3.6. Calidad de energía en Radio Bases.....	16
1.4. Armónicos.....	17
1.4.1. Causas principales.....	17
1.4.2. Historia.....	19

1.4.3. Teoría.....	20
1.4.4. Síntomas de armónicos.....	22
1.4.5. Filtros para armónicos.....	24
1.4.5.1. Filtros desintonizados o anti resonantes.....	24
1.4.5.2. Filtros sintonizados.....	25
1.4.5.3. Aplicación.....	26
2. CONDUCTORES ELÉCTRICOS Y DUCTOS.....	27
2.1 Conductores eléctricos.....	27
2.1.1. Parámetros característicos	28
2.1.1.1. Resistividad de un conductor.....	28
2.1.1.2. Resistencia del conductor	28
2.1.1.3. Partes de los conductores eléctricos.....	29
2.1.1.3.1. El alma o elemento conductor.....	29
2.1.1.3.2. Aislante.....	31
2.1.1.3.3. Cubierta protectora.....	32
2.1.2. Clasificación de conductores.....	33
2.1.2.1. Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de empleo.....	33
2.1.3. Criterios de dimensionamiento de conductores.....	34
2.1.3.1. Generalidades.....	34
2.1.3.2. Tensión nominal de los cables	35
2.1.3.3. Cálculo de la capacidad de conducción de corriente.....	37
2.1.3.4. Coeficientes de corrección de la corriente admisible.....	38
2.1.3.5. Verificación de la corriente de cortocircuito.....	40
2.1.3.6. Verificación por caída de tensión.....	40
2.1.3.7. Conexión de varios cables en paralelo.....	43

2.1.4.	Empalmes.....	44
2.1.4.1.	Conectores y terminales.....	45
2.2.	Ductos eléctricos.....	49
2.2.1.	Generalidades.....	49
2.2.2.	Características de ductos de PVC y sus accesorios.....	51
3.	EXTENSIONES DE LÍNEA.....	53
3.1.	Acometida.....	53
3.1.1.	Norma de construcción EEGSA.....	53
3.1.2.	Normas de construcción Unión Fenosa (Deorsa/Deocsa).....	57
3.1.2.1.	Disposición y ubicación del medidor.....	57
3.1.2.1.1.	Acometida aérea.....	57
3.1.2.1.2.	Alturas libres de acometida.....	60
3.1.2.1.3.	Distancia máxima de acometida.....	60
3.1.2.1.4.	Ubicación del medidor.....	60
3.1.2.2.	Componentes de la instalación.....	63
3.1.2.2.1.	Acometida.....	63
3.1.2.2.2.	Conectores.....	63
3.1.2.2.3.	Acometida convencional.....	63
3.1.2.2.4.	Tipos de Red.....	64
3.1.2.2.5.	Conductores.....	66
3.1.2.3.	Tensiones admisibles.....	67
3.1.2.4.	Propiedades del equipo de medida.....	68
3.1.2.5.	Protecciones y puestas a tierra.....	68
3.1.2.6.	Aprobación.....	69

4. ARMARIO ELÉCTRICO, COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTROMECÁNICOS	71
4.1. Armario eléctrico.....	71
4.1.1. Instalación.....	72
4.2. Supresores de transitorios.....	72
4.2.1. Clasificación de supresores de transitorios de acuerdo a la conexión con la carga.....	74
4.2.2. Categorías de ubicación.....	76
4.2.3. Principio de operación de los supresores.....	78
4.2.4. Transitorios de modo común y de modo diferencial	80
4.2.5. Instalación de los supresores de sobre voltajes transitorios...82	
4.2.6. Supresor de transitorios a utilizar.....	83
4.3. Transferencia automática (ATS).....	85
4.3.1. Panel de transferencia de carga MTI.....	86
4.3.2. Operación general.....	87
4.4. Grupos electrógenos.....	88
4.5. Luminarias.....	93
4.5.1. El flujo luminoso.....	93
4.5.2. La iluminación.....	93
4.5.3. La eficiencia luminosa.....	94
4.5.4. Requisitos para una buena iluminación	94
4.5.5. Lámpara de vapor de mercurio	94
4.5.6. Características.....	95
4.5.7. Características fotométricas.....	95
4.5.8. Luces de obstrucción o balizas.....	96
4.5.9. Panel de control de balizas	97

5.	SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA(SPT).....	99
5.1.	Funciones y requisitos de un SPT.....	101
5.1.1.	Requisitos mínimos.....	101
5.1.2.	Funciones.....	101
5.2.	Medición de la resistividad aparente del terreno.....	102
5.2.1.	Método Wenner para medición de resistividad aparente del terreno.....	103
5.2.1.1.	Ventajas y limitaciones del Método	104
5.2.2.	Método de la regla del 62% para la medición de resistencia de un sistema de puesta a tierra	105
5.3.	Electrodos de tierra.....	106
5.3.1.	Barras.....	107
5.3.2.	Electrodo activo	109
5.4.	Métodos de instalación.....	110
5.4.1.	Barras.....	111
5.5.	Conexión entre electrodos.....	113
5.5.1.	Uniones exotérmicas.....	114
5.5.2.	Uniones soldadas en forma autógena.....	115
5.6.	Comportamiento de los electrodos de tierra.....	115
5.6.1.	Efecto de la forma, tamaño y número de electrodos.....	117
5.6.1.1.	Incremento de la profundidad de enterramiento de una barra vertical en suelo uniforme.....	117
5.6.1.2.	Incremento del número de electrodos colocados en paralelo	119
5.7.	Instalaciones de telecomunicaciones.....	121
5.8.	Método artificial para reducir la resistividad del terreno.....	123
5.8.1.	Materiales aceptables de baja resistividad.....	126
5.8.1.1.	Bentonita.....	126
5.8.1.2.	GEM Intensificador de tierra.....	127

5.9.	Barrajes o Platinas.....	128
5.9.1.	Barrajes equipotenciales en antenas de telecomunicación.....	129
6.	PARARRAYOS	135
6.1.	El fenómeno rayo.....	135
6.1.1.	Valores de referencia del rayo.....	136
6.1.2.	Efectos directos e indirectos sobre las instalaciones.....	137
6.2.	Diferentes sistemas de protección del rayo.....	139
6.3.	Las diferentes tecnologías de pararrayos.....	141
6.3.1.	Pararrayos puntas simple Franklin (PSF).....	141
6.3.2.	Pararrayos con dispositivo de cebado, PDC.....	143
7.	MATERIALES ESPECÍFICOS A UTILIZAR EN EL SISTEMA ELÉCTRICO	147
7.1.	Red de distribución comercial.....	148
7.1.1.	Transformador de Distribución.....	148
7.1.2.	Circuito primario o red de media tensión.....	149
7.2.	Instalaciones Internas.....	150
7.2.1.	Circuito alimentador	151
7.2.2.	Tablero de distribución.....	153
7.2.3.	Circuitos Ramales.....	153
7.2.3.1.	Requisitos de los circuitos.....	155
7.2.4.	Ductería.....	156
7.2.5.	Protecciones.....	157
7.2.6.	Tomacorrientes.....	157
7.3.	Iluminación.....	158
7.3.1.	Luz de obstrucción.....	158
7.3.1.1.	Circuito Intermitente electrónico.....	159

7.3.2. Iluminación exterior	160
7.4. Sistema de equipo de respaldo (grupo electrógeno).....	161
7.4.1. Moto Generador.....	161
7.4.2. Transferencia Automática (ATS).....	162
7.4.3. Tanque de combustible.....	162
7.5. PT Transformador de distribución, DPS's y accesorios en poste...	163
7.6. Puesta a tierra armario eléctrico y equipo	165
7.7. Pararrayos.....	165
8. LISTA DE CHEQUEO.....	167
CONCLUSIONES.....	171
RECOMENDACIONES.....	173
BIBLIOGRAFÍA	175
ANEXOS.....	177

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Onda sinusoidal	20
2	Onda seno de 300Hz (referida como un 5° armónico) con un pico de 0.2 p.u.	21
3	Forma de onda resultante de la suma de las figuras de 1 y .2.	21
4	Corriente rica en armónicos producida por rectificador monofásico de onda completa.	22
5	Alambre	30
6	Cable	30
7	Mono conductor	31
8	Multi-conductor	31
9	Partes del conductor	33
10	Empalmes con conectores tipo Wirenut	44
11	Empalmes con anillos de compresión.	45
12	Conectores de prolongación tipo 1	46
13	Conectores de prolongación tipo 2	47
14	Terminal a presión	48
15	Terminales de sujeción	48
16	Ducto plástico (PVC)	49
17	Elementos de unión	50
18	Cajas de derivación	51

19	Ductos rígidos / Ø 20 y 25 mm x 3 metros	51
20	Ductos flexibles / Ø 20 y 25 mm x 30 metros	51
21	Detalle de montaje de extensión de línea	54
22	Aterrizaje de acometida	55
23	Detalle de construcción columna de acometida	56
24	Equipos de medida en fachada	59
25	Equipos de medida en columna	62
26	Acometida convencional o trenzada tipo triplex	65
27	Sobre voltaje transitorio	74
28	Característica i – v de un supresor zener bipolar (a) y un MOV de 150 Vrms (b)	76
29	Ubicación de categorías de supresores	77
30	Sujeción de sobre voltajes transitorios	80
31	Alimentación monofásica: vivo, neutro y tierra	81
32	Transitorios de modo diferencial y de modo común	82
33	Strikesorb fabricado por Raycap Corporation	85
34	Función del ATS	86
35	Método Wenner	103
36	Método de la regla del 62%.	106
37	Barra	107
38	Electrodo activo o raíz electrolítica	109
39	Resistencia Vrs. Longitud de barra	117
40	Resistencia Vrs. Longitud de barra en suelo estratificado	119
41	Resistencia combinada de varias barras verticales colocadas en paralelo	121
42	Sistema de tierras de una radio base en suelo con mala resistividad	123
43	Barrajes equipotenciales y zonas de conexión	129

44	Aterrizaje barra superior a montante	130
45	Posiciones de platinas en torre <48m	133
46	Posiciones de platinas en torre ≥48m	133
47	Criterio general para instalación de platinas	134
48	Pararrayos puntas simple Franklin	142
49	Pararrayos con dispositivo de cebado	144
50	Luces de obstrucción	158
51	Circuito intermitente y detalle	160
52	Lámpara Sylvania HSL-BW 250W E40	160
53	Puesta a tierra transformador de distribución	164
54	Colocación bajada de pararrayos platinas y <i>feeders</i>	166

TABLAS

I.	Categorías del cable de acuerdo con la tensión de la red	36
II.	Datos cables Pirelli Pirastic Ecoplus.	37
III.	Datos principales para cables de uso subterráneo de BT Pirelli línea SINTENAX VIPER	39
IV.	Valores aproximados de resistencia efectiva a 70°C y 60 Hz para cables unipolares de vaina simple	43
V.	Contadores a partir de tensiones admisibles	67
VI.	Identificación de cables para interconectar ATS y Grupo electrógeno	86
VII.	Características de lámparas de vapor de mercurio	95
VIII	Código de colores para cableado	15
		2
IX.	Ductos a utilizar	15
		5
X.	Breaker's a utilizar.	15
		7
XI.	Detalle de luces de obstrucción	15
		9
XII.	Planilla para recepción de sitios	16
		7

LISTA DE SÍMBOLOS

Simbolo	Significado
%	Porcentaje
(Ω)	Ohmio
$^{\circ}$K	Grados Kelvin
A	Amperio
AC	Corriente alterna
ACSR.	Aluminum ConductorSteel Reinforced (conductores de aluminio desnudo reforzados con acero)
AT	Alta tensión
AWG	American Wire Gauge
B	Densidad de flujo magnetico
CA	Corrient alterna
CC	Corriente continua
Cm	Centímetro
cos \emptyset	Factor de potencia
D	Densidad de flujo eléctrico

DC	Corriente directa
E	Campo eléctrico
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala
H	Hora
H	Campo magnético
HRS	Horas
Hz	Hertz
Icc	Corriente de corto circuito
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
K	Constante que depende de la naturaleza del conductor y de sus temperaturas al principio y al final del cortocircuito
Kg/Km	Peso por longitud de conductor
Kg/mm²	Esfuerzo de ruptura a la carga
Km	Kilometro
Kv	Kilovoltio
Kva	Kilovoltamperio
Kw	Kilo vatios
Kwh	Kilovatio-hora
L	longitud del circuito (km)
m	Metro
mm	Milímetro
MT	Mediana tensión

NEMA	(National Electrical Manufacturer Association) – Asociación Nacional de Fabricantes de Material Eléctrico
NTDOD	Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución
NTSD	Normas Técnicas del Servicio de Distribución
∅	Diámetro
∅	flujo luminoso
°C	Grado Centigrado
P.U.	Factor por unidad
PVC	Cloruro de polivinilo
R	Es la resistencia del conductor en C.A. a la temperatura de servicio
ROT	<i>Run on time</i>
S	sección del conductor en mm ² .
SPT	Sistema de puesta a tierra
T	Tiempo
THD	porcentaje de distorsión armónica total
THWN	Thermoplastic Heat and Water Resistant Nylon Coated
U	tensión nominal a frecuencia industrial entre los conductores para la cual está diseñado el cable
U_f	es la tensión de fase (V)
U_L	es la tensión de línea (V)
U_m	tensión máxima para el equipamiento

UNE	Una Norma Española
U_o	Tensión nominal a frecuencia industrial entre el Conductor y el conductor de protección a tierra o pantalla metálica para la cual está diseñado el cable.
UPS	Uninterruptible Power Supply(Sistema de Alimentación Ininterrumpida)
V	Voltio
V/m.	gradiente eléctrico
V_{rms}	Valor eficaz (Root mead square)
VTSS	Transient voltage surge suppressors
X	es la reactancia del conductor)
XLPE	aislamiento de polietileno de cadena cruzada
Z	Impedancia
Δ-Y	Conexión delta- estrella
L	es la intensidad de corriente de fase del tramo del circuito (Ampere),
w-m	Watts-metro Resistividad
GEM	<i>Ground Enhancement Material</i>
GW	Giga Watts
API	American Petroleum Institute (para proteccion de descargas estáticas)
NFC	Norma Francesa

PSF	Pararrayos puntas simple Franklin
PDC	Pararrayos con dispositivo de cebado
IP65	índice de protección 65
CEM	Compatibilidad electromagnética
PDU	Power distribution unit

GLOSARIO

La radio base (BTS)	Dispositivo que controla la conexión radio entre el teléfono móvil y la red y es también conocida por célula, ya que cubre una determinada área geográfica.
Multiplexaje	Es la combinación de múltiples canales de información en un medio común de transmisión de alta velocidad. Multiplexar la información es la mejor manera de aprovechar la utilización de enlaces de alta velocidad.
<i>Handoff</i>	Situación que se da cuando el usuario se mueve de una BTS a otra, permitiendo que la conexión se mantenga
Acometida	Es la que sirve de unión entre el medidor y la red del sistema de energía eléctrica.
Armario eléctrico	Es el armario que resguarda de la intemperie a todo el equipo eléctrico.
Tablero de distribución	Es el que controla y distribuye la energía eléctrica.
Supresor de transitorios	Dispositivo que protege al equipo de picos de energía provocadas por maniobra o descargas electro atmosféricas.

Transferencia automática	Dispositivo encargado de censar la red energía eléctrica comercial y en caso de que la misma fallara pondrá en marcha el generador.
Grupo electrógeno	Es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna.
Sistema de puesta a tierra SPT	Conjunto de elementos conductores que conectan los dispositivos eléctricos a tierra o a masa.
Pararrayos Auto cebado (PDC)	Es un dispositivo que se encuentra montado en un mástil y se encarga de generar cargas en la atmosfera por medio de un circuito electrónico con la finalidad de atraer los rayos hacia el y drenarlos a tierra.
Flicker	Se define como el nivel de molestia que percibe un observador medio como consecuencia de la variación de la luminosidad de una lámpara, ocasionada por fluctuaciones de tensión en la red de alimentación eléctrica.
Compatibilidad electromagnética (CEM)	Es la habilidad de un equipo eléctrico para funcionar correctamente inmerso en un ambiente ruidoso.
Radiación	Consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.
Acoplamiento inductivo	El acoplamiento inductivo en una línea tiene lugar a través del campo magnético según el principio del transformador.

Acoplamiento capacitivo

El acoplamiento capacitivo tiene lugar, en principio, a través del campo eléctrico entre dos puntos con gran diferencia de potencial.

PDU

Una unidad de distribución de energía (abreviada comúnmente como PDU) es un dispositivo que distribuye energía eléctrica. Las unidades industriales grandes se utilizan para tomar alto voltaje y amperaje para reducirlo a niveles más comunes y más útiles, por ejemplo a partir del monofásico de 220V 30A a los enchufes múltiples de 110V 15A o de 110V 20A. Son utilizados en los centros de datos de la computadora y en otros usos eléctricamente intensivos. Algunos tienen características como la supervisión alejada o el control abajo al nivel individual del enchufe.

UPS

Un SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida), o más conocido por sus siglas en inglés UPS (*Uninterruptible Power Supply*), es un dispositivo que, gracias a sus baterías, puede proporcionar energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos existentes en la red eléctrica. Otra de las funciones de las UPS es la de mejorar la calidad de la energía eléctrica que llega a las cargas, filtrando subidas y bajadas de tensión y eliminando armónicos de la red en el caso de Corriente Alterna. Las UPS dan energía eléctrica a equipos llamados cargas críticas, que pueden ser aparatos médicos, industriales o informáticos, que, como se ha dicho antes, requieren tener siempre alimentación y que ésta sea de calidad debido a la necesidad de estar en todo momento operativos y sin fallos (picos o caídas de tensión)

SCR

El rectificador controlado de silicio (en inglés SCR: *Silicon Controlled Rectifier*) es un tipo de tiristor formado por cuatro capas de material

semiconductor con estructura PNP o bien NPN. El nombre proviene de la unión de Tiratrón (tyratron) y Transistor.

Armónico

Son componente sinusoidal de una onda periódica o cantidad que tiene una frecuencia que es un múltiplo entero de una frecuencia fundamental.

Resistividad

Es la pérdida de potencia que sufre una corriente eléctrica de un amperio de intensidad al atravesar un conductor de longitud y sección unitaria. Se mide en $(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$.

Alambre

Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor.

Cable

Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

Aislante

Es aquel material que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite su desplazamiento y, por ende, el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo.

Armadura

Conductor que posee protecciones mecánicas de acero, latón u otro material resistente.

Empalme

Es la unión entre dos o más conductores con el fin de prolongar o derivar conductores que forman parte de un circuito eléctrico.

XLPE	XLP Cross (X)-Linked Polyethylene: polietileno de cadena cruzada, también conocida como polietileno vulcanizado o XLPE.
Ducto	Elemento en forma de tubo destinado a contener conductores eléctricos (líneas embutidas); permiten la colocación y el retiro de los conductores.
Wattthorímetro	Es un instrumento eléctrico que mide y registra la integral con respecto al tiempo, de la potencia activa del circuito en que se conecta. Esta integral de potencia es la energía consumida por el circuito durante el intervalo de tiempo en que se realiza.
Acometida	Es la parte de la instalación que une la red de baja tensión con el aparato de medida. Está constituida por dos elementos fundamentales: conectores y conductores.
Conectores	Son los componentes que unen eléctricamente los conductores de acometida a la red de Baja Tensión.
Red forrada	Está constituida por conductores de aluminio forrados y trenzados, con el objetivo de un menor mantenimiento tanto preventivo como correctivo. Son de tipo triples.
Red abierta	Esta formada por conductores desnudos de aluminio.

Armario eléctrico

Es un armario metálico fabricado con lámina de acero y recubierto con pintura anti corrosiva, es un elemento que se ha diseñado por el advenimiento de las radio bases auto contenidas.

Un supresor de transitorios

Dispositivo que se encarga de limitar picos de voltaje que puedan estar montados sobre la señal de 60 Hz. Estos picos pueden ser provocados por descargas atmosféricas o por eventos presentados en la red de alimentación.

Diodo avalancha

Es un diodo semiconductor diseñado especialmente para trabajar en tensión inversa. En estos diodos, poco dopados, cuando la tensión en polarización inversa alcanza el valor de la tensión de ruptura, los electrones que han saltado a la banda de conducción por efecto de la temperatura se aceleran debido al campo eléctrico incrementando su energía cinética, de forma que al colisionar con electrones de valencia los liberan; éstos a su vez, se aceleran y colisionan con otros electrones de valencia liberándolos también, produciéndose una avalancha de electrones cuyo efecto es incrementar la corriente conducida por el diodo sin apenas incremento de la tensión.

Transferencia automática (ATS)

Dispositivo diseñado para censar fallas de la fuente principal de energía, dar una señal de encendido al generador, cambiar la alimentación de la carga de la fuente dañada al generador y luego regresarla a la fuente principal cuando la falla haya sido solucionada.

Grupo electrógeno	Es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar.
El flujo luminoso	Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo, y la unidad de medida de este es Lumen.
Iluminación	Es el flujo luminoso por unidad de superficie, también se puede decir que la iluminación de una superficie es el flujo luminoso que cubre cada unidad de la misma.
Lámpara de vapor de mercurio	Está constituida por un pequeño tubo de cuarzo, que contiene vapor de mercurio a alta presión y un gas inerte (argón) para facilitar la descarga.
Luces de obstrucción	Las balizas son luces colocadas en puntos que pueden ser un riesgo potencial para la navegación aérea, la finalidad de estas es indicar a presencia de objetos que puede intervenir en las rutas de navegación.
Sistema de puesta a tierra (SPT)	Es una conexión al suelo o a algún cuerpo conductor de gran tamaño que sirve en lugar de éste.
Telurometro	Dispositivo compuesto por dos emisores-receptores electromagnéticos, que se utiliza para la determinación de la distancia existente entre dos puntos terrestres cualesquiera.

Electrodo de tierra	Es el componente del sistema de puesta a tierra que está en contacto directo con el terreno y así proporciona un medio para botar o recoger cualquier tipo de corrientes de fuga a tierra.
Soldadura Autógena	Comprende la soldadura de forja, basada en la propiedad que tienen el hierro y el acero de soldarse cuando son golpeados al rojo-blanco; La soldadura con Soplete, que utiliza el calor producido por un quemador (Soplete Oxiacetileno); La soldadura Eléctrica (o Soldadura por Arco), en la que el calor necesario para efectuar la Soldadura lo proporciona la corriente eléctrica.
Bentonita	Es una arcilla color pardo, de formación natural, que es levemente ácida, con un pH de 10,5.
GEM	Es un material no corrosivo, hecho a base de polvo de carbón y que posee una resistividad muy baja, lo que lo hace ideal para uso en suelos con una pobre conductividad.
El rayo	Es la reacción eléctrica causada por la saturación de cargas electroestáticas que han sido generadas por la acumulación progresiva del campo eléctrico entre tierra y nube durante la activación de una tormenta típica.
Leader	Son pequeñas descargas no visibles (leader) que se ramifican cada 50 metros más o menos. La velocidad de estas descargas es de unos 100 km./segundo y su duración es aproximadamente de 1 μ s.

Pararrayos	Es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a construcciones o personas.
Efecto corona	Es un fenómeno eléctrico que se produce en los conductores de las líneas de alta tensión y se manifiesta en forma de halo luminoso a su alrededor. Dado que los conductores suelen ser de sección circular, el halo adopta una forma de corona, de ahí el nombre del fenómeno.
Galvanizado	Es el proceso electroquímico por el cual se puede cubrir un metal con otro.
DPST	Double Pole, Single Throw (Doble polo, un solo tiro). Conmutador bipolar simple. Según la posición del codillo, interrumpe o conecta dos líneas a la vez. Tiene 4 clavijas o terminales de conexión.

RESUMEN

A continuación se encuentra una guía de instalación eléctrica a través de la cual se puede formar un criterio para analizar si la instalación realizada es una instalación de alta calidad o no.

Encontrará información amplia sobre cada uno de los subsistemas en que se divide el sistema eléctrico de una radio base típica como lo son:

Conductores eléctricos y ductos, sus propiedades eléctricas y mecánicas, sus partes, sus diferentes aplicaciones, métodos de sujeción y empalme, y las normas a las que están sujetos.

Extensiones de línea y sus componentes, cómo funcionan, porque se utilizan y las normativas para realizarlas de acuerdo a las normativas locales.

Armario eléctrico y los diferentes equipos que lo comprenden, su función y porque se utilizan

Grupo electrógeno, cómo funciona y especificaciones para su adquisición.

Iluminación, las diferentes luminarias a utilizar como funcionan y sus respectivas aplicaciones.

Sistema de puesta a tierra (SPT), cómo realizarlo, qué se puede utilizar en su ejecución, por qué es necesarios y cómo funciona.

Pararrayos, cómo funcionan, por qué se utilizan, cómo se instalan, las normas que debe de cumplir y las normas para realizar la bajada de este a tierra.

Adicionalmente se plantea la problemática causada por el fenómeno de los armónicos, los tipos más dañinos y los daños que estos causan en los equipos y conductores instalados. Se presentan las posibles soluciones para estos efectos con la finalidad de obtener una energía mas “limpia” en las instalaciones de una radio base

Podemos concluir afirmando que contamos con una completa guía sobre cómo realizar una adecuada instalación eléctrica, la cual toca todos los puntos necesarios para lograr eliminar los problemas de mantenimiento correctivo y preventivo que conlleva el realizar una instalación inadecuada.

OBJETIVOS

General

Constituirse en una de las principales herramientas del personal técnico que construye las instalaciones eléctricas de las radio bases típicas para que estas instalaciones se ejecuten con altos índices de calidad tanto en materiales, como en instalación y calidad de potencia, formando en el personal técnico un juicio crítico para distinguir entre una instalación de buena y mala calidad

Específicos:

- 1 Conocer el por qué y para qué se utilizan todos los dispositivos eléctricos que forman parte de una instalación eléctrica en una radio base típica
- 2 Conocer qué tipo de ducto y conductor utilizar en cada caso específico dentro de la instalación eléctrica de una radio base típica

- 3 Lograr la adquisición de un conocimiento con fundamentos para realizar instalaciones de calidad.
- 4 Adoptar un criterio para evaluar las instalaciones realizadas en radio bases típica
- 5 Disminuir el índice de mantenimientos correctivos causados por una mala instalación
- 6 Lograr una alta disponibilidad del servicio prestado, gracias a instalaciones adecuadas que eviten las horas fuera de la radio base.

INTRODUCCIÓN

Hoy día, la comunicación entre los seres humanos se está realizando cada vez, a través de teléfonos móviles. Basta con presionar ciertas teclas de un dispositivo móvil para estar comunicado con cualquier parte del mundo, es por esto que se necesita brindar un servicio ininterrumpido y de una alta calidad. Mantener en operación las 24 horas del día durante un año requiere de instalaciones de calidad que cumplan con altos estándares y que cuenten con una excelente calidad de potencia, con la finalidad de cumplir con la funcionalidad si no también con una disponibilidad del 100%. Por ende, es necesario contar con una guía que muestre de una manera técnica y con un punto de vista ingenieril el cómo, cuándo, dónde y por qué se deben utilizar ciertos tipos de instalaciones y cuando no. La necesidad de esta guía surge por la falta de criterio entre una buena y una mala instalación eléctrica ya que no se cuenta con los parámetros sobre los cuales calificarla y realizar así un juicio crítico al respecto. Con el presente trabajo de graduación se pretende dar una solución plasmada en las páginas de este documento, en donde se muestran los criterios para realizar una instalación eléctrica, que cumpla con altos estándares y normativas, para contar con una alta disponibilidad del servicio y al mismo tiempo una completa satisfacción del cliente, ya que es el motor de este negocio.

1 . LA RADIO BASE (BTS)

1.1 Concepto de radio base (BTS)

La radio base (BTS) controla la conexión radio entre el teléfono móvil y la red y es también conocida por célula, ya que cubre una determinada área geográfica. El sistema esta compuesto por dos elementos: el BTS (*Base Transceiver Station*) y el BSC (*Base Station Controler*). Cada BSS puede tener una o más BTS. Las BTS contienen el equipo de transmisión y recepción (los TRX o *transceivers*) y gestionan los recursos de radio con el terminal móvil. La densidad de suscriptores o las características topográficas del terreno son las que determinan las cantidad de BTS`s a instalar, es por eso que en el área metropolitana la cantidad de BTS`s es mayor que en el interior del país, en zonas rurales debido a lo escabroso del terreno también es necesario una cantidad considerable de BTS`'s instaladas y en algunos casos con características físicas o geográficas particulares (como por ejemplo, túneles y carreteras muy accidentadas) y por medio de repetidoras se intenta garantizar el servicio. Cada estación utiliza técnicas digitales para permitir que varios usuarios se conecten a la red, así como para permitir que hagan y reciban llamadas simultáneamente. Esta gestión se denomina multiplexaje.

El BSC administra los recursos de radio de una o más BTS, entre sus funciones se incluyen el *handoff* (que ocurre cuando el usuario se mueve de una BTS a otra, permitiendo que la conexión se mantenga), el establecimiento de los canales de radio utilizados y cambios de frecuencias, para finalmente,

establecer la conexión entre el móvil y el *Mobile Service Switching Center* (MSC), el corazón del sistema GSM. El MSC es el centro de la red, a través del que es hecha la conexión entre una llamada realizada de un móvil hacia las otras redes fijas o móviles. El nodo en el que se encuentra posee además una serie de equipos destinados a controlar varias funciones, como el cobro del servicio, la seguridad y el envío de mensajes SMS.

1.2 Sistemas electromecánicos que intervienen en el funcionamiento de una radio base típica

Son varios los sistemas que intervienen en la eficiente alimentación de energía eléctrica de una radio base, dentro de ellos podemos encontrar:

- La acometida que es la que sirve de unión entre el medidor y la red del sistema de energía eléctrica, esta compuesta por conductores, conectores, medidor, *breaker* principal y transformador
- Armario eléctrico (armario eléctrico), que es el armario que resguarda de la intemperie a todo el equipo eléctrico que interviene en el correcto suministro y distribución de energía eléctrica, en su interior se encuentran instalados:
 - El tablero de distribución, que es el que controla y distribuye la energía eléctrica de los circuitos que forman parte de la radio base típica (Balizas, radio base 1, radio base 2, iluminación exterior y tomacorriente)

- El supresor de transitorios, que protege al equipo de picos de energía provocadas por maniobra o descargas electro atmosféricas drenando las mismas a tierra o fallando dependiendo de la magnitud de la descarga
- El supresor de balizas que contrarresta las descargas que pudiesen conducirse a través de los conductores de alimentación de balizas.
- La transferencia automática, que es la encargada de censar la red energía eléctrica comercial y en caso de que la misma fallara pondrá en marcha el generador y trasladara las cargas a este para que las alimente.
- Panel de control de balizas (de ser necesario), que es el que controla los destellos producidos por las balizas (luces de obstrucción)
- Grupo electrógeno, que es un motor de combustión interna acoplado mecánicamente a un generador síncrono autoexcitado el cual por medio de rotación y campos magnéticos genera energía eléctrica alterna para alimentar a la radio base en caso de emergencia causada por la ausencia de suministro de energía eléctrica comercial
- Sistema de puesta a tierra (SPT), que es una red formada por láminas conductoras de cobre desnudo unidas a varillas *cooperweld* por medio de soldadura exotérmica entrelazadas entre si formando un anillo equipotencial, esta diseñada para drenar descargas de energía a tierra protegiendo así al equipo y al personal que pudiese estar trabajando

dentro de la instalación en ese momento .Todos lo equipos están conectados a esta red de tierras por medio de platinas de cobre, que son barras de cobre perforadas para servir de conexión entre la red de tierras y el equipo instalado.

- Pararrayos auto cebado (PDC), es un dispositivo que se encuentra montado en un mástil y se encarga de generar cargas en la atmosfera por medio de un circuito electrónico con la finalidad de atraer los rayos hacia el y drenarlos a tierra a través de la bajada de pararrayos protegiendo así al equipo y al personal.
- Bajada de pararrayos, esta compuesta en su inicio por un tramo de 6m de cable Thompson de cobre esta va unido a la torre en el primer montante, luego es la misma torre la que funciona como conductor para conducir las descargas a tierra, cada sección de la torre se encuentra unida por medio de *jumpers* trenzados de acero galvanizado para mejorar la eficiencia de conducción. Este material es utilizado en sustitución del cobre debido al alto índice de robos del que se veía objeto un sitio, y dada la alta frecuencia (del orden de MHz) de las descargas eléctricas este es un conductor que satisface las necesidades de conducción.

1.3 Requerimientos y calidad de la potencia

Una buena calidad de potencia no es fácil de obtener ni de definir, puesto que su medida depende de las necesidades del equipo que se está alimentado; una calidad de potencia que es buena para el motor de un refrigerador puede no ser suficientemente buena para una computadora personal. Una salida o corte momentáneo no causa un importante efecto en motores y cargas de

alumbrado, pero sí puede causar mayores molestias a relojes digitales o computadoras. Todo proyecto integral de energía debe ser concebido bajo el ambiente de *calidad de potencia*, con lo cual se asegura un suministro de tensión con altos niveles de confiabilidad para el correcto funcionamiento de los equipos electrónicos, los cuales están manejando procesos críticos y de gran importancia para el buen funcionamiento y servicio al cliente que una entidad debe cumplir.

Es por ello que la presentación de un proyecto debe realizarse con base en los lineamientos dados por las normas internacionales de instalaciones eléctricas y equipos para cargas sensibles y en misión crítica tales como:

- UL (*Underwriters Laboratories*): especificaciones de seguridad para los equipos que sirven centros de cómputo y equipos electrónicos sensibles.
- ANSI (*American National Standard Institute*): instituto que homologa y normaliza las recomendaciones del IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) para los diversos ambientes y equipos aplicados a las instalaciones eléctricas.

Debido a que estas normas abarcan una gran cantidad de información en el apartado posterior se describen algunas de ellas, en la aplicación se pueden utilizar varias normas para poder contar con una alta calidad de potencia. Con las anteriores fuentes de información y aplicando las normas específicas del apartado siguiente se analizan los diversos fenómenos que pueden afectar las cargas electrónicas que se alimentarán; como son: cableados y sistemas de puesta a tierra, armónicos, transitorios, ruido electromagnético, fluctuaciones de tensión y cortes de energía entre otros.

1.3.1 Procedimientos en la implementación de los diseños calidad de potencia

Para estar acorde con los elevados índices de calidad de un proyecto "Calidad de Potencia", todas las obras deben ir acompañadas de un conjunto de procedimientos acordes con el lugar donde se realicen las obras. Los equipos y materiales utilizados deben tener altas especificaciones técnicas y mecánicas, para complementar la calidad de los equipos utilizados. Todas las obras irán acompañadas de planos definitivos en forma impresa y magnética, con las notas apropiadas para su interpretación. Se debe presentar un manual de procedimientos y recomendaciones para obras eléctricas futuras y la acción a tomarse ante contingencias mientras llega la atención y el asesoramiento por parte de la empresa encargada del mantenimiento. Todos los diseños a realizar tomarán como base las normas internacionales de calidad de la potencia como:

- ANSI-IEEE 519-1992 "*IEEE Recommended practice for harmonic control in Electrical power system*" "Guía para control armónico y compensación de reactiva en convertidores de potencia estáticos" esta normativa limita la cantidad de corriente armónica inyectada a la red general, y responsabiliza al cliente por la misma.
- ANSI-IEEE C57.110-1986 "*IEEE Recommended practice for establishing transformers capability when supplying non sinusoidal load currents*". Esta norma establece los criterios de cargabilidad de transformadores de potencia que alimentan cargas no lineales, estos no deben de operar a más del 80% de su potencia nominal.

- ANSI-IEEE 1100-1992 "*IEEE Recommended practice powering sensitive electronic equipment*". El estándar IEEE 1100 se presenta en un libro esmeralda titulado "Práctica Recomendada para Suministrar Energía Eléctrica y Conectar a Tierra Equipos Electrónicos Sensibles". Este estándar es el libro de referencia recomendado para soluciones de calidad de energía a escala de una planta. El alcance definido de la publicación es "recomendar prácticas de diseño, instalación y mantenimiento para suministrar energía eléctrica y conectar a tierra equipos electrónicos sensibles utilizados en aplicaciones comerciales e industriales".
- UL 1449 "*Standard for safety transient voltage surge suppressors*". Estas exigencias se refieren a los dispositivos que protegen y limitan los aumentos repentinos de transitorios en el estándar 50 y 60 Hz en circuitos no superiores a 1000V
- UL 1283, Estas exigencias cubren los filtros de interferencia electromagnética instalados sobre o conectados a 600V o circuitos de baja potencia, 50 y 60 Hz, e instalados de acuerdo al código eléctrico nacional.
- ANSI-IEEE C62.41-1991 "*IEEE Recommended practice and surge in low-voltage AC power circuits*". La definición de las formas de onda de un Transiente, sus magnitudes (Voltaje y Corriente) y duración es determinado por el estándar ANSI/IEEE C62.41-1991 dicho estándar indica de que magnitud y duración serán los Transientes que se podrán presentar en cada segmento de la red eléctrica.

- ANSI- IEEE C62.45. *“Guide on surge testing for equipment connected to low voltage AC power circuits”* Este documento proporciona pruebas adecuadas y directrices sobre el aumento de la vida útil de los equipos, métodos de prueba de conexión, pruebas de requerimientos de seguridad y varias teorías sobre técnicas de supresión. La intención es proporcionar antecedentes que pueden ayudar a determinar si el equipo o circuito es adecuado para "resistir" la capacidad de estos.
- CBEMA (*Computers and Business Manufactures Association*) Norma ANSI-IEEE 446-1987. Esta norma está escrita para ayudar a los usuarios de instalaciones médicas, industriales y equipos electrónicos para conocer la demanda de energía casi completamente libre de excursiones de frecuencia, caídas de voltaje, picos y transitorios. Se incluye la recomendación de prácticas de ingeniería para la selección y aplicación de equipos de emergencia stand-by y proporciona directrices para garantizar el servicio eléctrico ininterrumpido
- NFPA 75. Protección de equipos electrónicos procesadores de datos por computadora, que presenta un enfoque lógico de la protección contra incendios y la continuidad del negocio basado en el riesgo. En esta norma encontramos: Prevención de incendios, Barreras contra incendio, Sistemas de protección contra incendios, Los registros se deben almacenar en gabinetes metálicos cerrados, Construcción, Debajo del piso elevado y encima del cielorraso suspendido.
- NFPA 78. Todos los medios de puesta a tierra en una estructura, o sobre ella, se interconectarán para proporcionar un potencial común a tierra, Esto incluirá las tierras de la protección contra los rayos, el servicio

eléctrico, teléfono y antenas, así como los sistemas de tuberías metálicas soterradas.

1.3.2 Objetivos, beneficios y rentabilidad

Estas son algunas de las ventajas que conlleva una adecuada implementación de un proyecto de “Calidad de Potencia”

- El alto nivel del MTBF (*Mean Time Before Fault*) de las instalaciones eléctricas generales.
- Se implementa un diseño integral con especificaciones de última tecnología.
- Los costos de operación son menores debido al nivel de protección que ofrece el sistema eléctrico y optimiza todos los procesos energéticos con ahorro y calidad
- El presupuesto de mantenimiento disminuye debido a la calidad de los equipos y su elevado MTBF
- La vida útil de los equipos será mayor, pues los fenómenos que los afectan son controlados y el diseño de la “calidad de la potencia” garantiza su operación bajo diversas consideraciones de fabricación.
- La facilidad de operación de los equipos garantiza su mantenimiento en muchos niveles y facilita la capacitación del personal de la entidad.

Una buena calidad de potencia se centra en el suministro de cargas electrónicas sensibles y en misión crítica, las cuales son conocidas por su comportamiento no lineal ante la tensión y su consecuente distorsión de onda de corriente.

1.3.3 Alcance de la calidad de potencia

Equipos como computadoras, equipos de telecomunicación avanzados y todos los que usen conversión de potencia, han creado nuevos factores para analizar la calidad de la potencia. Además de los asuntos de interés de estado estable normal, los diseñadores de equipos, instalaciones eléctricas internas y externas deben considerar los transitorios, los disturbios momentáneos y los armónicos. La mayoría de los problemas de tensión están asociados con:

- Impulsos transitorios de tensión
- Caídas momentáneas de tensión
- Elevaciones momentáneas de tensión
- Interrupciones momentáneas de tensión
- Interrupciones muy frecuentes de tensión
- Armónicos
- *Flicker*

Estos disturbios puede resentir el equipo sensible ya que la mayoría no están diseñados para resistir estos transitorios de tensión. Algunas de las cargas sensibles introducen armónicos al sistema. A continuación se mencionan algunos de los problemas causados por una mala calidad de potencia:

- Fallas intermitentes de equipos de cómputo
- Fallas permanentes de equipos de cómputo
- Interferencia con equipos de comunicaciones
- Mal funcionamiento de controladores de procesos
- Reducción de la vida útil de capacitores, transformadores y equipos de interrupción
- Daño de motores durante el arranque (Aire acondicionado)
- Sobrecarga de cables, equipos de interrupción, transformadores
- Medida inexacta de la potencia
- Operación insatisfactoria de generadores en stand-by
- Riesgos de choque eléctrico fatal
- Disparos indeseados de interruptores

1.3.4 Compatibilidad electromagnética

El ruido eléctrico puede definirse como cualquier señal indeseada que penetra a un sistema (equipo), y la susceptibilidad es el grado de respuesta de un sistema al ruido. La compatibilidad electromagnética (CEM) es la habilidad de un equipo eléctrico para funcionar correctamente inmerso en un ambiente ruidoso. Asimismo, las perturbaciones electromagnéticas que genere deben estar por debajo de un nivel que les permita a los demás equipos operar correctamente. Para que el ruido sea un problema, debe existir una fuente del mismo, un receptor que sea susceptible y un canal de acople que transmita el ruido al receptor. El ruido se controla actuando sobre la fuente, insensibilizando el receptor o disminuyendo la energía que se puede transmitir a través del canal. El acople no necesariamente tiene que ser del tipo galvánico (por conducción directa) sino que también puede ser por:

- Radiación.
- Acoplo inductivo.
- Acoplo capacitivo (electrostático).

La compatibilidad se debe considerar en el momento del diseño, ya que si se ignora hasta que el problema surja durante las primeras pruebas, las soluciones serán caras e insatisfactorias (Esto implica un estudio desde el punto de vista de la teoría electromagnética (H, B, D, E)). El ruido de modo común es una señal indeseada que aparece entre neutro y tierra o que en general involucra la tierra de los equipos, en tanto que el ruido de modo normal aparece entre fases y neutro o en general involucra los conductores que normalmente transportan corriente. Un transformador es un excelente medio

para eliminar el ruido de modo común, ya que al colocar su tierra y neutro unidos se cortocircuita el ruido de modo común. Teniendo en cuenta la cercanía (en ciertos aspectos) entre los conceptos de la calidad de la potencia (CP) y la compatibilidad electromagnética, es importante establecer que el objetivo de análisis de la calidad de la potencia son las características de la tensión de alimentación bajo:

- Condiciones normales de operación.
- En condiciones de perturbación transitorias o fluctuaciones. La calidad de potencia está relacionada sólo con los fenómenos por conducción directa a través del sistema de potencia.

La compatibilidad electromagnética establece los límites de inmunidad, compatibilidad, emisión y pruebas para los equipos conectados a la red. La Comunidad Económica Europea (CE) ha establecido directivas para regular el libre comercio en los países de la comunidad, entre las cuales se encuentra la directiva de CEM "*EMC directive 89/336/EEC*". Esta directiva establece que los aparatos producidos para la comunidad deben construirse de tal manera que las perturbaciones electromagnéticas que generen estén por debajo de un nivel que les permita a los equipos de radio y telecomunicaciones y a otros operar debidamente. Asimismo, los aparatos deben tener un nivel adecuado de inmunidad contra perturbaciones electromagnéticas que les permitan operar adecuadamente.

1.3.5 Soluciones al problema de la calidad del servicio

Cuando se trata de cargas sensitivas se deben considerar soluciones a ambos lados del contador, tanto por parte de la empresa eléctrica que presta el servicio, como del usuario.

1.3.5.1 Soluciones al lado del usuario

Antes de adoptar cualquier medida se deben revisar las instalaciones del usuario, verificar si no hay sobrecargas, si las puestas a tierra son adecuadas, si opera correctamente las cargas, etc.

En el mercado el usuario dispone de una gran variedad de dispositivos para proteger los equipos sensibles, igualmente éstos se consiguen a una gran variedad de precios. A continuación se enumeran las más importantes soluciones que el usuario puede considerar:

- Software de auto chequeo.
- Cambios en la operación de equipos.
- Adecuadas puestas a tierra.
- Diseño de circuitos de potencia.
- Unidades de distribución portables (PDU).

- Supresores de picos.
 - MOV.
 - Diodos de avalancha.
 - Descargadores de gas.
- Filtros a la entrada de línea AC.
- Transformadores de aislamiento.
- Reguladores de tensión.
- Grupo electrógeno
- Alimentadores duales con transferencia estática.
- Fuentes de poder ininterrumpidas (UPS).
 - En espera.
 - En línea.
 - Doble conversión
- Blindajes.
- UPS con moto-generador.
- Corrección del factor de potencia.
- Conexiones delta en transformadores y multiplicación de fases.

1.3.6 Calidad de energía en Radio Bases

La calidad de potencia en este ramo es de gran importancia, ya que las radio bases forman parte vital del proceso de telecomunicaciones móviles, una mala calidad de potencia repercute en problemas que llegan a causar pérdidas millonarias debido a daños o a las horas que el equipo queda fuera de funcionamiento. Siendo inadmisibles ciertos números de horas fuera de servicio del equipo, se requiere de una alta calidad de potencia para su correcto funcionamiento, esta alta calidad de potencia se logra con lo siguiente:

- Software de auto revisión.
- Adecuadas puestas a tierra.
- Diseño de circuitos de potencia.
- Unidades de distribución portables (PDU).
- Supresores de picos.
 - MOV.
- Conjunto motor – generador.
- Alimentadores duales con transferencia estática.
- Bancos de baterías
- Pararrayos

Con lo anterior, se puede observar que las radio bases cuentan con un alto nivel de calidad de potencia, cumpliendo con su labor continua de comunicación, llegando a interrumpir su funcionamiento en condiciones realmente críticas causadas por la naturaleza o por vandalismo.

1.4 Armónicos

1.4.1 Causas principales

En un sistema de potencia ideal, la tensión suministrada al equipo del consumidor y la corriente de carga resultante son ondas seno perfectas. Sin embargo, en la práctica, las condiciones nunca son ideales, así que estas formas de onda son con frecuencia distorsionadas. Esta desviación de la onda seno perfecta es expresada en términos de la distorsión armónica de las formas de onda de corriente y de tensión. Los problemas de distorsión armónica no son nuevos para las empresas de energía. En efecto, tal distorsión fue observada por el personal de operación de una empresa de energía hacia los años de 1920 y fueron provocadas por cargas no lineales conectadas a los sistemas de distribución de dichas empresas. Los componentes del sistema de potencia son primordialmente diseñados para servir cargas lineales o cargas que tienen una distorsión de corriente mínima. El creciente uso de convertidores electrónicos y de potencia estáticos ha causado un creciente interés sobre la generación de corrientes armónicas y los efectos que esas corrientes tienen sobre el sistema de potencia incluyendo los sistemas de distribución de los edificios, cualquier sistema de generación local y el sistema distribución de la empresa de energía. El tópico de distorsión de corriente armónica y los convertidores estáticos son con frecuencia aplicados sólo a sistemas de potencia industriales donde los grandes convertidores de potencia son usados para accionamiento de motores, calentadores eléctricos, UPS, etc.

Sin embargo, con la aplicación de la electrónica a casi todas las cargas eléctricas, desde los electrodomésticos del consumidor hasta los controles de procesos industriales, una multitud de convertidores de potencia estáticos están presentes en cada tipo de sistema de potencia (residencial, comercial e industrial), conduciendo a un interés individual acerca de la distorsión de corriente armónica. Los convertidores estáticos incluyen no solamente los grandes convertidos de potencia SCRs sino también diodos rectificadores de las fuentes de potencia electrónicas.

Estos armónicos pueden llegar a causar daños a los equipos electrónicos que se utilizan en telecomunicaciones, ya que estos son constituidos casi en su totalidad por dispositivos de estado sólido que pueden verse afectados por los armónicos, la utilización de conexiones Δ -Y en los transformadores a ayudado a ser un filtro de armónicos pero por la sensibilidad de los equipos esto ya no es suficiente para garantizar una instalación libre de armónicos, por lo que es necesario iniciar con la implementación de filtros de armónicos para proteger los equipos electrónicos que son el corazón de las telecomunicaciones.

Las principales fuentes de armónicos son las siguientes:

- Equipos de cómputo: computadores personales, mini computadores, estaciones de trabajo, disk drivers, impresoras láser, comunicaciones.
- Sistemas de potencia ininterrumpida (UPS).
- Sistemas cargadores de baterías.
- Alternadores electrónicos.

- Rectificadores.
- Accionadores de estado sólido.
- Lámparas de encendido electrónico.
- Transformadores sobrecitados.
- Lámparas fluorescentes (y su accionador electrónico).

1.4.2 Historia

En el pasado, los generadores DC, accionados con motor AC, conocidos como conjunto moto-generadores (MG) proporcionaron la energía a motores y cargas que requerían potencia DC. El enlace mecánico no solamente transmitió la potencia eléctrica entre los dos sistemas sino que efectivamente aisló un sistema del otro. Los rectificadores estáticos comenzaron a proliferar, sin embargo, representaron problemas nuevos que llegaron a ser especialmente perjudiciales cuando la unidad de conversión de estado sólido y/o su carga representaban una porción sustancial de los requerimientos de potencia del sistema total. En el principio el problema radica en el bajo factor de potencia pero los requerimientos económicos y de regulación de tensión del sistema hicieron mejorar el factor de potencia del sistema por medio de la adición de capacitores paralelo para corregir el factor de potencia. Desdichadamente, la aplicación de estos capacitores creó otros problemas al sistema.

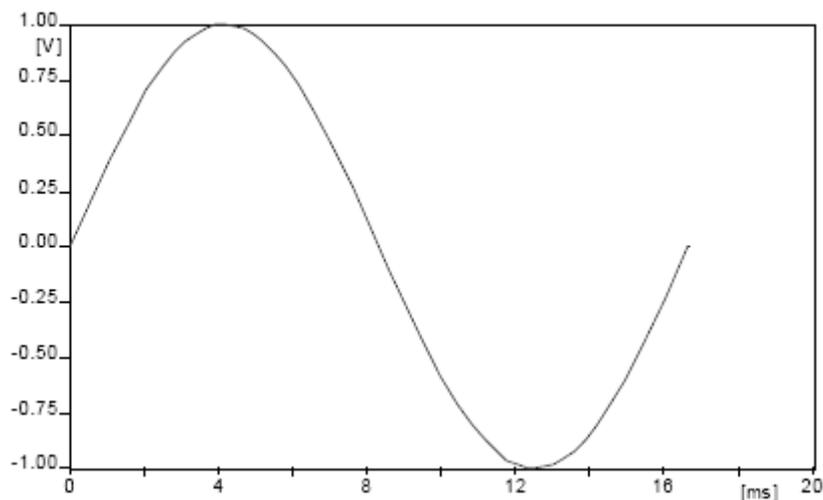
Con la presencia de armónicos, equipos electrónicos tales como computadoras, sistemas de telecomunicaciones y controladores pueden

responder incorrectamente a las entradas normales, no responden a todas ellas, o dan falsas salidas.

1.4.3 Teoría

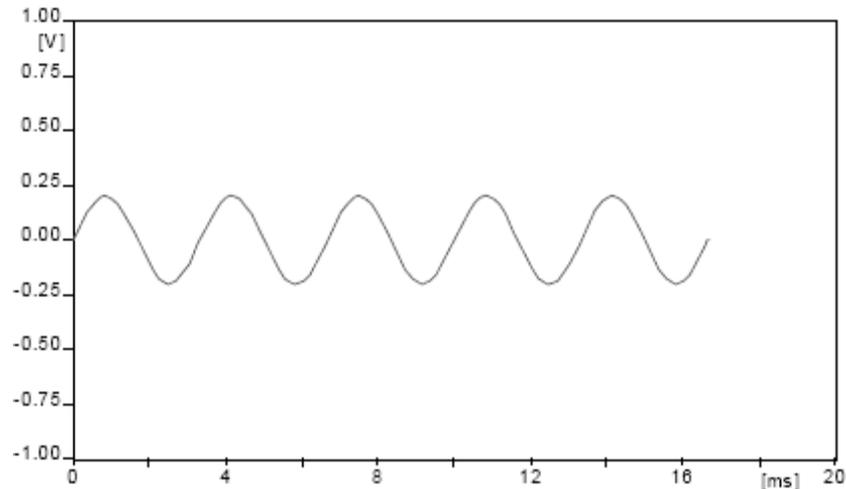
Un armónico puede ser definido como " un componente sinusoidal de una onda periódica o cantidad que tiene una frecuencia que es un múltiplo entero de una frecuencia fundamental". Es decir, un armónico se entiende como tensiones y/o corrientes presentes en un sistema eléctrico a un múltiplo de la frecuencia fundamental (180, 300, 420, 540, 600Hz, etc.). La Figura 1 describe la onda sinusoidal de 60Hz representativa de las formas de onda y reales de corriente y tensión encontrada en sistemas de potencia. La onda seno tiene un valor pico de 1.0 pu La Figura 2 muestra una onda seno de 300Hz (referida como un 5° armónico) con un pico de 0.2 p.u. Las dos ondas seno difieren en frecuencia y magnitud. La Figura 3 ilustra la forma de onda resultante de la suma de las figuras de 1 y 2. La forma de onda resultante ya no es una onda sinusoidal suave sino que está distorsionada por la presencia de un armónico.

Figura 1. **Onda sinusoidal.**



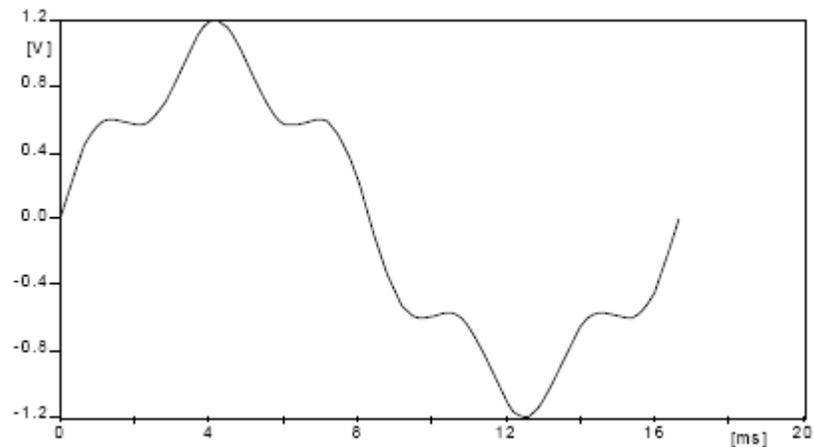
Fuente: Samuel Ramírez Cataño. **Calidad del Servicio de Energía Eléctrica. Pág. 55**

Figura 2. Onda seno de 300Hz (referida como un 5° armónico) con un pico de 0.2 p.u.



Fuente: Samuel Ramírez Cataño. **Calidad del Servicio de Energía Eléctrica. Pág. 55**

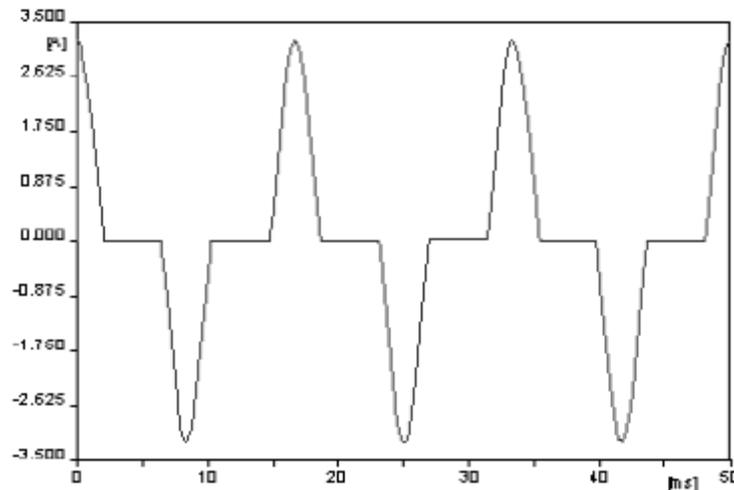
Figura 3. Forma de onda resultante de la suma de las figuras de 1 y .2.



Fuente: Samuel Ramírez Cataño. **Calidad del Servicio de Energía Eléctrica. Pág. 55**

Por ejemplo, las BTS de las radio bases utilizan dispositivos de estado sólido que usan diodos, tiristores, etc., que como el simple rectificador monofásico de onda completa, producen una corriente rica en armónicos como se aprecia en la Figura 4, aunque la forma de onda de la tensión de entrada es sinusoidal.

Figura 4. Corriente rica en armónicos producida por rectificador monofásico de onda completa.



Fuente: Samuel Ramírez Cataño. **Calidad del Servicio de Energía Eléctrica. Pág. 55**

1.4.4 Síntomas de armónicos

Los principales síntomas de los armónicos son los siguientes:

- Sobrecalentamiento y daño de conductores eléctricos, particularmente del neutro.
- Sobrecalentamiento y falla prematura de transformadores, inclusive incendio.
- Disparo indeseado de interruptores y relés.
- Sobrecalentamiento y sobrecarga de generadores de emergencia.

- Inducción de ruido en las líneas (por acople magnético o electromagnético entre circuitos de potencia eléctrica y de comunicaciones).
- Mal funcionamiento de relés.
- Mal funcionamiento de dispositivos de estado sólido.
- Errores en equipos de medida.
- Interferencia telefónica.
- Aumento de pérdidas (óhmicas y dieléctricas) en conductores.
- Medidas falsas y operación inoportuna de reguladores, relés y contactores.
- Sobre calentamiento de neutros.

En el pasado, las fuentes de armónicos (fuentes no lineales) no fueron muy utilizadas, y los niveles de armónicos eran bajos, (cuando ocurrían terceros armónicos) fueron mitigados mediante el uso de conexiones Δ -Y en el transformador. Hoy sin embargo, el interés por los armónicos es incrementado por tres razones:

- La proliferación de convertidores de potencia estáticos (cargas no lineales).

- Probabilidad adicional de que se presenten circuitos resonantes a causa de capacitores para corregir factor de potencia.
- Más equipos del sistema de potencia y cargas de consumidores son más sensibles a armónicos.

1.4.5 Filtros para armónicos

Básicamente, los equipos de filtrado permiten resolver los inconvenientes planteados anteriormente. Para definir el tipo de equipo a instalar es necesario efectuar un minucioso estudio de armónicas, con mediciones de tensión y corriente, análisis mediante simulador y selección del equipo mas adecuado. Como el circuito de filtrado absorbe parte o la totalidad de las armónicas generadas por los convertidores, deberá ser adecuadamente diseñado. Los filtros pueden clasificarse en:

1.4.5.1 Filtros desintonizados o anti resonantes

Están diseñados para presentar una frecuencia de resonancia por debajo de la menor armónica que ofrece el sistema (generalmente la 5^o). El valor de frecuencia de de-sintonía se encuentra comprendido entre 179 y 223 Hz y se logra agregando un reactor de de-sintonía en serie con los capacitores de uso convencional. Dicho reactor elevará la tensión del capacitor por sobre la tensión de la red, siendo necesario que la tensión nominal de éste deba elegirse superior al valor resultante. El valor de la sobretensión en el capacitor dependerá del grado de de-sintonía elegido.

Este tipo de instalación tiene además un efecto parcial de filtrado, permitiendo la reducción del nivel de distorsión armónica de tensión existente en la red, y este efecto es tanto mas importante a medida que la frecuencia de resonancia del filtro se aproxima a la frecuencia de resonancia armónica natural, dicho en otros términos cuanto mayor es el grado de de-sintonía menor será la absorción de armónicas. Un mayor efecto de absorción (grado de filtrado) siempre depende de la impedancia de corto circuito del sistema y la resistencia residual del circuito de filtrado. Los filtros anti resonantes (o de rechazo) se recomiendan para todos los casos donde las cargas generadoras de armónicas se encuentran entre un 20 y un 50% de la carga total a compensar, dependiendo este rango del grado de distorsión que presenten las cargas no lineales.

1.4.5.2 Filtros sintonizados

Estos filtros presentan una impedancia muy baja para la corriente armónica Individual, derivando la mayor parte de la corriente distorsiva generada por las cargas no lineales, hacia el filtro y no hacia el suministro. El valor de la frecuencia de resonancia en este caso, se encontrará siempre levemente por debajo de la armónica que se desea filtrar, aunque mucho mas próxima que en el caso de los filtros desintonizados. En estos casos es muy importante tener en cuenta el valor de la corriente armónica máxima que se desea filtrar, pues de ésta dependen del dimensionamiento del reactor y la tensión del condensador. El dimensionamiento de este tipo de filtros, requiere por lo tanto, un estudio más a fondo de las características de la instalación, las armónicas presentes y el objetivo de distorsión en barras al cual se quiere llegar.

1.4.5.3 Aplicación

Los equipos de filtrado, empleados en las instalaciones industriales y redes antes mencionadas, permiten obtener las siguientes mejoras:

- Compensación de la potencia reactiva a la frecuencia fundamental para un factor de potencia especificado.
- Disminuyen el porcentaje de distorsión armónica total (THD).
- Evitan fenómenos de resonancia, que surgirían al conectar capacitores sin protección contra armónicas.
- Disminución de pérdidas activas en cables y aparatos electromagnéticos, por reducción del THD.

2 . CONDUCTORES ELÉCTRICOS Y DUCTOS

2.1 Conductores eléctricos

Se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad, un conductor eléctrico está formado principalmente por el conductor, usualmente de cobre, este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí. Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas. El uso de uno u otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste y maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo. Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos, el tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, 99.99%, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple dependiendo del uso que se les quiera dar: duro, semiduro y blando o recocido.

2.1.1 Parámetros característicos

2.1.1.1 Resistividad de un conductor

Es la pérdida de potencia que sufre una corriente eléctrica de un amperio de intensidad al atravesar un conductor de longitud y sección unitaria. Se mide en $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}$. Es una característica intrínseca del material, como podría ser la densidad, y depende de su pureza, estructura molecular y cristalina, así como de la temperatura. Al concepto inverso, esto es, la facilidad que presenta un material al paso de la corriente eléctrica se le denomina conductividad. La resistividad nominal, a la temperatura de 20°C es:

- Para el cobre de 17,241 $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}$
- Para el aluminio de 28,264 $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}$

2.1.1.2 Resistencia del conductor

Lo mismo que ocurre con el agua que atraviesa una tubería, al aumentar la longitud aumenta el rozamiento y se pierde presión, y al aumentar su sección pasa el líquido con mayor facilidad, las pérdidas que se producen cuando un cable es atravesado por una corriente eléctrica son directamente proporcionales a su longitud e inversamente proporcionales a la sección, por lo que se calcula multiplicando la resistividad nominal, antes citada, por la longitud en km y se divide el producto por la sección en mm^2 .

El resultado se expresa en ohmios (Ω) y como antes, sería la potencia disipada en el cable en forma de calor, al ser recorrido por una corriente de un amperio. En la práctica, se especifican siempre a la temperatura de 20°C y en

corriente continua. Por consiguiente, es preciso referir la resistencia de las muestras a la citada temperatura de 20°C y a la longitud de un km. a través de las fórmulas correspondientes

2.1.1.3 Partes de los conductores eléctricos

Los conductores eléctricos se componen de tres partes muy diferenciadas:

- El alma o elemento conductor.
- El aislamiento.
- Las cubiertas protectoras.

2.1.1.3.1 El alma o elemento conductor

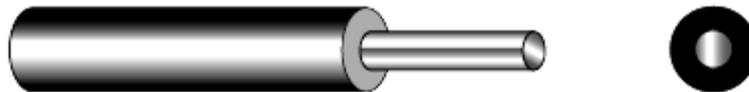
Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.).

De la forma como esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos:

- Según su constitución
 - Alambre: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor. Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones

eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

Figura 5. **Alambre**



Fuente: Jorge Araya Díaz. **Conductores eléctricos. Pág.3**

- Cable: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

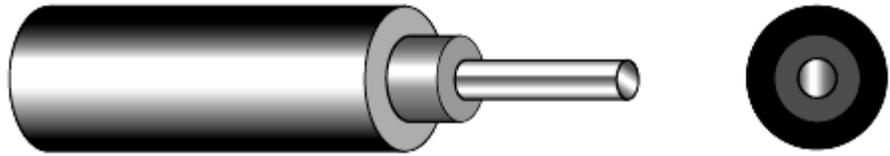
Figura 6. **Cable**



Fuente: Jorge Araya Díaz. **Conductores eléctricos. Pág.3**

- Según número de conductores
 - Mono conductor: Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislación y con o sin cubierta protectora.

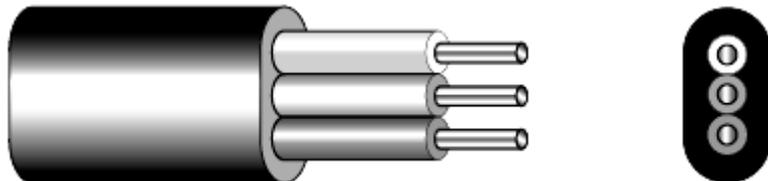
Figura. 7 **Mono conductor**



Fuente: Jorge Araya Díaz. **Conductores eléctricos. Pág.3**

- Multiconductor: Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envuelta cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.

Figura 8. **Multiconductor**



Fuente: Jorge Araya Díaz. **Conductores eléctricos. Pág.3**

2.1.1.3.2 Aislante

Un material aislante es aquel que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite su desplazamiento y, por ende, el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo. En estos materiales para conseguir una determinada corriente sería necesario aplicar una tensión muchísimo más elevada que en el conductor; ello no ocurre dado que se

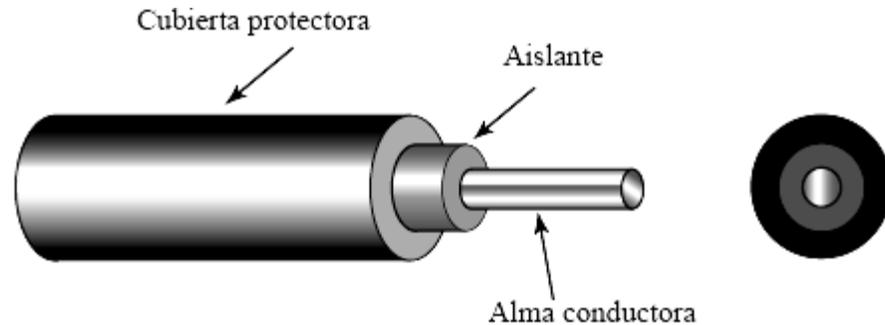
produce antes la perforación de la aislación que el paso de una corriente eléctrica detectable, se dice entonces que su resistividad es mucho mayor. El objetivo del aislante en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación, también evita que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí. Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento térmico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno PE, el caucho, la goma, el neopreno y el nylon. Si el diseño del conductor no considera otro tipo de protección se le denomina aislación integral, porque este aísla y da revestimiento a la vez, si la tiene, la protección adicional que esta sobre el aislante se denomina revestimiento, chaqueta o cubierta.

2.1.1.3.3 Cubierta protectora

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor, es proteger la integridad de la aislación y del alma contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina “armadura”, también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio, si en lugar de aluminio se utiliza cobre a esta protección se le denomina pantalla o blindaje.

Figura 9. **Partes del conductor**



Fuente: Jorge Araya Díaz. **Conductores eléctricos. Pág.4**

2.1.2 Clasificación de conductores

2.1.2.1 Clasificación de los conductores eléctricos, de acuerdo a sus condiciones de empleo.

La selección de un conductor debe asegurar una capacidad de transporte de corriente adecuada, una capacidad de soportar corrientes de cortocircuito apropiadas, una adecuada resistencia mecánica y un comportamiento acorde con las condiciones ambientales en que operará.

- Los conductores de cobre desnudos. Estos son alambres o cables y son utilizados para:
 - Líneas aéreas de redes urbanas y rurales.
 - Tendidos aéreos de alta tensión a la intemperie.
 - Redes de tierras
 - Bajadas de pararrayos

- Alambres y cables de cobre con aislación. Estos son utilizados en:
 - Líneas aéreas de distribución y poder, empalmes, etc.
 - Instalaciones interiores de fuerza motriz y alumbrado, ubicadas en ambientes de distintas naturaleza y con diferentes tipos de canalización.
 - Tendidos directamente bajo tierra, bandejas o ductos.
 - Control y comando de circuitos eléctricos (subestaciones, industriales, etc.).
 - Tendidos eléctricos en zonas de hornos y altas temperaturas.
 - Tendidos eléctricos bajo el agua (cable submarino) y en barcos.
 - Otros que requieren condiciones de seguridad.

Ante la imposibilidad de incluir en este documento la totalidad de las tablas que existen, con las características técnicas y las condiciones de uso de los conductores de cobre, tanto desnudo como aislado, contamos con algunos ejemplos de las más utilizadas por los profesionales, técnicos y especialistas. Se recomienda solicitar a los productores y fabricantes las especificaciones, para contar con la información necesaria para los proyectos eléctricos.

2.1.3 Criterios de dimensionamiento de conductores

2.1.3.1 Generalidades

Dimensionar un circuito, terminal o de distribución, es determinar la sección de los conductores y la corriente nominal del dispositivo de protección contra sobre corrientes. En el caso más general, el dimensionamiento de un circuito sigue las siguientes etapas:

- Definir la tensión nominal del cable.
- Determinar la corriente de proyecto.
- Escoger el tipo de conductor y la forma de instalación.
- Determinar la sección por el criterio de "Capacidad de Conducción de Corriente".
- Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas.

2.1.3.2 Tensión nominal de los cables

La tensión nominal del cable debe ser apropiada para las condiciones de operación de la red en la que el cable va a ser instalado, en las designaciones de tensiones de cables se consideran:

U_0 tensión nominal a frecuencia industrial entre el conductor y el conductor de protección a tierra o pantalla metálica para la cual está diseñado el cable.

U tensión nominal a frecuencia industrial entre los conductores para la cual está diseñado el cable.

U_m tensión máxima para el equipamiento

Para cada valor de la tensión U , los valores correspondientes de U_0 en función de las características de la red se definen de la forma siguiente:

- Categoría I: Comprenderá las redes que en el caso de falla de una fase contra tierra el cable es retirado de servicio en un tiempo no mayor de 1h. Cuando se utilicen cables con conductores aislados, individualmente apantallado, podrán ser toleradas duraciones más prolongadas, pero en ningún caso dichos períodos serán mayores de 8 h. Se preverá que estas situaciones anormales no se presenten frecuentemente.
- Categoría II: Comprenderá todas las redes que no están incluidas en la categoría I.

Tabla I. **Categorías del cable de acuerdo con la tensión de la red**

Tensión nominal de la red U (V)	Tensión máxima de la red Um (V)	Categoría	Tensión entre conductor y tierra Uo (V)
1100	1200	II	600
3300	3600	II	2300
6600	7200	I	3800
-	-	II	5200
13200	14500	I	7600
-	-	II	10500
33000	36000	I	19000

Nota: Para redes cuya tensión máxima permanente no esté incluida en la tabla, se considerará el valor inmediato mayor.

Nota: Si el cable es usado en un sistema donde una falla a tierra no es automática y rápidamente eliminada, el esfuerzo dieléctrico adicional sobre la aislación del cable durante la falla a tierra, reduce en cierto grado la vida útil de la aislación. Por ello, si el sistema está previsto para operar regularmente con una falla a tierra, se deberá adoptar la categoría II.

2.1.3.3 Cálculo de la capacidad de conducción de corriente

La complejidad de los cálculos ha popularizado el empleo de tablas de dimensionamiento, provistas por los fabricantes de conductores. Por ejemplo para cables en ductos empotrados o a la vista, Cables Pirelli fabrica la línea Pirastic Ecoplus. Se trata de cables unipolares aislados en PVC, cuyos datos principales son:

Tabla II. Datos cables Pirelli Pirastic Ecoplus.

Sección nominal	Diámetro máximo de alambres del conductor	Espesor de aislación nominal	Diámetro exterior aprox.	Peso aprox.	Intensidad de corriente admisible en cañerías (1)	Intensidad de corriente admisible al aire libre (1)	Caída de Tensión (2)	Resist. eléctrica máxima a 20°C yCC
mm ²	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A	V/A km	Ohm/km
0,75	0,21	0,6	2,4	12.00	8.00	10.00	50.00	26.00
1,0	0,21	0,7	2,8	16.00	10,5	12.00	37.00	19,5
1,5	0,26	0,7	3,0	21.00	13.00	15,5	26.00	13,3
2	0,26	0,7	3,3	25.00	15,5	18.00	18.00	9,51
2,5	0,26	0,8	3,7	32.00	18.00	21.00	15.00	7,98
3	0,26	0,8	3,9	37.00	20.00	24.00	12.00	6,07
4.00	0,31	0,8	4,2	46.00	24.00	28.00	10.00	4,95
6.00	0,31	0,8	4,8	65.00	31.00	36.00	6,5	3,3
10.00	0,41	1,0	6,1	110.0	42.00	50.00	3,8	1,91
16.00	0,41	1,0	7,9	185.0	56.00	68.00	2,4	1,21
25.00	0,41	1,2	9,8	290.0	73.00	89.00	1,54	0,78

(1) 3 cables en ductería embutida en mampostería o en aire libre dispuestos en plano, temperatura ambiente 30°C (no se considera el de protección).

(2) Cables en contacto en corriente alterna monofásica 60 Hz., cos ϕ =0,8 (no se considera el de protección).

2.1.3.4 Coeficientes de corrección de la corriente admisible

Para dos cables en ductos los valores de intensidad admisible se deberán multiplicar por 1.10; si los cables instalados son de 4 a 6 multiplicar por 0.8 y si son de 7 a 9 cables el coeficiente de multiplicación será 0.7.

- En aire libre multiplicar por 1.12
- Para temperatura ambiente de 40°C multiplicar por 0,89

Tabla III. Datos principales para cables de uso subterráneo de BT Pirelli línea
SINTENAX VIPER

Sección nominal	Diám. Cond.	Espesor aislante nominal.	Espesor de vaina nominal.	Diám. Exterior aprox.	Peso aprox.	Intensidad de corriente admisible en servicio continuo en aire en reposo	Intensidad de corriente admisible en servicio continuo enterrado a 70 cm	Resistencia máxima a 70°C y 60Hz.	Reactancia a 60 Hz.
mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	A	A	Ohm/km	Ohm/Km
4	2,5	1,0	1,4	8	95	41	54	5,92	0,300
6	3	1,0	1,4	9,5	40	53	68	3,95	0,280
10	3,9	1,0	1,4	10,5	190	69	89	2,29	0,269
16	5,0	1,0	1,4	11	250	97	116	1,45	0,248
25	6,0	1,2	1,4	11,7	350	121	148	0,873	0,242
35	7,0	1,2	1,4	12,7	450	149	177	0,628	0,234
50	8,1	1,4	1,4	14,1	580	181	209	0,464	0,224
70	9,8	1,4	1,4	16	790	221	258	0,324	0,215
95	11,5	1,6	1,5	18	1070	272	307	0,232	0,206
120	13,0	1,6	1,5	20	1300	316	349	0,184	0,200
150	14,4	1,8	1,6	22	1600	360	390	0,150	0,194
185	16,1	2,0	1,7	24	2000	415	440	0,121	0,189
240	18,5	2,2	1,8	27	2600	492	510	0,0911	0,182
300	20,7	2,4	1,9	30	3250	564	574	0,0730	0,176
400	23,3	2,6	2,0	33	4100	700	700	0,0581	0,171
500	26,4	2,8	2,1	37	5200	758	744	0,0462	0,165

2.1.3.5 Verificación de la corriente de cortocircuito

A continuación se verifica la viabilidad de la sección calculada de acuerdo a las secciones admisibles en cortocircuito. Las mismas surgen de las tablas de los fabricantes o bien con la fórmula:

$$I_{cc} = (K * S)$$

Donde K es un coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de sus temperaturas al principio y al final del cortocircuito y S es la sección del conductor en mm².

K = 115 en cables de cobre aislados en PVC

K = 74 en cables de aluminio aislados en PVC

K = 143 en cables de cobre aislados en XLPE

K = 92 en cables de aluminio aislados en XLPE

2.1.3.6 Verificación por caída de tensión

La caída de tensión se origina porque el conductor opone una resistencia al paso de la corriente que es función del material, la longitud y la sección (2da. ley de Ohm); por ello, la sección calculada debe verificarse por caída de tensión en la línea, con base a las fórmulas aproximadas presentadas en la siguiente página:

- Para circuitos monofásicos:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot L \cdot I}{U_f} \cdot (R \cos \theta + X \sin \theta) \cdot 100$$

Donde U_f es la tensión de fase (V), es decir la tensión entre tierra y fase.

- Para circuitos trifásicos:

$$\Delta U = \frac{1,73 \cdot L \cdot I}{U_L} \cdot (R \cos \theta + X \sin \theta) \cdot 100$$

Donde U_L es la tensión de fase (V), es decir la tensión entre fases.

Donde:

- **U** es la caída de tensión en %,
- **U_f** es la tensión de fase (V)
- **U_L** es la tensión de línea (V),
- **L** es la longitud del circuito (km),
- **I** es la intensidad de corriente de fase del tramo del circuito (Ampere),
- **R** es la resistencia del conductor ($\frac{\Omega}{Km}$) en C.A. a la temperatura de servicio.

- **X** es la reactancia del conductor (Ω/Km)
- **cos Ø** es el factor de potencia de la instalación.

La caída de tensión provocada por el paso de corriente en los conductores de un circuito debe mantenerse dentro de límites prefijados, a fin de no perjudicar el funcionamiento de los equipos ligados a los mismos. La caída de tensión se considera entre el origen de la instalación y el último punto de utilización. Las caídas máximas admisibles son:

- Circuitos de alumbrado: $U= 3\%$
- Circuitos fuerza motriz: $U= 5 \%$ (en régimen); $U=15 \%$ (en arranque), aunque se estima conveniente limitarlo al 10%.

La caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente. No se tiene un parámetro definido respecto al tramo total de cálculo de la caída de tensión, generalmente se interpreta que basta con verificar desde la acometida hasta el tablero de usuario, tablero de ascensor, tablero de bomba etc. A los efectos prácticos se debe considerar el valor de la reactancia sólo para conductores de sección mayor a 25 mm^2 ; el $\cos \varnothing$ puede tomarse igual a 0,9 en primera aproximación. Para cables unipolares de vaina simple los valores aproximados de resistencia efectiva a 70°C y 60 Hz, considerando una separación del orden de un diámetro de conductor entre ellos es:

Tabla IV. Valores aproximados de resistencia efectiva a 70°C y 60 Hz para cables unipolares de vaina simple

Sección conductor de Cu (mm ²)	Resistencia en c.a. a 70 ⁰ C (Ω/mm)	Reactancia inductiva a 60 Hz (Ω/mm)
1	19.5	0.35
1.5	13.3	0.33
2.5	7.98	0.31
4	4.95	0.29
6	3.3	0.28
10	1.91	0.27
16	1.21	0.25
25	0.78	0.24
35	0.554	0.23
50	0.386	0.22
70	0.272	0.21
95	0.206	0.2

2.1.3.7 Conexión de varios cables en paralelo

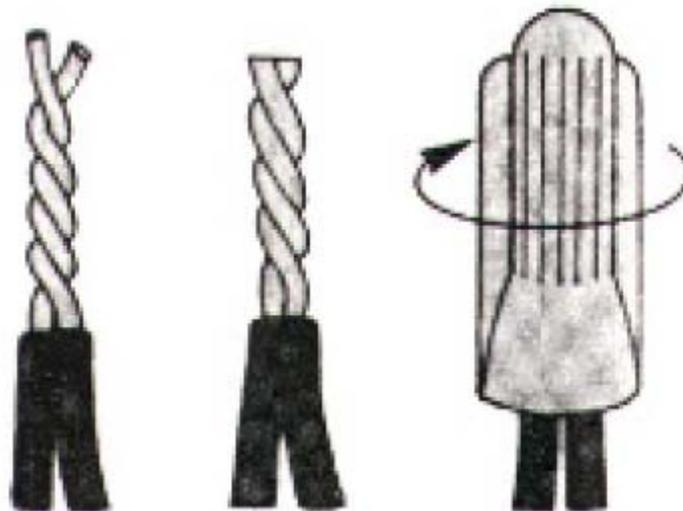
Quando se conectan varios cables en paralelo debido a la elevada intensidad de corriente a transportar, estos cables conectados en ambos extremos a barras comunes, se les deberá aplicar un coeficiente corrector adicional, como mínimo, 0,9 para compensar el posible desequilibrio de las intensidades entre los cables conectados a la misma fase (Según Norma UNE 21123).

2.1.4 Empalmes

Se le llama empalme a la unión entre dos o más conductores con el fin de prolongar o derivar conductores que forman parte de un circuito eléctrico. A continuación se encuentran algunas de las formas de realizar empalmes de una manera adecuada.

- Empalmes con conectores tipo Wirenut.

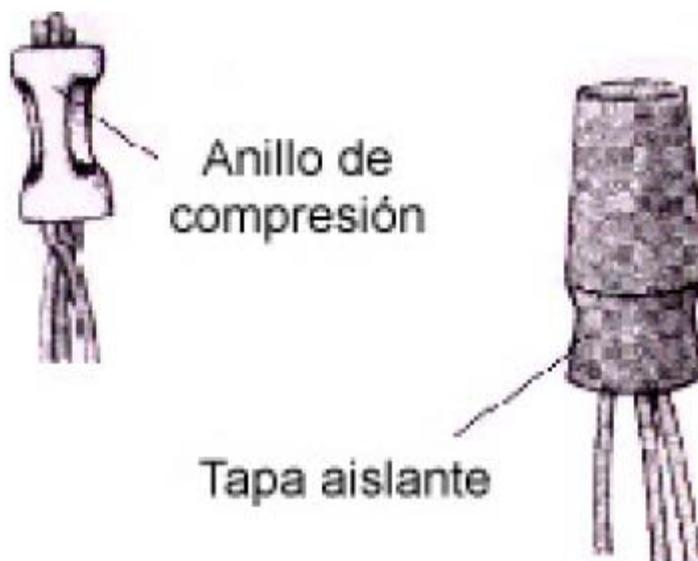
Figura 10. Empalmes con conectores tipo Wirenut



Fuente: Desconocida .Curso electricidad y electrónica básica.

- Empalmes con anillos de compresión.

Figura 11. **Empalmes con anillos de compresión.**



Fuente: Sica-Pirelli. **Manual de instalaciones eléctricas. Pág. 264**

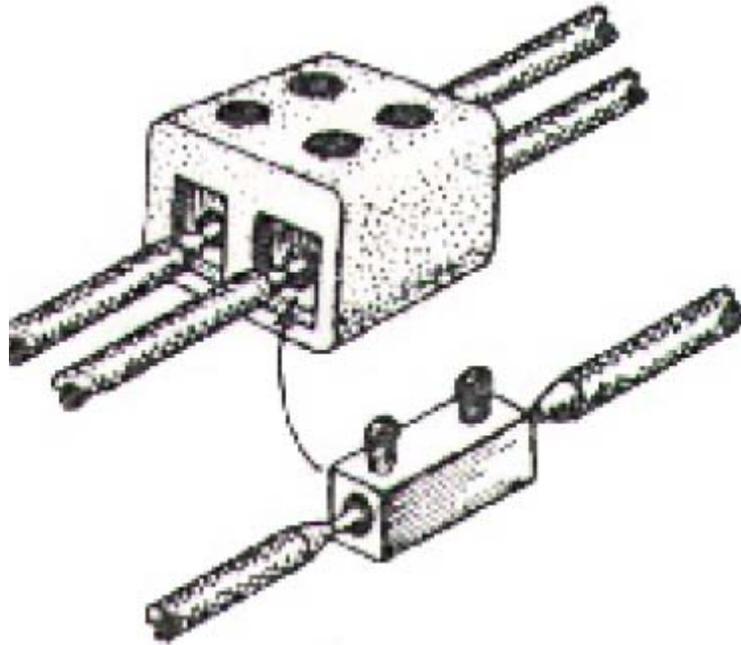
Las uniones y derivaciones no deben someterse a tensiones mecánicas.

2.1.4.1 Conectores y terminales

Los dispositivos mecánicos de unión que evitan las soldaduras se denominan Conectores, pudiendo ser de tres tipos:

- Conectores de prolongación: que como su nombre lo indica prolongan las líneas eléctricas y están formados por un cuerpo de baquelita o porcelana dentro del cual se alojan los contactos y tornillos de bronce.

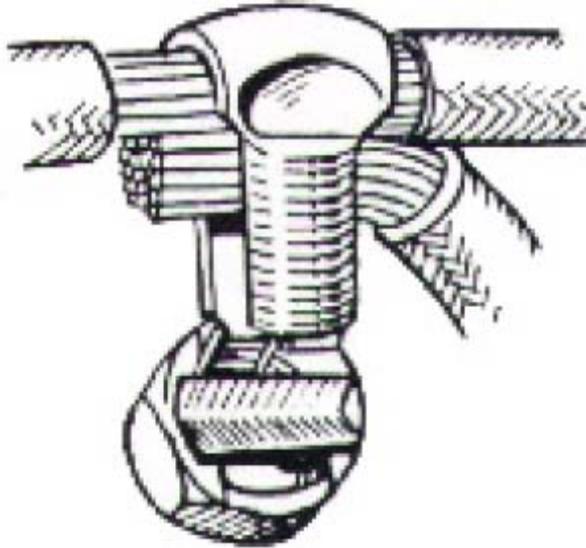
Figura 12. Conectores de prolongación tipo 1



Fuente: Sica-Pirelli. **Manual de instalaciones eléctricas. Pág. 265**

- Los conectores de derivación son empleados en instalaciones a la vista con prensa hilos. (Véase figura 12)

Figura 13. **Conectores de prolongación tipo 2**



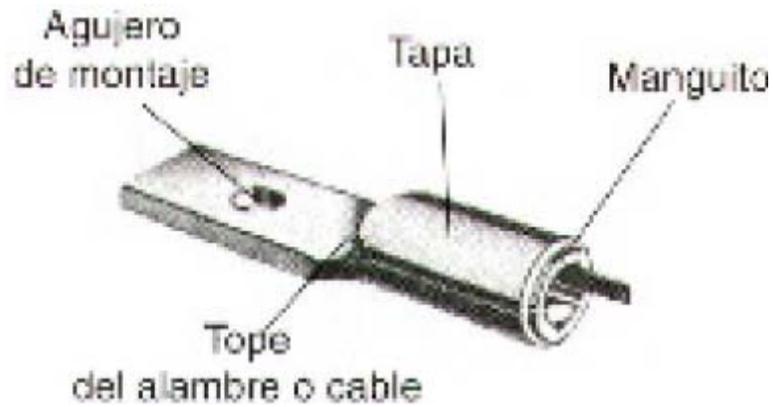
Fuente: Sica-Pirelli. **Manual de instalaciones eléctricas. Pág. 266**

- Los conectores de empalme: pueden ser de dos tipos, los wirenuts o tuercas ciegas, que tienen la ventaja de no requerir cintas aislantes, y los anillos de compresión, que son estructura metálicas que requieren una herramienta especial para su remachado.

Los terminales: pueden ser soldados o no soldados, de los cuales sólo desarrollaremos estos últimos:

- Los terminales a presión se denominan genéricamente "orejas" (lugs) y proporcionan un método rápido y satisfactorio para realizar uniones, en aquellos casos que no existan esfuerzos mecánicos.

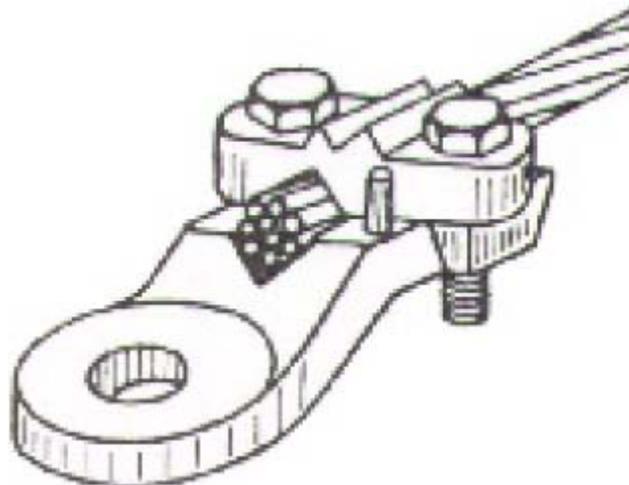
Figura 14 **Terminal a presión**



Fuente: Sica-Pirelli. **Manual de instalaciones eléctricas. Pág. 266**

- Los terminales de sujeción por tornillo pueden ser sencillos o dobles, según acepten uno o dos conductores.

Figura 15. **Terminales de sujeción**



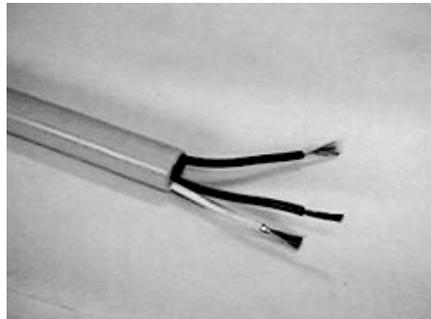
Fuente: Sica-Pirelli. **Manual de instalaciones eléctricas. Pág. 266**

2.2 Ductos eléctricos

2.2.1 Generalidades

Llamamos ducto eléctrico, a un elemento en forma de tubo destinado a contener conductores eléctricos (líneas embutidas); permiten la colocación y el retiro de los conductores. Pueden ser metálicas (acero o aluminio) o aislantes (plástico)

Figura 16. **Ducto plástico (PVC)**



Fuente: Francisco Pinillos. **Fotografía**

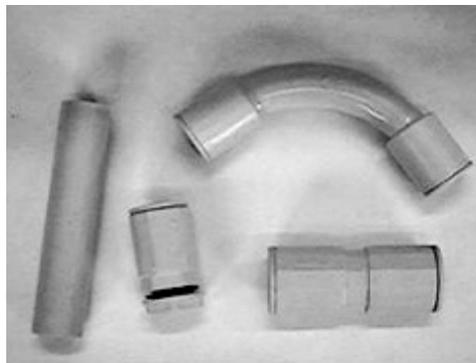
Su función principal es proteger a los conductores eléctricos contra influencias externas (choques mecánicos, agentes químicos, etc.), pudiendo asimismo proteger al medio ambiente contra peligros de incendio o de explosión resultantes de fallas en los conductores eléctricos. Según la IEC (comisión internacional de electrotecnia) se clasifican en:

- Rígidos: cuando no pueden ser curvados sin una herramienta especial.

- Curvables: pueden ser doblados con la mano usando una fuerza razonable.
- Flexibles: pueden ser doblados con la mano usando una fuerza reducida.
- Transversalmente rígidos: son aquellos que deformados con una fuerza transversal aplicada en un intervalo de tiempo reducido retoman su forma original luego de cesar la fuerza.

Para la unión entre ductos se emplean elementos de unión, con sus distintas variantes: macho - macho, macho - hembra, etc.

Figura 17. **Elementos de unión**



Fuente: Francisco Pinillos. **Fotografía**

Los ductos se complementan con cajas de derivación, algunas de las cuales se representan en la figura de la página siguiente:

Figura 18. **Cajas de derivación**

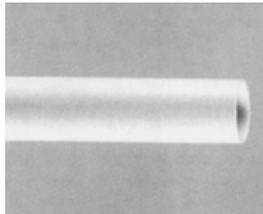


Fuente: Desconocida .Curso electricidad y electrónica básica.

2.2.2 Características de ductos de PVC y sus accesorios

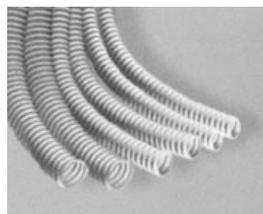
Los ductos de PVC para instalaciones eléctricas deberán cumplir con las prescripciones IEC tanto en el caso de los rígidos como en el de los flexibles.

Figura 19. **Ductos rígidos / Ø 20 y 25 mm x 3 metros**



Fuente: Francisco Pinillos. **Fotografía**

Figura 20. **Ductos flexibles / Ø 20 y 25 mm x 30 metros**



Fuente: Francisco Pinillos. **Fotografía**

3 . EXTENSIONES DE LÍNEA

3.1 Acometida

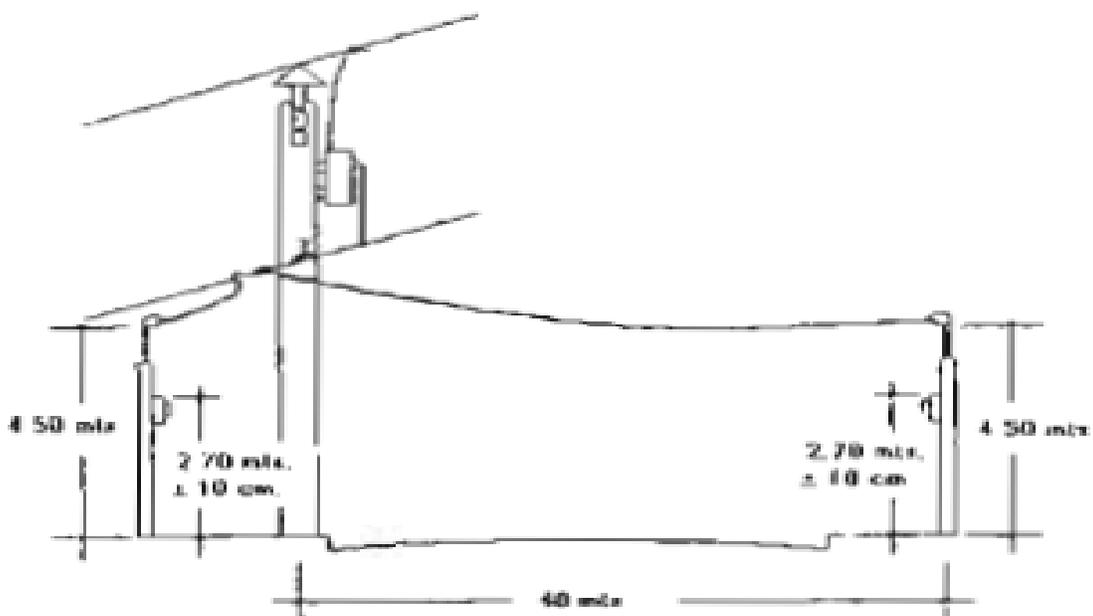
3.1.1 Norma de construcción EEGSA

Los requisitos constructivos para el suministro de servicio a cargas monofásicas individuales menores de 11Kw que es el servicio que demanda una radio base 2106i son los siguientes:

- La tensión de suministro es 120/240 voltios, monofásico, 3 conductores.
- La acometida tiene que estar colocada en la propiedad que sirve y para la cual fue solicitado el servicio. La caja del medidor debe de localizarse en el límite de la propiedad privada y la propiedad pública, de tal forma que la cara del medidor quede hacia la vía pública. No se permite la instalación de medidores en posición lateral.
- La caja socket se instalara a una altura de 2.70 m con una incerteza de 10 cm medidos del nivel de la acera a la parte superior de la caja con el frente hacia la vía pública
- El tubo de la acometida a instalar es conduit galvanizado de 1 ¼” de diámetro y de una sola pieza, sin uniones, coplas, soldaduras o registros intermedios; en el extremo del tubo, por donde se introducen los cables de la acometida, es necesario colocar un accesorio de entrada.

- El gancho de soporte para recibir el cable de acometida se colocara a una altura de 4.50 m, ya sea que el cable cruce la calle o no. Este gancho tiene que orientarse de manera tal, que el cable de acometida no pase por propiedad privada, y dirigido hacia el poste de la red de distribución de energía de EEGSA, más cercano.
- La distancia desde el poste de distribución de energía hasta el soporte del cable de acometida será de un máximo de 40 m.

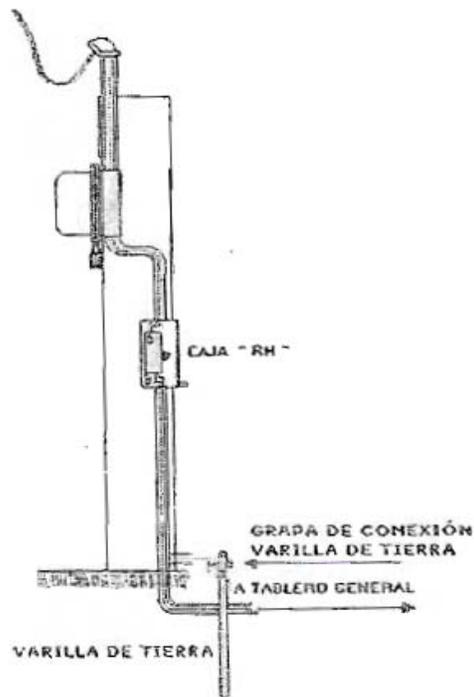
Figura 21. **Detalle de montaje de extensión de línea**



Fuente: EEGSA. **Manual de instalaciones eléctricas. Pág.31**

- El neutro de la instalación ira conectado sólidamente a tierra por medio de una varilla copperweld de 5/8"x8' en la caja (no debe de conectarse a la caja socket). Si la distancia entre el medidor y el tablero de distribución de carga es mayor a 10 m., el interruptor principal instalado en la caja tipo RH debe estar ubicado de acuerdo a la figura siguiente. Si es menor a 10 m. puede instalarse en cualquier punto entre el medidor y el tablero; siempre respetando la altura a la cual se coloca la caja RH que es 1.70 m.

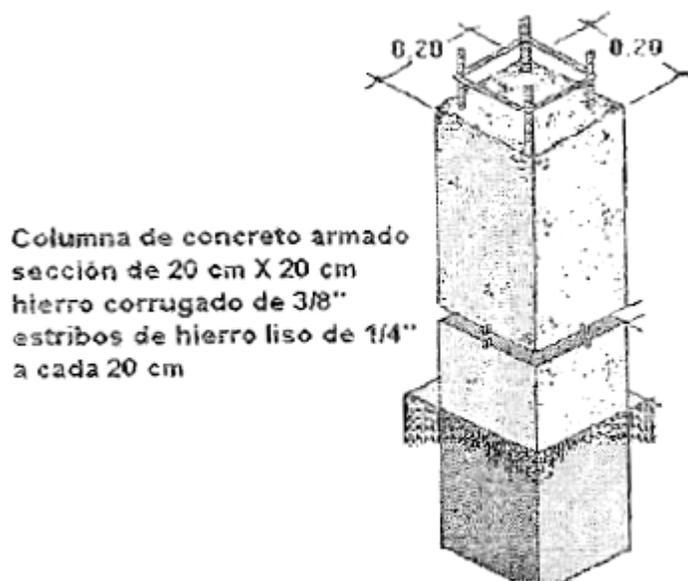
Figura 22. Aterrizaje de acometida



Fuente: EEGSA. Manual de instalaciones eléctricas. Pág.32

- La acometida y sus accesorios se instalaran en una columna de concreto armado de 20X20 cm., con 4 varillas de hierro de diámetro mínimo de 3/8" con sus estribos y amarres respectivos según se observa.

Figura 23. **Detalle de construcción columna de acometida**



Fuente: EEGSA. **Manual de instalaciones eléctricas. Pág.32**

- La acometida de servicio podrá ser aérea o subterránea. Si el cliente opta por una acometida subterránea, debe colocar una caja socket para contador clase 200 A y el tubo de acometida será Conduit galvanizado de 2" de diámetro. Los gastos de la construcción de la obra civil y ductos de acceso serán cubiertos por quien realizara la obra civil necesaria de acuerdo a diseño acordado previamente con EEGSA. El solicitante cubrirá la diferencia en costo entre una acometida aérea y una subterránea.

3.1.2 Normas de construcción Unión Fenosa (Deorsa/Deocsa)

La aplicación de esta norma es obligatoria para todas las nuevas instalaciones y para aquellas ya existentes que sean objeto de reacondicionamiento total o parcial de la medida, dentro del ámbito de suministros en baja tensión con servicio monofásico o doble monofásico. También será obligada su aplicación a aquellas instalaciones anteriores cuando su estado o características impliquen riesgo para las personas o produzcan perturbaciones en el normal funcionamiento de otras instalaciones.

3.1.2.1 Disposición y ubicación del medidor

3.1.2.1.1 Acometida aérea

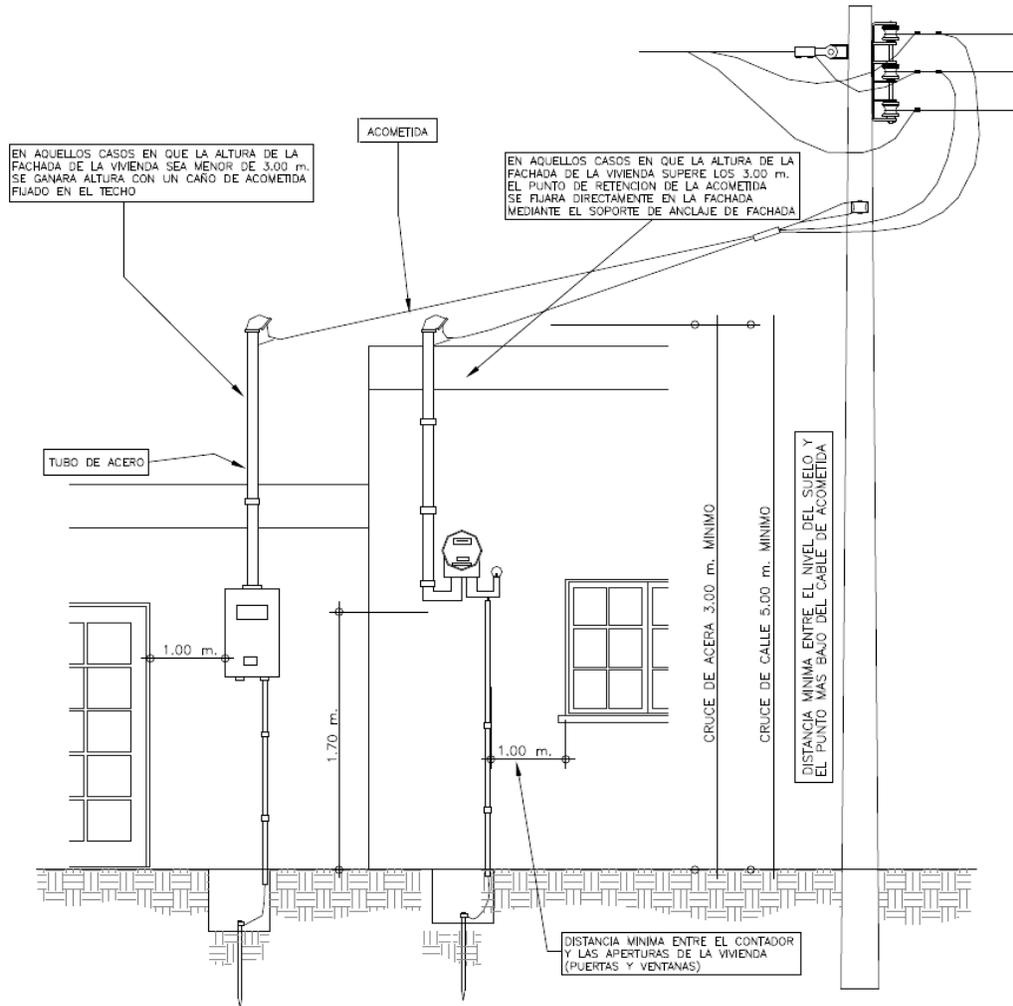
El cable de acometida deberá ser instalado de forma tal que permanezca visible desde la vía pública a lo largo de todo su recorrido hasta el accesorio de entrada. Posteriormente deberá ir dentro de un tubo de acero galvanizado hasta el medidor (o armario de la medida opcionalmente). Dicho tubo irá a la vista en todo su recorrido por la fachada de la vivienda. (Véase la figura .24). No se permitirán empalmes o encintados en la acometida a menos de 10 m del medidor. No será obligatorio el uso del tubo galvanizado para los servicios rurales, definidos como servicios en comunidades con caminos de terracería o transitables solamente con vehículos de tracción en las 4 ruedas y cuyas características son:

- Con tasas de concentración de viviendas relativamente bajas
- Requieren servicio eléctrico residencial, 120 voltios

- Consumos inferiores a 300 Watt

La derivación eléctrica del cliente, deberá ir protegida en todo su recorrido desde el medidor (o armario de medida según el caso) hasta su instalación eléctrica, como prevención contra posibles contactos directos. El conductor de neutro y la o las fases, irán embutidos en la pinza de retención, tanto en el punto de enlace a la red de Baja Tensión, como en el tubo de acero galvanizado, que soporta el accesorio de entrada.

Figura 24. Equipos de medida en fachada



Fuente: Unión Fenosa. Norma de instalaciones de medidas. Pág. 9

3.1.2.1.2 Alturas libres de acometida:

Deberán respetarse las siguientes distancias "mínimas" libres desde el suelo hasta el punto más bajo del cable de acometida:

- Cruce de calles: 4.70 m.
- Cruce de acera: 2.90 m.

Para lograr estas alturas mínimas se utilizará tubo o caño de acero galvanizado de 1 ¼" de diámetro, debidamente fijado a la pared o columna en el que esté colocado el equipo de medida.

3.1.2.1.3 Distancia máxima de acometida:

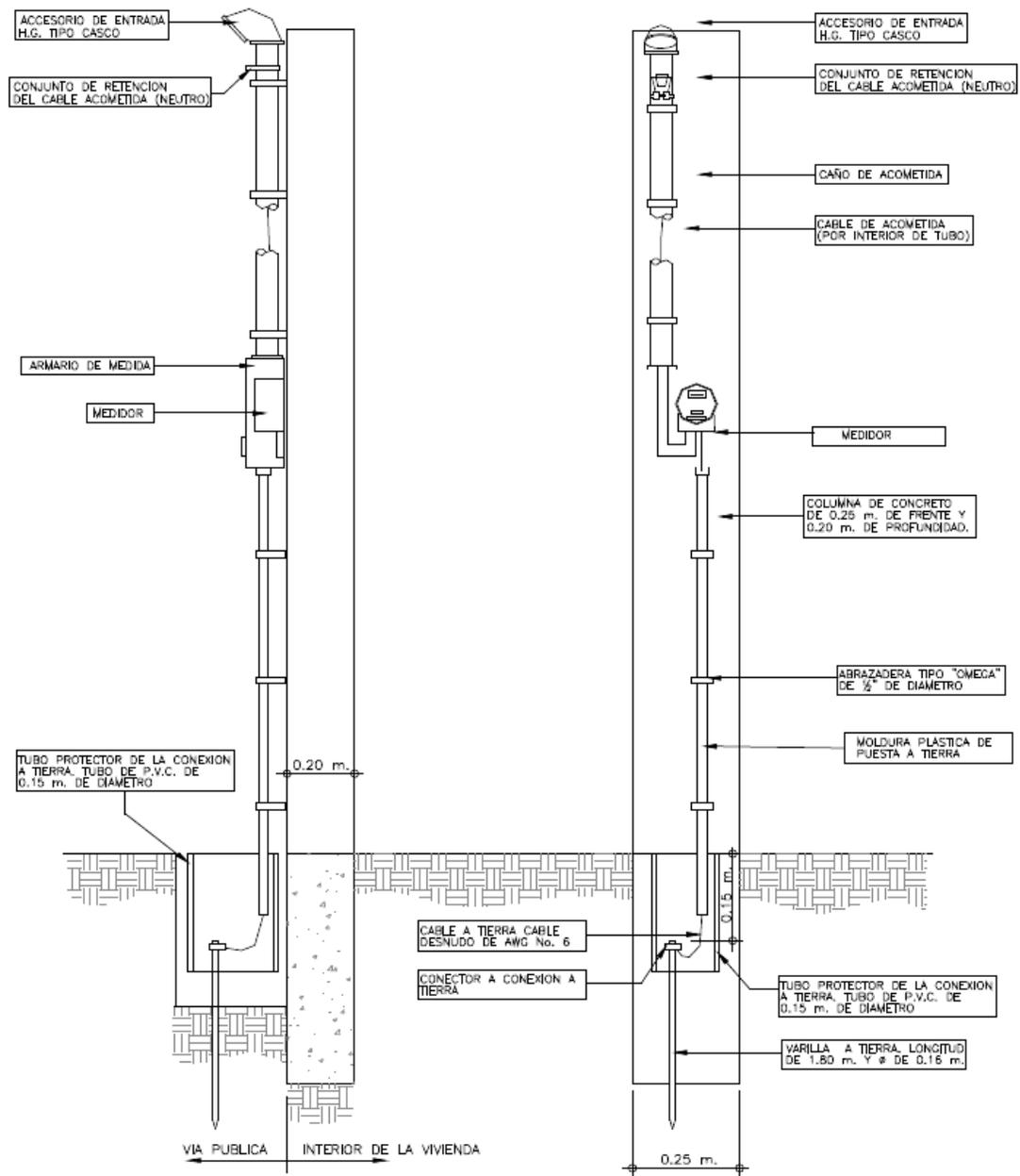
La distancia máxima permitida entre el punto de enlace a la red de distribución y el accesorio de entrada del usuario será de 40 m. Para distancias entre 40 y 200 metros la unidad de Desarrollo, será la encargada de efectuar las ampliaciones de red correspondientes de acuerdo a lo establecido en las BH –NTSD- emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala.

3.1.2.1.4 Ubicación del medidor

El medidor debe instalarse de forma que la lectura quede a una altura de 1.70 m medidos desde el nivel del suelo. En todos los casos el medidor se instalará en un lugar completamente accesible desde la vía pública (límite de propiedad), de forma que el personal de DEORSA-DEOCSA pueda realizar la lectura y verificación del contador sin necesidad de ingresar en la propiedad del cliente.

Para ello, en el caso de que la fachada de la vivienda dé directamente a la vía pública, el medidor se instalará en dicha fachada (Véase la figura 24) No se permitirá ninguna derivación de cables en la acometida, es decir, los conductores deben ser continuos desde el centro de transformación hasta la caja tipo socket. En el caso de que exista muro o tapia en el límite de la propiedad, el medidor se instalará en dicho muro. Cuando no exista ningún elemento en el límite de la propiedad que permita la instalación de la medida, el cliente deberá construir una columna de concreto en el lindero que posibilite la instalación del medidor. (Véase figura 25).

Figura 25. Equipos de medida en columna



Fuente: Unión Fenosa. Norma de instalaciones de medidas. Pág. 10

Dicha columna tendrá 25.0 cm de ancho por 20.0 cm de fondo, con una altura tal que permita ganar las distancias mínimas entre el suelo y el punto más bajo del cable de acometida. El tramo de columna que deberá estar enterrada, será al menos de 1m, asegurando el cliente la estabilidad de la misma.

3.1.2.2 Componentes de la instalación

3.1.2.2.1 Acometida

Es la parte de la instalación que une la red de baja tensión con el aparato de medida. Está constituida por dos elementos fundamentales: conectores y conductores.

Sólo se permitirá una acometida por inmueble.

3.1.2.2.2 Conectores

Son los componentes que unen eléctricamente los conductores de acometida a la red de Baja Tensión. El tipo de conector a utilizar será de Tipo C de cuña de aluminio para redes abiertas ó conectores de perforación AWG para redes forradas.

3.1.2.2.3 Acometida convencional

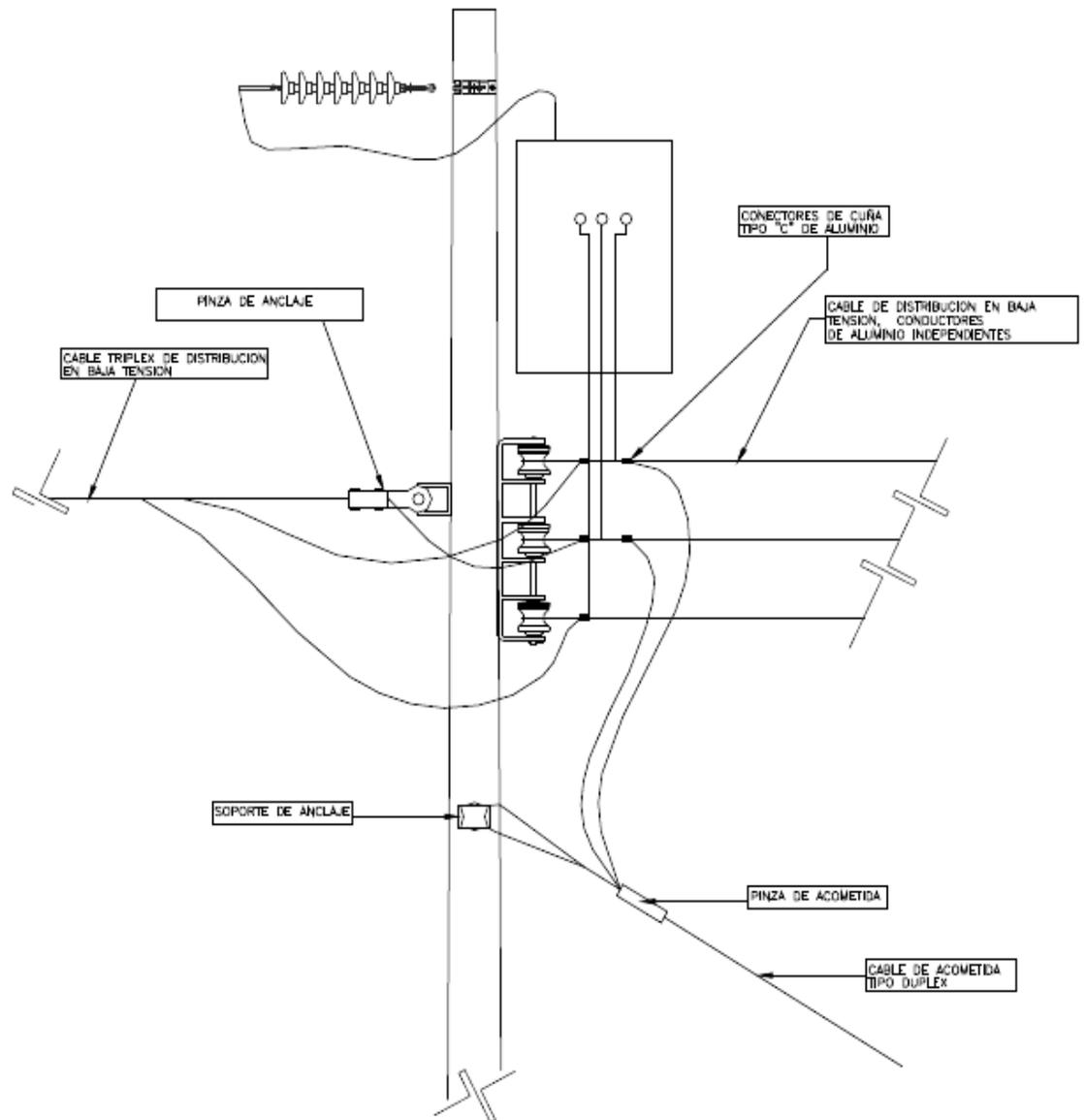
Está constituida por conductor de aluminio, aislado para el potencial y desnudo para el neutro. Son de tipo dúplex y triplex. (Véase la figura No. 39). Para la conexión de la acometida a la red se utilizarán conectores de aluminio Tipo C de cuña ó conectores de Perforación AWG, de los tamaños adecuados

según las secciones de la red y del propio conductor de acometida. La conexión se realizará con la herramienta adecuada.

3.1.2.2.4 Tipos de Red

- Red forrada: Está constituida por conductores de aluminio forrados y trenzados, con el objetivo de un menor mantenimiento tanto preventivo como correctivo. Son de tipo triplex.
- Red abierta: Esta formada por conductores desnudos de aluminio.

Figura 26. Acometida convencional o trenzada tipo triplex



Fuente: Unión Fenosa. Norma de instalaciones de medidas. Pág. 8

3.1.2.2.5 Conductores

Para el caso de un suministro de 120V monofásico, el conductor de la acometida a utilizar será Cable dúplex, Collie, cuyas características serán las siguientes:

- Conductor del Potencial: conductor de aluminio forrado, 7 hilos, trenzado, sección #6AWG.
- Conductor del Neutro: conductor de aluminio desnudo, sección # 6 AWG.
- Aislamiento del potencial: XLPE, color negro resistente a los rayos ultravioleta.
- Marcas externas indelebiles: fabricante, modelo del cable, año de fabricación, tensión de aislamiento (600V), y calibre en AWG y mm².

En el caso de suministros de 240V doble monofásico, el cable de acometida será cable Triplex, Patella, cuyas características serán las siguientes:

- Conductores Potenciales: conductores de aluminio forrado, 7 hilos, trenzado, sección #6 AWG.
- Conductor del Neutro: conductor de aluminio desnudo, sección # 6 AWG.
- Aislamiento de los potenciales: XLPE, color negro resistente a los rayos ultravioleta.

- Marcas externas indelebles: fabricante, modelo y sección del cable en AWG y mm², año de fabricación, tensión de aislamiento (600V). Para redes de baja tensión forradas, el neutro de la acometida será también forrado.

3.1.2.3 Tensiones admisibles

Las tensiones admisibles serán únicamente las aprobadas en la tabla siguiente, y a partir de ella se listan las características de los contadores de energía eléctrica:

Tabla V. Contadores a partir de tensiones admisibles

VOLTAJE	TIPO DE SERVICIO	CLASE DE PRECISIÓN	TIPO DE CABLE
120 V	MONOFÁSICO, Intensidad máxima 60 Amperios, base A (sobre-poner)	2%	Duplex, 6 AWG
240 V	DOBLE MONOFÁSICO, Intensidad máxima 60 Amperios, base A (sobre-poner).	2%	Triplex_, 6 AWG
240 V	DOBLE MONOFÁSICO, Intensidad máxima 100 Amperios, Socket ,SIN MAXÍMETRO.	2%	Triplex_, 6 AWG

3.1.2.4 Propiedades del equipo de medida

La acometida y todos los equipos de medición serán propiedad de DEORSA-DEOCSA. El tubo, accesorio de entrada, la columna y todas las instalaciones interiores, a partir del punto de medición, serán efectuados por cuenta y bajo la responsabilidad del usuario. La reposición de los equipos de medición, causada por daños ajenos al deterioro natural u obsolescencia de los mismos, correrá por cuenta del usuario, la Distribuidora lo proporcionará y cobrará al interesado.

3.1.2.5 Protecciones y puestas a tierra

Las protecciones y puesta a tierra, serán responsabilidad y por cuenta del cliente, con las características siguientes:

- El tablero principal será obligatorio, y deberá ubicarse inmediatamente después del medidor a una distancia no mayor a 1 m. La capacidad interruptora del interruptor termo magnético principal (flip-on), será acorde a la carga instalada, siendo como máximo de 100 amperios.
- Con objeto de garantizar la seguridad de las instalaciones, como dicta la norma de instalaciones de medidas de Unión Fenosa, el neutro del suministro deberá estar aterrizado. Para ello, se utilizará un conductor de cobre desnudo, trenzado, 7 hilos, de sección mínima #4 AWG.

Dicho conductor se conectará al neutro de la acometida en el tablero principal (flip- on), conexión aprobada por la norma NEC 250.

- Como elemento de conexión a tierra se utilizará una varilla de acero galvanizado con recubrimiento de cobre, de 1.8 m (6 pies) de longitud y 16 mm (5/8") de diámetro, con su correspondiente conector tipo C de compresión. Dicha varilla será enterrada a una profundidad tal que su extremo superior se encuentre a 150 mm por debajo del nivel del suelo. En el caso de existir más de un suministro adyacente, se podrá utilizar una sola varilla de tierra para aterrizaje de los mismos (hasta un máximo de cuatro suministros). En este caso, la conexión entre los conductores de tierra deberá ser realizada mediante conectores de compresión de cobre tipo C. La sección mínima del conductor común de tierra será #4 AWG y hasta un máximo de cuatro suministros, según lo dicta la norma de instalación de medidas de Unión Fenosa.
- El cable de tierra, en el trayecto sobre el suelo, deberá ir cubierto con una protección plástica o protección mediante madera tratada, que impida el contacto directo de las personas.

3.1.2.6 Aprobación

DEORSA-DEOCSA se reserva el derecho de no otorgar suministro eléctrico si cualquier construcción no cumple con las Normas Técnicas de Operación y diseño –NTDOID- emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, y las disposiciones aquí establecidas. DEORSA-DEOCSA no se responsabiliza si las protecciones de las instalaciones interiores no garantizan la seguridad de las personas.

4 . ARMARIO ELÉCTRICO, COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTROMECÁNICOS

4.1 Armario eléctrico

El armario eléctrico es un armario metálico fabricado con lámina de acero y recubierto con pintura anti-corrosiva, es un elemento que se ha diseñado por el advenimiento de las radio bases auto contenidas. La finalidad de este armario es resguardar de la intemperie y el vandalismo a todos los componentes eléctricos que intervienen en la puesta en servicio de una radio base. Está constituido por una serie de componentes que son necesarios para el correcto funcionamiento de la radio base. En su interior se encuentra resguardado lo siguiente:

- Supresor de transitorios Rayvoss principal
- Supresor de transitorios Rayvoss para balizas
- Tablero de 24 polos General Electric
- Interruptor automático de transferencia (ATS)
- Toma de corriente 120 V

4.1.1 Instalación

La instalación se debe de realizar de acuerdo a lo mostrado en las ingenierías y lo más cerca de la carga que van a proteger, en las ingenierías se muestra la ubicación exacta del armario y las medidas a las que este debe de colocarse dentro de la loza indicada para la instalación del mismo. El armario se debe de fijar con seis pernos de anclaje de $\frac{3}{4}$ ", los cuales se deben ubicar cuatro en las esquinas y uno en la parte media de cada uno de los lados largos del armario. Los agujeros para los pernos se deben de realizar rectos y antes de que el armario este ubicado, esto con el fin que el armario quede instalado de una manera estética y segura. Si la loza aun no ha fraguado en su totalidad se le informara al supervisor de obra civil y el decidirá si el armario se instala en ese instante o no. Las rendijas que quedan en el armario deberán de ser rellenadas con silicón transparente o espuma de poliuretano para conservar la hermeticidad del armario. Se deberá de revisar la totalidad del armario para observar si cumple con la calidad pactada en el contrato marco.

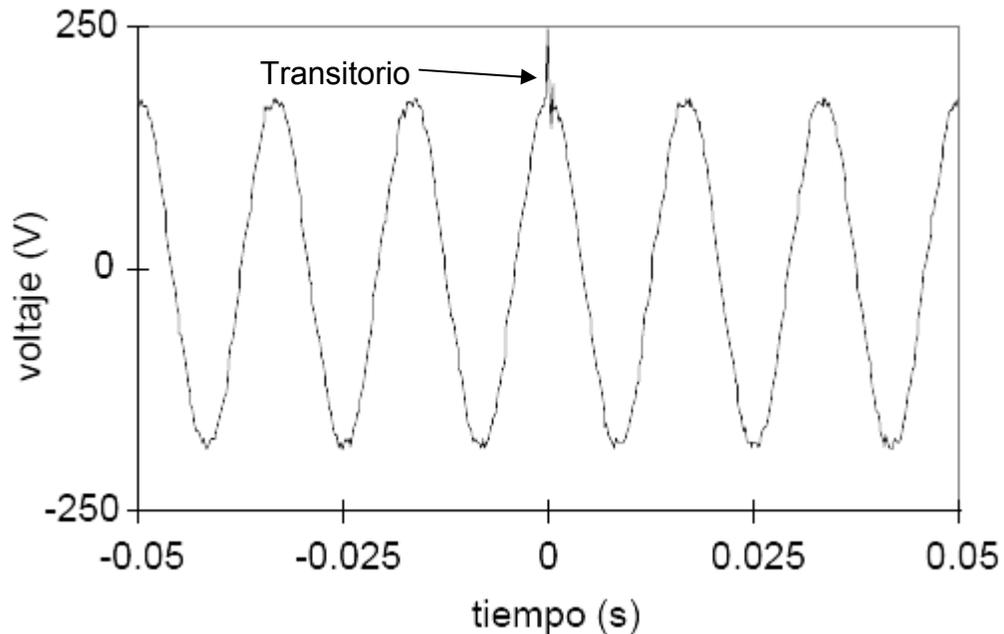
4.2 Supresores de transitorios

Los sobre voltajes transitorios pueden originarse por maniobras de conexión o desconexión, descargas atmosféricas y descargas electrostáticas. Los transitorios eléctricos más severos son los ocasionados por las descargas atmosféricas. Éstas pueden dañar el aislamiento de transformadores, motores, capacitores, cables y ocasionar fallas en líneas de transmisión por la ionización del aire. La protección del aislamiento del equipo eléctrico se ha llevado a cabo tradicionalmente con aparta rayos y capacitores.

Los transitorios eléctricos ocasionados por maniobras con interruptores se deben a que el sistema debe pasar de una condición de estado estable a otra,

un ejemplo de maniobras con interruptores que dan lugar a sobre voltajes transitorios es la conexión de capacitores. Cuando se energizan transformadores y motores aparecen sobre corrientes transitorias. La desconexión de estas cargas inductivas también da lugar a sobre voltajes transitorios. La conexión de capacitores y la desconexión de cargas inductivas se han llevado a cabo sin mayor daño al resto de las cargas convencionales. Pero las cargas sensibles empleadas en telecomunicaciones, centros de cómputo y en los controles industriales son más susceptibles a estos disturbios. De ahí la necesidad de los supresores de sobre voltajes transitorios, estos protegen al equipo electrónico sensible dentro de límites de voltaje menores que los aparta rayos. El equipo electromagnético tolera sobre voltajes transitorios hasta que su aislamiento se perfora; en cambio, el equipo electrónico sensible puede dejar de funcionar o funciona erráticamente antes de que ocurra daño visible. Mientras que el propósito de los pararrayos es el de proteger el aislamiento de transformadores, motores y líneas de transmisión, el propósito de los supresores de sobre voltajes transitorios es el de proteger al equipo electrónico sensible. La Figura 27 muestra un sobre voltaje transitorio ocasionado por la conexión de un capacitor en un tomacorriente.

Figura 27. **Sobre voltaje transitorio**



Fuente: Samuel Ramírez Cataño. **Calidad del Servicio de Energía Eléctrica. Pág. 14**

4.2.1 Clasificación de supresores de transitorios de acuerdo a la conexión con la carga.

Los supresores se pueden clasificar de acuerdo a la conexión con la carga que protegen. La conexión puede ser en paralelo o en serie con la carga, siendo la conexión en paralelo la más común. El tamaño de los supresores paralelo no depende del tamaño de la carga, sino de su cercanía a la acometida y de la corriente que pueden tolerar.

El supresor de sobre voltajes transitorios conectado en paralelo y el apartar rayos tienen el mismo principio de operación; cuando el voltaje en terminales de éstos aumenta, la resistencia del elemento de protección

disminuye, dejando pasar más corriente. Los dispositivos paralelos se pueden clasificar a su vez en dos tipos:

- Sujetadores de voltaje, “*voltage clamping devices*”,
- Dispositivos de arco, “*crowbar devices*”

Ambos tipos de protectores (supresores) paralelo drenan corriente cuando el voltaje aumenta por arriba del valor de ruptura. Los sujetadores de voltaje recuperan el estado de circuito abierto cuando el voltaje disminuye por debajo del nivel de ruptura, mientras que los de arco entran en conducción cuando el voltaje está muy por arriba del voltaje de arco (digamos un 50% por arriba de dicho voltaje), una vez en conducción el voltaje en terminales cae repentinamente a ese voltaje de arco y se mantiene casi constante. Entre los dispositivos sujetadores de voltaje se tienen los siguientes:

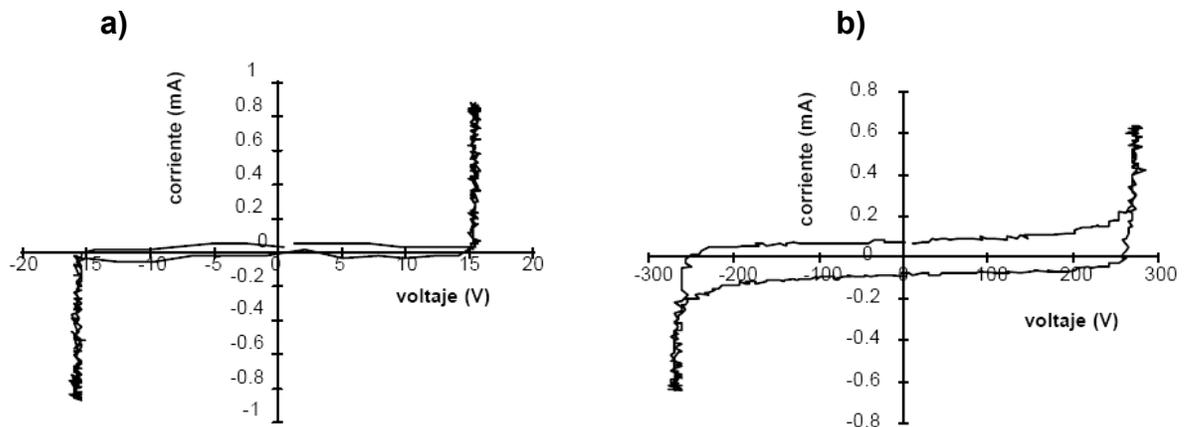
- MOV, varistor de óxido metálico,
- Celdas de selenio
- Diodos de avalancha, protectores zener.

La Figura 28a muestra la característica corriente - voltaje de un supresor zener con voltaje de ruptura nominal de 15 V a 1 mA.

Obsérvese que la corriente es casi cero cuando el voltaje en terminales del supresor es inferior a 15 V y la corriente crece rápidamente cuando el voltaje excede un valor cercano al nominal. La Figura 28b corresponde a la característica corriente - voltaje de un MOV de 150 Vrms. La corriente es

prácticamente cero para voltajes inferiores a 260 V y para voltajes superiores la corriente crece rápidamente.

Figura 28. Característica $i - v$ de un supresor zener bipolar (a) y un MOV de 150 Vrms (b)

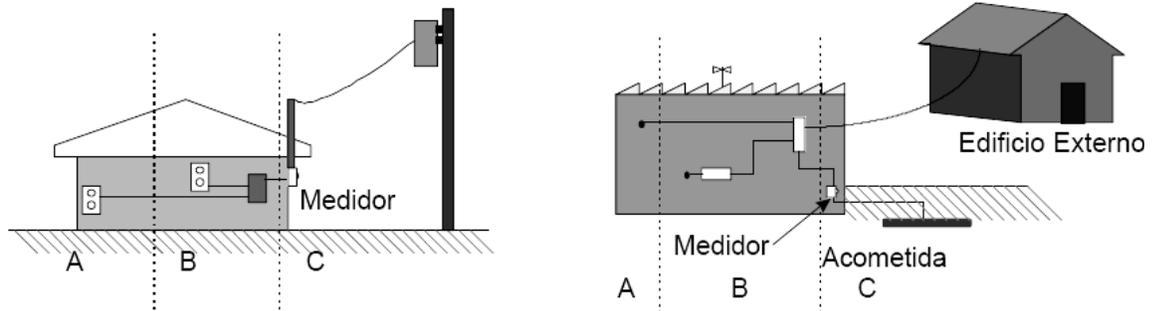


Fuente: Pagina web. **Quiminet. Pág. 1**

4.2.2 Categorías de ubicación.

Los supresores de sobre voltajes transitorios también se pueden clasificar de acuerdo a su ubicación. De acuerdo al “*IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits*” se tienen las categorías A, B y C. La Figura 29 ilustra la ubicación de las tres categorías.

Figura 29. Ubicación de categorías de supresores



Fuente: IEEE. C62.41-1991. **IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits.**

- La categoría C corresponde a las siguientes ubicaciones:
 - Instalación exterior y acometida
 - Circuitos que van del watthorímetro al medio de desconexión principal
 - Cables del poste al medidor
 - Líneas aéreas a edificios externos
 - Líneas subterráneas para bombas.

- La categoría B corresponde a las localidades siguientes:
 - Alimentadores y circuitos derivados cortos,
 - Tableros de distribución,
 - Barrajes y alimentadores en plantas industriales
 - Tomacorrientes para aparatos grandes con cableados cercanos a la acometida
 - Sistemas de iluminación en edificios comerciales

- La categoría A corresponde a las ubicaciones siguientes:
 - Tomacorrientes y circuitos derivados largos,
 - Todos los tomacorrientes que estén a más de 10 m de categoría B con hilos #14 - #10,
 - Todos los tomacorrientes que estén a más de 20 m de categoría C con hilos #14 - #10.

Esta clasificación es el resultado de un compromiso entre dos extremos: a) proteger en forma sobrada sin importar la inversión inicial y b) no proteger evitando así la inversión inicial. Entre estos extremos, el estándar recomienda que los protectores de categoría C deben ser capaces de tolerar mayores corrientes que los de categoría A y B, mientras que el B debe soportar mayores corrientes que los de categoría A. Es por esto que, en general, los de categoría C son más robustos y más costosos. La clasificación también sugiere que los de categoría A tengan un voltaje de sujeción menor, de esta manera los de clase B y C se encargan de manejar altas energías y los de categoría A se encargan de restringir las excursiones del sobre voltaje transitorio para evitar disturbios en la operación del equipo sensible.

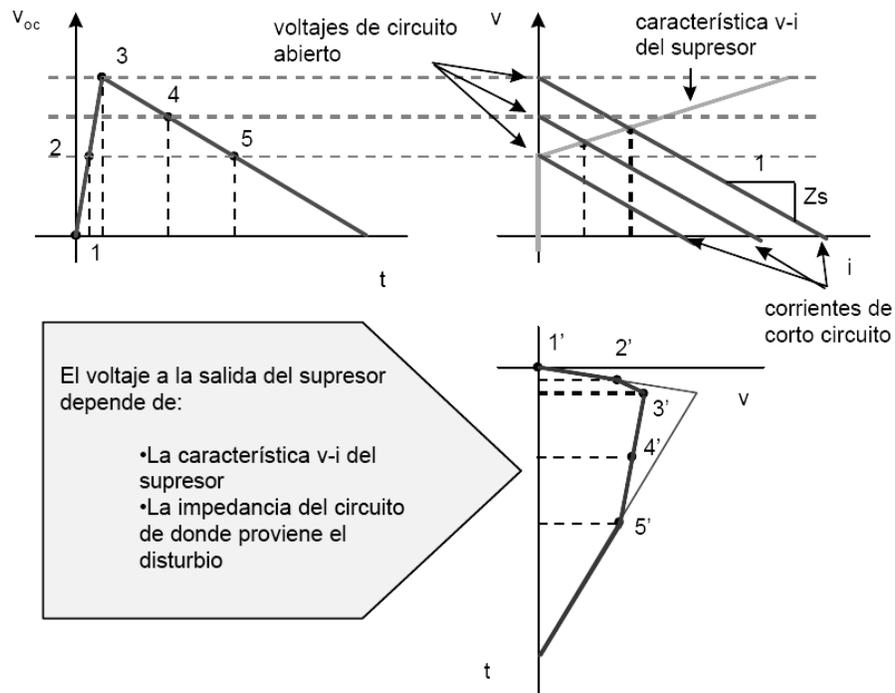
4.2.3 Principio de operación de los supresores

A los supresores de sobre-voltajes transitorios se les conoce como supresores de picos. La acción de estos protectores es exactamente ésa, la de recortar los sobre voltajes transitorios, drenando corriente en el caso de los tipo paralelo, presentando una impedancia serie grande en el caso de los tipo serie.

Como ya se mencionó, los pararrayos y los supresores paralelo drenan corriente para sujetar los sobre voltajes transitorios. Cuando el voltaje debido al disturbio excede cierto valor el dispositivo de protección permite el paso de la

corriente ocasionando una caída de potencial en la impedancia de la fuente. La Figura 30 ilustra la forma en que un dispositivo sujetador de voltaje lleva a cabo su labor de protección. En la parte superior izquierda se presenta la forma del voltaje si el supresor no estuviera presente. En la parte superior derecha se muestra la característica voltaje - corriente del supresor y las líneas voltaje - corriente de la fuente del disturbio. La intersección con el eje vertical es el voltaje de circuito abierto mientras que la intersección con el eje horizontal es la corriente de corto circuito, esto es, la corriente que habría si se presentara un corto a la fuente. El voltaje y la corriente resultantes son la intersección de estas dos características $v-i$, la del supresor y la de la fuente. En la parte inferior derecha aparece el voltaje resultante cuando se tiene el supresor. El voltaje resultante depende de dos impedancias: a) la del supresor en la zona de conducción y b) la de la fuente. Cabe recalcar que la fuente de impulsos empleada para probar las supresoras categorías C tienen una impedancia menor que las de las fuentes empleadas para probar los de categorías A y B.

Figura 30. Sujeción de sobre voltajes transitorios

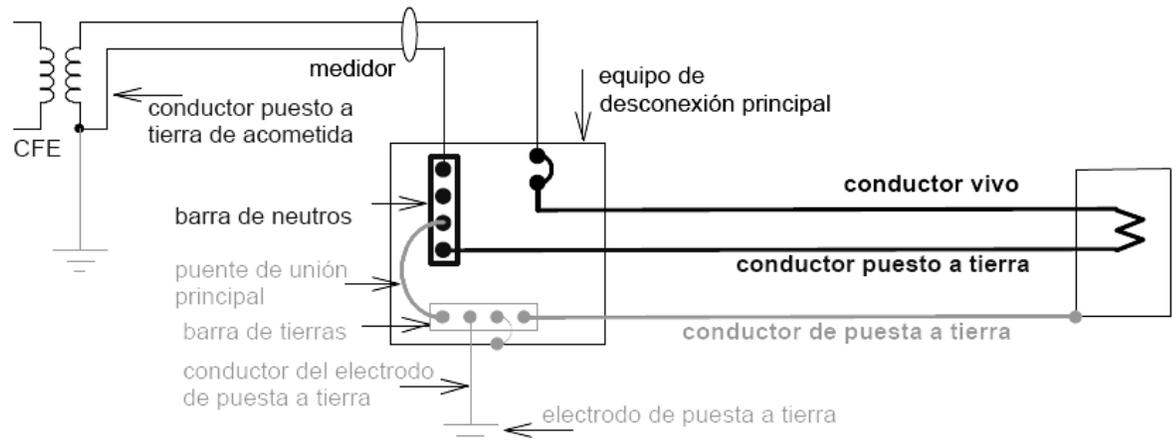


Fuente: IEEE. C62.41-1991. **IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits.**

4.2.4 Transitorios de modo común y de modo diferencial

Consideremos un suministro monofásico de 120 V rms, 60 Hz, como el mostrado en la Figura 31. Los conductores que normalmente llevan corriente son el vivo y el neutro. El conductor de puesta a tierra no lleva corriente sino bajo condiciones de falla o cuando hay errores de alambrado.

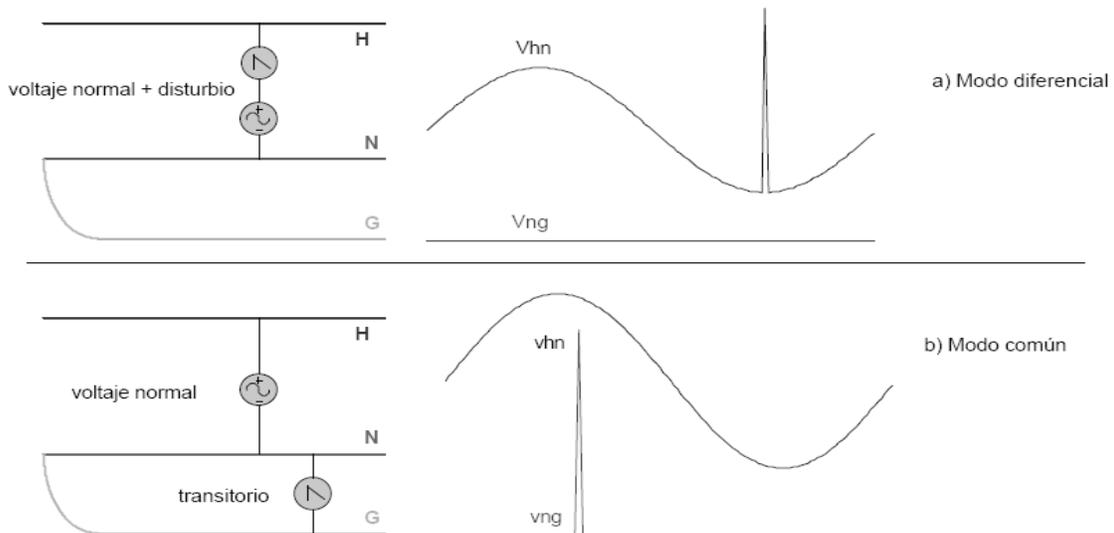
Figura 31. Alimentación monofásica: vivo, neutro y tierra



Si es necesario se puede eliminar el anillo formado entre los electrodos de tierra desconectando el electrodo del equipo de desconexión principal, siempre y cuando el sistema sea estable y no presente ruido entre neutro y tierra. Esto no es aconsejable ya que afecta a la referencia del neutro dependiendo de la distancia a la que se ubica el transformador de distribución (NEC 250)

La Figura 32 a) muestra un transitorio de modo diferencial. El modo diferencial se hace presente entre los dos conductores que normalmente llevan corriente; en este caso esto corresponde a un transitorio entre vivo y neutro (o línea y neutro). El voltaje entre neutro y tierra no presenta transitorio alguno; el voltaje es cero. La Figura 32 b) ilustra un transitorio de modo común. Ahora los dos conductores del circuito, el vivo y el neutro se desplazan con respecto al conductor de puesta a tierra. Aunque los transitorios más comunes son los de modo diferencial, la recomendación es que se cuente con protección de vivo a neutro, de vivo a tierra y de neutro a tierra.

Figura 32. Transitorios de modo diferencial y de modo común



Fuente: IEEE. C62.41-1991. **IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits.**

4.2.5 Instalación de los supresores de sobre voltajes transitorios

Es muy importante que el supresor de transitorios esté cerca de la carga a proteger. En caso de que el supresor esté retirado de la carga y se presente un transitorio con frente de onda muy pronunciado es posible que éste llegue al equipo sensible. Es importante respetar las Categorías de Ubicación para los supresores de transitorios en circuitos de alimentación de baja tensión. Por ejemplo, en la acometida debe emplearse uno de Categoría C. Es importante que los supresores cuenten con protección en modo diferencial y en modo común. La protección de modo diferencial es indispensable pero no es suficiente; se requiere de protección de modo común.

Con el propósito de evitar distancias eléctricas, es necesario que los supresores de transitorios se conecten con conductores tan cortos como sea

posible, sin lazos, sin trenzados y sin curvas pronunciadas. Los supresores de transitorios no realizarán su función si no se instalan en forma adecuada. Por ejemplo, no podrán proteger contra disturbios de modo común si no están conectados a un conductor de puesta a tierra, de ahí que sea indispensable seguir las instrucciones de instalación del fabricante. Se recomienda que el conductor de puesta a tierra de los supresores no sea uno de tipo aislado sino uno de puesta a tierra de equipo normal. También se recomienda que se instalen supresores categoría B a la entrada de un UPS y a la entrada de los circuitos asociados de “bypass”. Esto requiere de énfasis pues se tiene la idea errónea de que un UPS es la solución total a los problemas de calidad de energía.

4.2.6 Supresor de transitorios a utilizar

El módulo de supresión de transitorios Strikesorb es usado como un elemento autónomo integrado dentro de grandes sistemas o dentro del supresor de transitorios Rayvoss. Este incorpora un Varistor de Oxido Metálico de grado distribución ensamblado bajo presión dentro de una cubierta de aluminio ambientalmente sellada.

Proporciona una resistencia de contacto interna muy baja, manejo térmico del MOV y una distribución uniforme de la corriente de pico sobre la superficie total del elemento de protección, dando así como resultado una capacidad de manejo de energía alta combinada con un muy bajo voltaje de paso.

El diseño minimiza los efectos de envejecimiento y elimina completamente el riesgo de falla catastrófica, explosión o fuego, el cual es muy común en los protectores de transitorios convencionales. Incorpora desarrollos de tecnología de punta en el MOV proporcionando altas características de protección, las

cuales permanecen iguales a través de su vida útil. El módulo fue diseñado para resistir transitorios repetidos proporcionando una operación rentable y libre de mantenimiento en ambientes severos. Pruebas de laboratorios independientes confirman que un modulo Strikes de 40mm puede resistir un impacto de 140kA con un cero por ciento (0%) de cambio en su voltaje residual. El modulo Strikesorb de 80 mm puede resistir así impactos de 200kA, salvaguardando la infraestructura electrónica crítica contra cualquier amenaza potencial. El módulo Strikesorb está reconocido por UL 1449 en la industria, clasificado para una operación segura sin el uso de fusibles internos adicionales. Esta característica combinada con su capacidad de ser conectado directamente a la línea eléctrica o a las barras de distribución (conexión en línea), lo hace confiable y un buen protector de transitorios. Aunque como todo dispositivo tiene ciertas desventajas, los varistores de óxido de metal se degradan con el uso, las trayectorias de conducción de corriente del MOV son a través de partículas de óxido de zinc, dichas partículas se debilitan a medida que sus características resistivas cambian después de conducir corriente. El ciclo de degradación llega a ser más profundo a medida que el MOV conduce con más frecuencia y a medida que conduce valores mayores de corriente, por lo que se deben de solicitar datos que indiquen la vida útil de los mismos y numero de descargas.

En la actualidad se están utilizando estos supresores en las instalaciones de radio bases típicas para proteger a los equipos electrónicos que intervienen en el proceso de la comunicación móvil, desde el inicio de su utilización a finales del año 2000 este dispositivo a demostrado tener alta confiabilidad ya que hasta finales del 2007 se han cambiado tres equipos que se han dañado por descarga directa y debido a robo de sistema de tierras quedando sin un drenaje adecuado de sobre tensiones. Debido a la reducción de fallas mostrada al utilizar estos equipos se trabajo en un proyecto de intercambio de los equipos

anteriormente utilizados en las instalaciones de radio bases típicas y, comparando ambos equipos, el índice de fallas ha disminuido drásticamente. En lo que a protección de supresores se refiere es importante que estos cuenten con protección en modo común y en modo diferencial, solo una de estas no es suficiente.

Figura 33. **Strikesorb fabricado por Raycap Corporation**

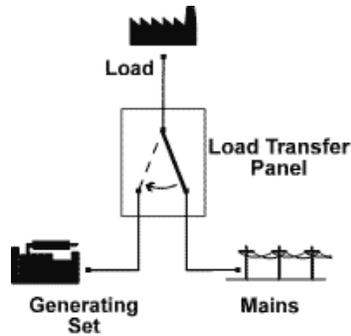


Fuente: Raycap corp. **Brochure Rayvoss. Pág.1**

4.3 Transferencia automática (ATS)

Cuando se instala un generador en automático para que funciones de respaldo en caso de una falla de la fuente principal de energía es necesario instalar también un interruptor de transferencia automática (ATS). El panel de transferencia esta diseñado para censar fallas de la fuente principal de energía, dar una señal de encendido al generador, cambiar la alimentación de la carga de la fuente dañada al generador y luego regresarla a la fuente principal cuando la falla haya sido solucionada

Figura 34. **Función del ATS**



Fuente: FG Wilson. **Llave de transferencia TI.**

4.3.1 Panel de transferencia de carga MTI

El panel de transferencia de carga Mti contiene un microprocesador basado en control de sistemas y diseñado para trabajar con un sistema de autoencendido que se activa cuando existe una falla de la fuente principal de energía.

Solo dos cables son necesarios para interconectar el generador y el panel Mti facilitando con esto su instalación. Los dos cables están identificados para todos los controles de autoencendido FG Wilson

Tabla VI. **Identificación de cables para interconectar ATS y Grupo electrógeno**

MTi C/O System Panel	2001 series panel	4001 Series panel	4001E series panel
7 & 24	8 & 24	7 & 24	7 & 24
MTi C/O System Panel	Access 4000 series panel	6101 Series panel	6201 series panel
7 & 24	5 & 24	13 & 93	7M & 90

4.3.2 Operación general

Cuando el micro controlador esta funcionando correctamente el LED verde se encuentra intermitente. El Mti cambiara el estado del sistema de censo de voltaje si el sistema de control detecta que la fuente principal ha fallado y el voltaje se encuentra por debajo del valor predeterminado en el *set-point* habilitado en el temporizador, 2MT (*mains fail timer*). Entonces el led rojo se iluminara indicando en que fase fue detectado el bajo voltaje. Si la fuente principal permanece con bajo voltaje el tiempo determinado por 2MT, el Mti abrirá el contactor principal para desconectar la fuente principal de la carga. Cuando el contacto normalmente abierto se cierra este conecta los dos cables del control de autoencendido. El generador arrancara a la velocidad y el voltaje especificado y el temporizador estará habilitado. AT es el temporizador de alternador de tiempo fuera que permite que el contactor del generador se cierre, ahora la carga se encuentra alimentada por el motor generador.

El monitor de la fuente principal de energía del Mti estará en espera para cuando esta retorne. Tan pronto como la fuente principal de energía regrese y se encuentre cerca de un nivel predeterminado admisible, 1MT (temporizador de retorno de la fuente principal) estará habilitado. Si la fuente principal esta ahora en espera y se encuentra dentro de los limites, 1MT con los contactores de tiempo fuera se abrirán y desconectaran el generador de la fuente principal. DBT (*Deadband Timer*) ahora esta encendido y cuando este completo, el contactor de la fuente principal se cerrara reconectando la carga a fuente principal de nuevo. El generador seguirá funcionando, en el ROT (*Run on time*) este estará habilitado tan pronto cuando el generador se desconecte de la carga, el propósito de este es que el generador funcione por algún tiempo sin carga con propósitos de enfriamiento. Una vez el ROT haya terminado, el contactor normalmente abierto que conectaba los dos cables del

autoencendido, se abrirá y el generador se apagará en espera de la siguiente falla de la fuente principal de energía.

4.4 Grupos electrógenos

Los grupos electrógenos están destinados a una gran variedad de empleos, desempeñando la función de proveedor de energía fija o de emergencia; para diversas instalaciones de servicios auxiliares (esenciales y no esenciales), alumbrado de emergencia (de seguridad, de escape o de reserva), bancos, estadios deportivos, plantas industriales, hospitales, sistemas de comunicación etc.; como también en instalaciones rurales aisladas de la red pública de suministro eléctrico.

Estas instalaciones presentan una diversidad de exigencias en cuanto a la escala de las potencias involucradas, a la curva de carga, al retardo admisible en la incorporación del suministro, a la duración del mismo y a su confiabilidad; dando lugar a una gran cantidad de modelos que combinan múltiples tecnologías. Los grupos electrógenos básicamente están formados por un conjunto integrado que contiene un motor térmico primario (turbina de gas, motor Otto o Diesel), un generador eléctrico (generalmente de corriente alterna) acoplado en el mismo eje y los correspondientes elementos auxiliares y sistemas complementarios, como los distintos indicadores de estado, tableros de maniobra, tanques, radiadores, circuitos de lubricación, combustible, agua y eventualmente aire comprimido; excitatrices, cargadores de baterías, equipos de control de tensión y frecuencia, dispositivos de transferencia, protecciones contra sobrecargas, cortocircuitos, etc. En los grupos más modernos, también se disponen microprocesadores, rutinas de auto diagnóstico, sistemas de comunicación de datos, contactos libres de tensión, etc. Esto brinda una mayor flexibilidad operativa y permite realizar un control remoto del grupo.

La potencia nominal del grupo electrógeno a seleccionar resulta de la suma de las potencias absorbidas por las cargas a alimentar durante la falta de energía de red, multiplicada por un factor de simultaneidad y previendo un futuro aumento del consumo. Para las cargas con extracorrentes de cierre de alta intensidad, deben tomarse las debidas precauciones para evitar la aparición de excesivas caídas de tensión iniciales. Según sea el consumo total de las cargas y la extensión de la instalación, los grupos electrógenos pueden elegirse para entregar energía en baja o media tensión, con o sin transformador intermedio.

Para una adecuada selección se debe especificar lo crítico de la carga, si el grupo debe instalarse a la intemperie o bajo techo, si hay disponibilidad de abastecimiento regular de combustible y agua de refrigeración, el espacio útil disponible, el régimen de mantenimiento periódico, el nivel de ruido admisible, las normas de calidad de los gases de escape, la altura sobre el nivel del mar del sitio de instalación, como también la temperatura y la humedad ambiente. También debe considerarse el grado de entrenamiento de los futuros operadores. La elección del equipo más adecuado debe hacerse no sólo en base a los requerimientos técnicos, sino también en base a consideraciones económicas, teniendo en cuenta el tiempo de utilización esperado en virtud de los períodos de inactividad de los grupos electrógenos. La seguridad, la prevención, la continuidad de la producción y los requerimientos legales son los elementos a tener en cuenta para justificar económicamente la instalación de un grupo electrógeno. Cuando el grupo electrógeno no tiene la suficiente potencia para alimentar a la totalidad de los consumos, se deben instalar tableros de distribución con barras divididas en dos grupos mediante interruptores de acoplamiento (barra partida), con una sección con consumos esenciales atendida por el grupo electrógeno y otra de consumos no esenciales sin alimentación de emergencia. En todos los casos debe instalarse un dispositivo

de transferencia para conmutar tanto al fallar la red pública como al restablecerse la tensión en la misma, con los debidos enclavamientos y protecciones. Para especificar la potencia nominal de un grupo electrógeno se considera la potencia eléctrica aparente entregada por el generador, medida habitualmente en kVA, mientras que la potencia del motor térmico se expresa en kW. Los grupos electrógenos portátiles de baja potencia se accionan con motores Otto, mientras que los de potencias superiores a los 5 kVA se suelen equipar con motores Diesel (en algunos casos sobrealimentados), reservándose el uso de turbinas de gas para las unidades más grandes.

Estos motores deben tener un sistema de control de la velocidad de rotación, de manera que en caso de variación de la carga no se produzcan variaciones importantes en la frecuencia. Las turbinas pueden quemar una amplia variedad de combustibles y ofrecen las ventajas de su pequeño tamaño, bajo peso, poca vibración, no requieren agua de enfriamiento y pueden conformarse unidades de cogeneración para aprovechar el calor de los gases de escape. Sin embargo, el elevado volumen de dichos gases obliga a instalar grandes conductos de evacuación o chimeneas. La refrigeración directa con aire se emplea en motores Diesel con potencias de hasta 200 kW y la cantidad de aire de refrigeración ronda los $70 \text{ m}^3 / \text{kWh}$. Los motores refrigerados por agua generalmente están provistos de radiadores de panel con ventiladores para servicio estacionario (que resultan mucho mayores que los correspondientes a los automóviles) o de un sistema de refrigeración mediante intercambiadores de calor. En el primer caso el radiador se puede adosar directamente al motor o colocarse por separado, especialmente en el caso de grandes potencias. En el caso de los intercambiadores de calor, mediante una bomba se hace circular el agua continuamente por el interior de los mismos, que también se pueden refrigerar en una torre de enfriamiento. La cantidad de agua de refrigeración ronda los $50 \text{ dm}^3 / \text{kWh}$. Habitualmente se utilizan

generadores compuestos de tensión estabilizada, conformado por un generador sincrónico y un estabilizador de tensión adosado a él o dispuesto en la instalación de maniobra junto a la ATS. Los equipos más modernos no tienen excitatrices rotativas, sino dispositivos de estado sólido que no requieren el montaje de escobillas. Las líneas de fabricación de plaza abarcan todas las clases normales de corriente y para las tensiones y frecuencias usuales. En algunos casos, se fabrican con una salida de corriente alterna y otra de corriente continua. Por lo general se suministran grupos electrógenos completos para potencias de hasta 3500 kVA aproximadamente. Si la demanda de potencia es mayor, se pueden emplear varios grupos en paralelo.

Como los grupos electrógenos deben estar siempre listos para entrar en servicio, debe establecerse un adecuado plan de mantenimiento, que incluya arranques de prueba a intervalos regulares. Para el arranque de los grupos se puede emplear un motor eléctrico alimentado por baterías, o en las unidades mayores de 1000 kW, se puede recurrir a la inyección de aire comprimido en los recintos de combustión. En el primer caso deberá instalarse un cargador y en el segundo un compresor auxiliar. En las unidades muy pequeñas se debe arrancar manualmente mediante un mecanismo cuerda retráctil. Como los grupos electrógenos no tienen un arranque instantáneo, presentan dificultades para trabajar aisladamente con cargas que no admiten interrupciones mayores que algunas centésimas de segundo, como en el caso de los grandes centros de cómputos, en estos casos se recomienda la utilización de UPS. Estos sistemas ininterrumpidos de potencia pueden operar en dos clases de servicio típicos. En el servicio de conmutación, normalmente la red alimenta directamente a los consumos y el grupo eléctrico se encuentra desconectado de los mismos. Cuando se interrumpe el suministro, se pueden utilizar sistemas auxiliares basados en baterías que mantienen el suministro durante la puesta en marcha del grupo, o bien se puede recurrir al empleo de

volantes de inercia en rotación permanente (reserva rotante). En estos últimos, durante el lapso de suministro normal, el volante está girando en vacío impulsado por el mismo equipo motriz primario, por un pequeño motor de corriente continua de velocidad regulada o por el generador del grupo funcionando como motor. Cuando falla la red, dicho volante entrega la energía cinética acumulada para poner en régimen al motor térmico, el cual impulsa al generador, que pasa a tomar plena carga en un proceso automático gobernado por un conmutador de transferencia que conecta los consumos con el grupo.

En el servicio en paralelo, normalmente la red alimenta a un motor eléctrico de CD de velocidad regulada que hace rotar a un generador que alimenta a los consumos, y que también mantiene al motor térmico y al volante girando en vacío. Cuando falla la red, dicho volante se encarga de poner en régimen al motor térmico, el cual pasa a impulsar al generador. En algunos casos se adicionan baterías que impulsan al motor de CD durante el proceso transitorio. Este servicio también se conoce como de doble conversión de energía (eléctrica/mecánica - mecánica/eléctrica).

Los grupos electrógenos pequeños se fabrican en forma de un bloque integrado, de manera que todos sus componentes queden contenidos en un módulo con forma de paralelepípedo con manijas que lo hacen fácilmente transportable por el hombre. Los equipos medianos se pueden montar sobre trineos, remolques o en los casos mayores, dentro de contenedores que pueden instalarse a la intemperie; para poder en estos casos transportarse mediante equipos mecánicos, en cambio, los grupos electrógenos grandes generalmente son equipos estacionarios que deben instalarse en locales específicamente habilitados para tal fin, para aislar los ruidos y las vibraciones que producen. Para ello, debe proveerse un adecuado aislamiento acústico, instalando amortiguadores de vibraciones y disponiendo de cimientos

separados de los cimientos y muros del edificio. Como las máquinas térmicas poseen importantes pérdidas de calor, se deben disponer dispositivos de ventilación del local suficientes para evacuar el calor generado. Cabe recordar que el volumen de aire necesario para la combustión de los motores alternativos resulta muy pequeño en relación con el necesario para la ventilación. Asimismo, en el camino de escape de los gases de combustión deben instalarse dispositivos silenciadores y cámaras de insonorización.

Cuando las potencias son elevadas, cada componente se dispone en un bloque independiente. En realidad, estos grupos electrógenos grandes son verdaderas centrales térmicas de generación eléctrica.

4.5 Luminarias

4.5.1 El flujo luminoso.

Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo, y la unidad de medida de este es Lumen. El flujo luminoso se denota por la letra griega Φ .

4.5.2 La iluminación

Es el flujo luminoso por unidad de superficie, también se puede decir que la iluminación de una superficie es el flujo luminoso que cubre cada unidad de la misma. La iluminación se denota con la letra E y se mide en lux. La iluminación es lo principal para un proyecto de instalación de alumbrado y esta se mide con un luxómetro.

4.5.3 La eficiencia luminosa.

Es la eficiencia de una fuente luminosa a la relación entre el flujo emitido (Φ), expresado en lumen y la potencia eléctrica (P) absorbida expresada en vatios.

4.5.4 Requisitos para una buena iluminación.

- Nivel de iluminación respecto a las características y destino del local.
- Tipo de iluminación
- Tipo de lámpara y tipo de luminaria que conviene adoptar en relación con las exigencias fotométricas, costo de la instalación, condiciones de funcionamiento y posibilidad de llevar.
- Nivel de iluminación: Cuando se trata de una iluminación general se toma como referencia el nivel de iluminación en un plano horizontal situado a una altura de 0.80 a 0.90 m. Sobre el piso. La elección del nivel de iluminación es fundamental para una buena visión.

4.5.5 Lámpara de vapor de mercurio.

Está constituida por un pequeño tubo de cuarzo, que contiene vapor de mercurio a alta presión y un gas inerte (argón) para facilitar la descarga. En ambos extremo se hallan dispuestos los electrodos, dos de los cuales son principales y uno o dos son auxiliares. La luz se produce por el paso de la corriente eléctrica a través del vapor o gas. Son muy utilizadas en grandes edificios industriales, talleres, almacenes, depósitos, autopistas. Tiene sus

ventajas en el pequeño tamaño, un buen promedio de vida y se suministra en una elevada gama de potencia. Tiene sus desventajas en que necesitan equipo auxiliar para el arranque de la descarga, el encendido no es inmediato, requiere hasta de 5 minutos para alcanzar la máxima emisión luminosa, costo muy elevado.

4.5.6 Características.

Tabla VII. Características de lámparas de vapor de mercurio

Potencia nominal (w)	Potencia absorbida (w)	Diámetro (mm)	Longitudes (mm)	Flujo luminoso (lm)	Eficiencia luminosa
80	89	70	156	3.800	43
125	137	75	170	6.300	46
250	266	90	226	13.700	52
400	425	120	292	23.100	54
1.000	1.045	165	380	55.000	53
2.000	2.070	185	420	100.000	63

4.5.7 Características fotométricas

- Temperatura de color: varía de 3.000°K a 4.500°K para luz blanca neutro y luz blanca día, con índices de reproducción cromático del orden de 40 (nivel 3, Ra = 40 a 69), con predominio del azul según los tipos y fabricantes.

- Flujo luminoso: similar al de las lámparas fluorescentes con la gran ventaja de que se pueden obtener grandes cantidades de luz por lámpara. Se fabrican con potencia de hasta 1.000 W.
- Depreciación luminosa: es similar a la de las lámparas fluorescentes a lo largo de su larga vida, que suele ser de 6.000 a 9.000 horas.

4.5.8 Luces de obstrucción o balizas

Las balizas son luces colocadas en puntos que pueden ser un riesgo potencial para la navegación aérea, la finalidad de estas es indicar a presencia de objetos que puede intervenir en las rutas de navegación estos objetos pueden ser edificios, chimeneas de industrias, torres de energía eléctrica, torres de telecomunicaciones etc. Las balizas se colocaran según las alturas y especificaciones exigidas por la Dirección de aeronáutica civil. Las balizas superiores, para poder ser utilizadas, deberán de estar conformadas por dos faros rojos, soportados por una base de aluminio libre de cobre resistente a la corrosión y empaques de neopreno para proteger su interior de la humedad.

Operaran de forma intermitente o estática dependiendo de la altura de la torre. También estarán provistas de bombillas de larga duración de 10,000 horas con tipo de encerramiento NEMA 4 o IP-65

4.5.9 Panel de control de balizas

El panel de control esta constituido por una serie de componentes electrónicos y electromecánicos que controlan el encendido de las balizas y es el responsable del funcionamiento intermitente de las mismas. Este panel será utilizado cuando sea requerido que las balizas sean intermitentes de lo contrario solo se utilizar una foto celda como medio de control para encender las balizas y estas se mantendrán estáticas.

5 . SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA (SPT)

Una puesta a tierra es una conexión al suelo o a algún cuerpo conductor de gran tamaño que sirve en lugar de éste. Aunque los componentes del suelo no son conductores, su gran volumen hace que sea ampliamente clasificado como un conductor; por conveniencia se toma el potencial de la tierra igual a cero. Sin embargo, basados en la composición del suelo, la resistencia de puesta a tierra varía de un lugar a otro, especialmente con el contenido de agua y la temperatura. Cuando un cuerpo metálico es enterrado, toma el potencial de la tierra. Si una corriente circula por este cuerpo metálico (electrodo de puesta a tierra) hacia el suelo, los objetos metálicos conectados eléctricamente a la puesta a tierra, adquieren el mismo potencial, mientras los objetos metálicos no conectados presentan diferencias de potencial que pueden ser perjudiciales. Desde los comienzos de la utilización masiva de la energía eléctrica, se ha reconocido la importancia de tener un buen SPT para el desempeño del sistema eléctrico y para la seguridad del personal. Desgraciadamente, los procedimientos de diseño han sido limitados por un número de factores que son difíciles de cuantificar. Los SPT conforman canales naturales de acople entre los dispositivos, equipos o sistemas y por lo tanto una correcta disposición es garantía de protección; lo contrario es generar condiciones de riesgo cuya repercusión se viene a conocer cuando los daños se presentan. Los riesgos para las personas y equipos, provienen en principio de las tensiones de contacto, paso y transferido durante condiciones de falla en el sistema de potencia.

Los requerimientos de protección para los circuitos de equipo electrónico dependen de la elevación máxima del potencial de tierra y de las tensiones inducidas. En general el SPT, para una instalación se debe diseñar para:

- Limitar la elevación de potencial de tierra hasta un valor aceptable para cualquier condición de falla.
- Limitar las tensiones de seguridad resultantes, es decir de contacto, de paso, y tensiones transferidas dentro y alrededor de la locación, a valores que estén por debajo de los niveles de riesgo para las personas y equipos.

Los dos objetivos están interrelacionados, las tensiones de contacto, de paso y transferidas son proporcionales a la elevación de potencial de tierra. En general el desempeño del SPT está determinado por un gran número de parámetros tales como:

- La resistividad del suelo en el sitio donde están enterrados los conductores de la puesta a tierra.
- Área y geometría de la malla de puesta a tierra.
- Estructura y parámetros del sistema de potencia interconectado, incluyendo las conexiones de los transformadores, cables de guarda, puesta a tierra de tanques, contrapesos, etc.

El nivel de la corriente de falla a tierra depende de las estructuras puestas a tierra, la resistividad, la localización y el tipo de falla. La corriente eléctrica que fluye hacia la tierra causa la elevación del

potencial de tierra y una distribución de potencial en la superficie, la cual determina las tensiones de contacto, de paso y transferidas.

5.1 Funciones y requisitos de un SPT

5.1.1 Requisitos mínimos

- El valor de la resistencia debe ser el adecuado para cada tipo de instalación. (Menor a 3 ohm para Telecomunicaciones).
- La variación de la resistencia debida a cambios ambientales debe ser mínima.
- Su vida útil debe ser mayor de 20 años.
- Debe ser resistente a la corrosión.
- Su costo debe ser el más bajo posible, sin que se comprometa la seguridad.
- Debe permitir su mantenimiento periódico.
- Cumplir los requerimientos de las normas y especificaciones.

5.1.2 Funciones

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.

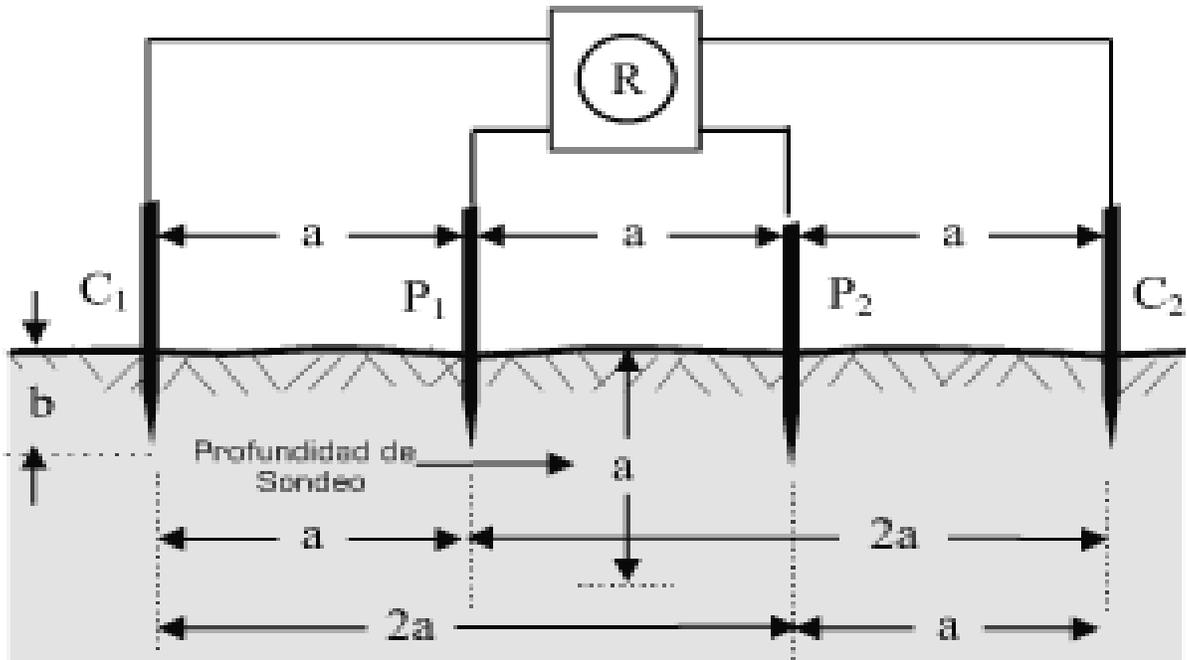
- Servir de referencia al sistema eléctrico.
- Conducir y disipar las corrientes de falla con suficiente capacidad.
- Eliminar ruidos eléctricos, estos se eliminan de manera diferencial drenándolos a través de tierra. Por ejemplo, las alimentaciones de potencia incluyen ahora esta conexión, a través de la cual se dispersan al terreno corrientes residuales y corrientes armónicas.
- Transmitir señales de RF en onda media.

5.2 Medición de la resistividad del terreno

El suelo es uno de los materiales involucrados en un SPT, su medición es determinante para un diseño correcto. La realización de un SPT sin haber realizado anteriormente la medición de resistividad en el terreno será considerada como errónea e inaceptable

5.2.1 Método Wenner para medición de resistividad aparente del terreno:

Figura 35. Método Wenner



Fuente: IEEE. IEEE Std. 1100-1992, Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment.

Este es un método mediante el cual se dispone de 4 electrodos en línea recta y equidistante a una distancia " a ", simétricamente respecto al punto en el que se desea medir la resistividad del suelo, no siendo necesario que la profundidad de los electrodos auxiliares, sobrepase los 30 cm.

El aparato de medida es un telurómetro clásico con 4 terminales, siendo los dos electrodos extremos los de inyección de la corriente de medida (I) y los dos centrales los electrodos de medida de potencial (P). La densidad de la corriente en el suelo decrece regularmente cuando aumenta la profundidad en

la vertical de los electrodos centrales de medida de potencial ya que la corriente penetra tanto más profundamente en el suelo cuanto más alejados estén los electrodos de inyección. En la práctica, se puede admitir que la resistividad aparente es, básicamente, la de las capas comprendidas entre la superficie del suelo y la profundidad a la cual la densidad de corriente se ha reducido a la mitad de su valor en la superficie, siendo esta profundidad de exploración del orden de “0.75 a”.

$$\rho = 2\pi aR$$

ρ = Resistividad

R = Resistencia medida por el telurómetro.

a = Distancia entre electrodos en metros.

5.2.1.1 Ventajas y limitaciones del Método.

El Método WENNER está Normalizado (ASTM:G-57 : eeste método de prueba abarca el equipo y los procedimientos para la medida de resistencia del terreno, *in situ* y para las muestras tomadas de tierra, para el uso en el control de la corrosión de estructuras enterradas), y tiene la ventaja de ser sencillo y más preciso que otros métodos basados en el mismo principio, dado que no exigen instrumentos de alta sensibilidad, son ideales para despliegues cortos (pequeña profundidad) tales como los que se necesitan para puestas a tierra y las variaciones laterales en este caso no le afectan; se aplican a todo tipo de suelos.

Cuando la distancia de medidas es corta ($a < 1\text{m}$), puede conllevar desviaciones dependientes de la delgada cobertura superior del suelo que a veces suele ser diferente que el estrato superficial (r_1); por ello, cuando se

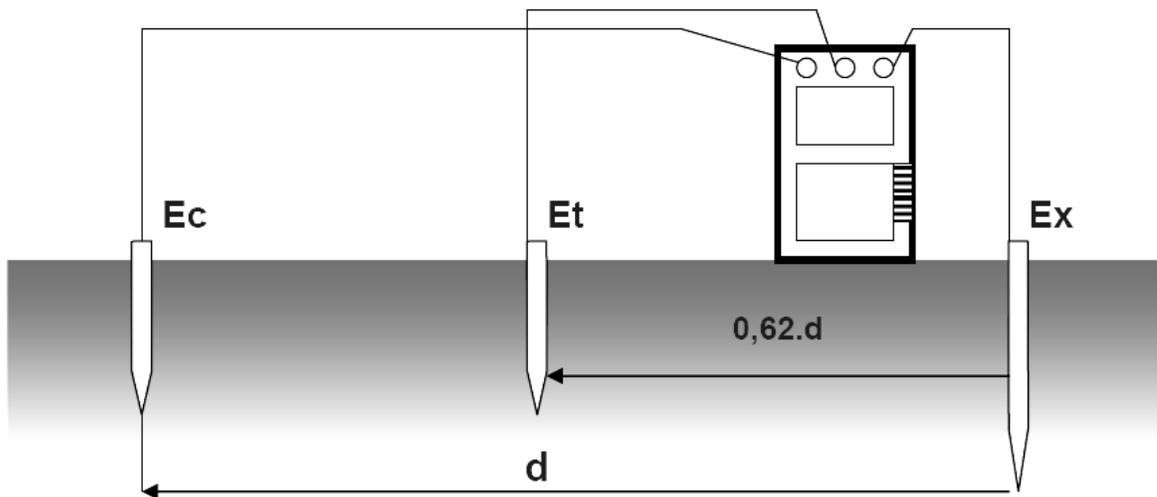
hace una serie de medidas simple de (4 puntos), no deberá incluirse distancias ($a < 1,0$ m), y cuando la Serie los incluye (Series 1 y 2), aquellos que resulten ilógicos deberán ser desestimados.

5.2.2 Método de la regla del 62% para la medición de resistencia de un sistema de puesta a tierra.

Las zonas de influencia de puestas a tierra pueden ser tan grandes que para evitar la superposición de estas áreas, quien va a medir debe tomar distancias largas entre el electrodo de corriente y el SPT incógnito. Es fundamental para el método que las áreas de influencia no se superpongan entre sí. El método requiere que el electrodo de corriente sea clavado con respecto al SPT incógnito a una distancia de 3 a 5 veces la mayor dimensión del SPT, y luego medimos el valor de resistencia de puesta a tierra, variando la distancia del electrodo de tensión. El punto donde se debe tomar el valor verdadero de la resistencia de puesta a tierra, es con el electrodo de tensión a 0.618 de d . El método recomienda hacer tres mediciones, siendo la primera con el electrodo de tensión al 62% de la distancia del de corriente y las otras dos a $\pm 10\%$ de ese punto. Si todas las medidas están dentro del error esperado ($\pm 5\%$), comparándolas con el promedio de las tres mediciones, el valor verdadero de las resistencias es el obtenido en el punto del 62% y no el obtenido como promedio. El método del 62% ha sido adoptado después de consideración grafica y después de haberlo probado.

Este método tiene la ventaja de ser el más preciso pero esta grandemente limitado por el hecho que la tierra sometida a prueba es una sola unidad. Este método es aplicable solo cuando los tres electrodos están en línea recta y la tierra es un solo electrodo lo que muestra una desventaja frente a los otros métodos.

Figura 36. Método de la regla del 62%.



Fuente: IEEE. IEEE Std. 1100-1992, Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment.

5.3 Electrodo de tierra

El electrodo de tierra es el componente del sistema de puesta a tierra que está en contacto directo con el terreno y así proporciona un medio para botar o recoger cualquier tipo de corrientes de fuga a tierra.

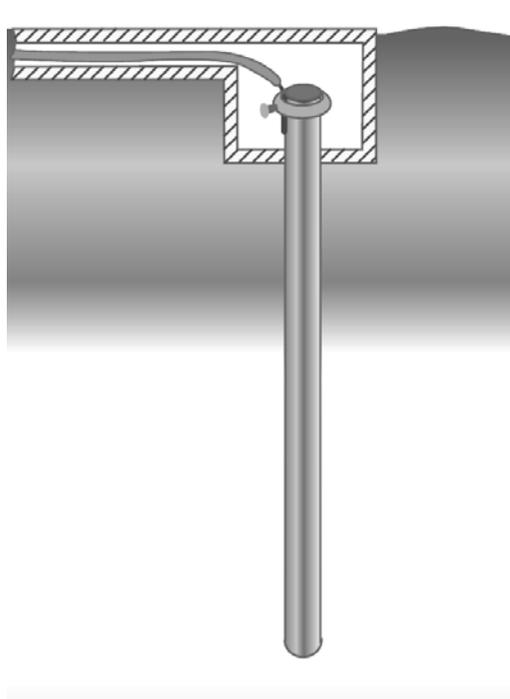
Los electrodos de tierra deben tener propiedades mecánicas y eléctricas apropiadas para responder satisfactoriamente a las sollicitaciones que los afectan, durante un período de tiempo relativamente largo. El material debe tener buena conductividad eléctrica y no corroerse dentro de un amplio rango

de condiciones de suelo. El material preferido generalmente es el cobre. El electrodo puede tomar diversas formas: barras verticales, conductores horizontales, placas, combinación de conductores horizontales y barras verticales (mallas de tierra). A continuación se estudiarán los más utilizados en telecomunicaciones.

5.3.1 Barras

Es la forma más común de electrodos, cuando no se requiere controlar los potenciales de superficie. Su costo de instalación es relativamente bajo y pueden usarse para alcanzar en profundidad, capas de terreno de baja resistividad.

Figura 37. Barra



Fuente: Nelson Morales Osorio. **Sistemas de puestas a tierra. Pág. 13.**

La barra es de cobre puro o de acero recubierto de cobre. El tipo recubierto se usa cuando la barra se entierra por medios mecánicos (impacto) ya que el acero empleado tiene alta resistencia mecánica. La capa de cobre debe ser de alta pureza y aplicada electrolíticamente para que no se deslice al enterrar la barra. Las barras están disponibles en diámetros de 15 mm a 20 mm (cobre sólido) y 9,5 a 20 mm (acero recubierto de cobre) y longitudes de 1,2 a 3 metros. La resistencia de una barra vertical enterrada desde la superficie en un terreno de resistividad equivalente ρ_e , es:

$$R = \frac{\rho_e}{2\pi l} \left[\ln \frac{4l}{a} - 1 \right] \Omega$$

Donde

- **a** radio [m]
- **L** longitud [m]

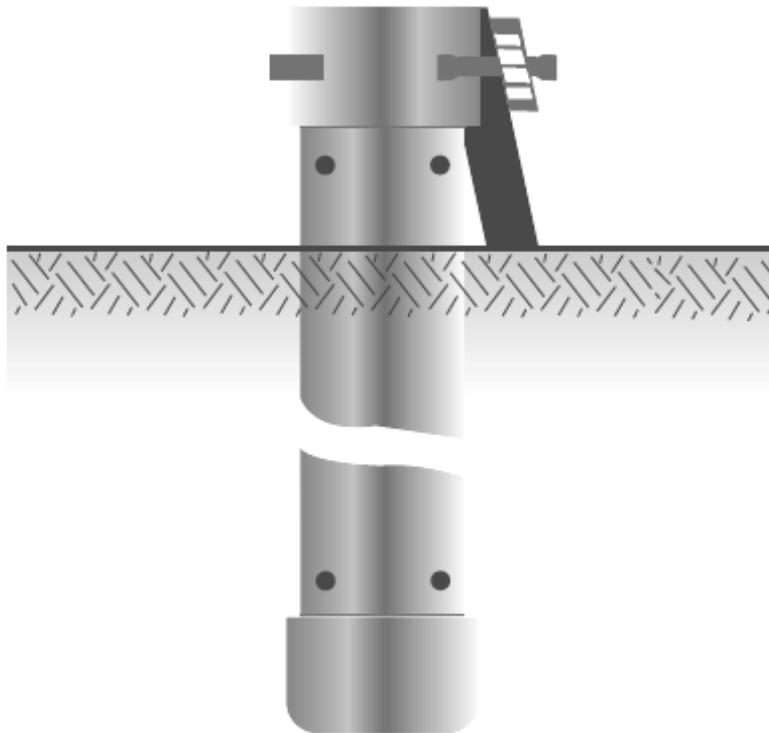
Por ejemplo, una barra tipo Copperweld (Las barras verticales utilizadas en la construcción de las mallas de tierra reciben el nombre de barras copperweld y están construidas con alma de acero revestidas en cobre) de 1,5 metros de longitud, 8 milímetros de radio, en un terreno de resistividad equivalente 100 Ohm-metro, tiene una resistencia de puesta a tierra de:

$$R = 59.63\Omega$$

5.3.2 Electrodo activo.

Consiste de un tubo de cobre llenado parcialmente con sales o sustancias conductoras, con perforaciones en los extremos superior (para ventilación) e inferior (para drenaje) y sellados ambos extremos con tapas.

Figura 38. **Electrodo activo o raíz electrolítica**



Fuente: Nelson Morales Osorio. **Sistemas de puestas a tierra. Pág. 13.**

La humedad existente en el aire ingresa por las perforaciones de ventilación, entra en contacto con la sal o sustancia conductiva formando una solución electrolítica que escurre hacia la parte inferior del tubo y fluye a través de las perforaciones de drenaje hacia el suelo circundante, mediante osmosis. De este modo, el electrolito forma “raíces” en el terreno que lo rodea, las cuales ayudan a mantener su impedancia en un nivel bajo. Es una alternativa atractiva cuando no se dispone de mucho terreno y se desea obtener bajo valor de impedancia, (se estima del orden o inferior a 10 Ohm) pero tiene el inconveniente que requiere mantenimiento.

5.4 Métodos de instalación

Cuando se instalan electrodos de tierra, se deben satisfacer tres condiciones:

- El trabajo debe ser realizado eficientemente para minimizar costos de instalación.
- El terreno o material de relleno usado no debe tener un índice de acidez pH que cause corrosión al electrodo.
- Todas las uniones o conexiones bajo tierra deben ser construidas de modo que no se presente corrosión en la unión o conexión.

El método de instalación, relleno y conexiones que a continuación se detalla dependerá del tipo de sistema de electrodos que se use y de las condiciones del terreno.

5.4.1 Barras

Las barras generalmente ofrecen la forma más conveniente y económica de instalar un electrodo. A menudo se requiere modificar poca superficie (tal como romper superficies de concreto), pero por es necesario inspeccionar para asegurarse que no hay equipo o instalaciones enterradas, tales como: tuberías de agua o gas que puedan ser dañadas al enterrar las barras. Los métodos de instalación pueden ser manuales o mecánicos.

Las barras cortas (típicamente hasta 3 metros de largo) se instalan a menudo empleando un martillo pesado (almágana) operado manualmente. Los golpes relativamente cortos y frecuentes son más efectivos normalmente. Las barras están acondicionadas con una cabeza endurecida y una punta de acero para asegurar que la barra misma no se dañe durante el proceso. Las barras más largas se manejan en forma similar, pero usando un martillo neumático que requiere mucho menos esfuerzo físico y proporciona una inercia directa mayor. Se usan también exitosamente para este propósito herramientas eléctricas, a combustión, hidráulicas de aceite o aire. Debido a su peso, estas herramientas algunas veces requieren de un marco para sostenerlas. Un martillo eléctrico típico podría tener un consumo de 500 Watts y proporcionar aproximadamente 1500 golpes por minuto. Es posible enterrar barras hasta una profundidad de 10 metros o más usando este método dependiendo de las condiciones reales del suelo. Se ha informado también que barras hasta 30 metros han sido instaladas de esta manera, pero no se sabe cuán derechas quedaron. Se sabe que algunas veces se doblan y quiebran a cierta profundidad. El tiempo que demora instalar la barra varía con el tipo de suelo. Por ejemplo, en arena o gravilla suelta, la tasa de penetración de una barra de 11 mm de diámetro puede ser

3,5 metros por minuto, pero ésta cae a 0,5 metros por minuto en arcilla firme. El diámetro de la barra es el principal factor que incide en el esfuerzo necesario para instalarla. Las barras delgadas (9 mm de diámetro) se instalan relativamente fácil, pero a medida que la longitud de la barra aumenta, el diámetro de la barra debe incrementarse para asegurar que la barra tenga suficiente resistencia mecánica particularmente en los puntos de unión. Al doblar el diámetro de la barra de 12 mm a 24 mm, aumenta la resistencia mecánica para impacto en más de tres veces. Cuando las barras tienen que ser muy profundas, normalmente son soldadas o acopladas mecánicamente.

El acoplamiento debe ser tal que el diámetro de la barra no se incremente significativamente, de otro modo la instalación se dificultará y al penetrar la unión se producirá un espacio con un diámetro mayor que el de la barra. El acoplamiento debiera también apantallar la sección tratada, para ayudar a prevenir la corrosión. Las barras de acero recubiertas de cobre son significativamente más resistentes que las barras de cobre sólido, las cuales se doblan muy fácilmente y pueden quebrarse cuando se intenta introducirlas en el suelo rocoso. Cuando se requiere barras más profundas o en condiciones de suelo difícil donde hay roca subyacente, la forma más efectiva es taladrar una perforación estrecha en la cual se instala el electrodo de barra con material de relleno adecuado. Este método es a menudo sorprendentemente económico, ya que puede realizarse un número significativo de perforaciones profundas en un día usando equipo de bajo costo. Las barras pueden instalarse en forma rutinaria a profundidades de hasta 20 metros y con equipo más especializado a una profundidad significativamente mayor. Además de las ventajas de obtener una gran profundidad y una trayectoria más controlada del electrodo, otro beneficio es que de esta manera puede instalarse electrodos de cobre sólido relativamente delgados. Debido a que la barra de cobre sólido tiene una mejor conductividad que la barra recubierta de cobre, esto mejora aún más el

beneficio obtenido por el uso de barras largas. Si se entierran mecánicamente a dicha profundidad, las barras necesitarían ser de mucho mayor diámetro y puede ser necesaria una barra de acero recubierta de cobre para proveer la resistencia mecánica adecuada. En el pasado se usaron varias formas diferentes de sección, tales como sección transversal en forma de estrella, para incrementar la resistencia de la barra y hacer menos probable que se doblara en suelo rocoso, sin embargo no están disponibles ahora. La forma diferente sólo tiene un efecto marginal sobre la resistencia eléctrica obtenida, pero podría requerir menos material para la misma área superficial.

Las barras verticales largas pueden proporcionar una solución económica en muchas situaciones. Existe también equipo disponible que usa conductor de cobre retorcido enterrado para provocar un efecto similar al de una barra convencional, pero evita uniones mecánicas. Una barra de acero se entierra, arrastrando el conductor retorcido detrás de ella. Con el tiempo, el acero probablemente se corroa, dejando sólo al conductor de cobre como electrodo permanente.

5.5 Conexión entre electrodos

Los electrodos de tierra tienen que ser conectados entre sí de alguna manera y es normal que sea vía cobre desnudo ya que este ayudará a reducir el valor de impedancia global. Las conexiones entre los diferentes componentes deben ser mecánicamente robustas, tener buena resistencia a la corrosión y baja resistividad eléctrica. Es prudente evitar uniones y conexiones innecesarias. Debe considerarse el valor de corriente de falla y la duración de la falla que se espera que soporte el sistema de tierra. A continuación se explican en más detalle los métodos de unión que se emplean, incluyendo métodos

mecánicos, bronceados (soldadura en fuerte), soldadura exotérmica y soldados por fusión autógena.

5.5.1 Uniones exotérmicas

Estas uniones se realizan mediante un molde de grafito que se diseña para ajustar el tipo específico de unión y el tamaño de los conductores.

Usando una pistola con pedernal se enciende una mezcla de polvo de aluminio y de óxido de cobre y la reacción que se crea forma una unión de cobre virtualmente puro en torno a los conductores. La reacción de alta temperatura se produce en el interior del molde de grafito. Si se utiliza y mantiene adecuadamente, cada molde puede usarse para realizar entre 50 y 70 uniones. Este tipo de unión asegura los siguientes beneficios:

- Proporciona una unión permanente, de baja resistencia eléctrica y resistente a la corrosión.
- La técnica empleada no requiere adiestramiento, relativamente.
- Puede operar a alta temperatura, permitiendo eventualmente reducir el calibre del conductor.

Los metales que pueden conectarse son acero inoxidable, bronce, cobre, acero con recubierta de cobre, acero galvanizado, bronce y riel de acero. Hay algunos aspectos de seguridad, como la humedad, involucrados con este tipo de unión, pero la técnica se ha desarrollado rápidamente para controlarlos.

5.5.2 Uniones soldadas en forma autógena

El cobre puede unirse por soldadura de bronce o soldadura al arco en presencia de gas. La técnica de unión por soldadura de bronce es efectiva y de bajo costo, empleada primariamente para realizar uniones en terreno.

En esta técnica clásica, se usa bronce como metal de relleno para formar un enlace superficial entre las partes de cobre. La técnica emplea alta temperatura y un material de relleno que es el que más se ajusta al cobre. A pesar de que la soldadura de bronce puede usarse para conectar cobre a metales ferrosos, esto normalmente no se cumple para puestas a tierra. Cuando necesita unirse componentes de cobre de mayor medida, entonces se usa soldadura autógena en ambiente gaseoso. El arco eléctrico proporciona el calor, mientras que el área en torno al electrodo y la soldadura es envuelta por un gas como argón, helio o nitrógeno. Esto reduce la oxidación que toma lugar durante el proceso de soldadura. El nitrógeno se usa ampliamente como el “gas inerte” cuando se suelda cobre. Se requieren materiales de relleno especialmente desarrollados, que son reconocidos por su buen comportamiento al soldar cobre. El aluminio puede ser soldado vía arco de gas inerte de tungsteno o arco de gas inerte de metal. La soldadura en frío a presión se usa algunas veces para unión entre aluminio.

5.6 Comportamiento de los electrodos de tierra

Cuando se diseña un sistema de puesta a tierra se enfrenta normalmente con dos problemas:

- Lograr un valor requerido de impedancia
- Asegurar que los voltajes de paso y contacto sean satisfactorios.

En la mayoría de los casos habrá necesidad de reducir estos valores. Inicialmente, el diseñador debe concentrarse en obtener un cierto valor de impedancia. Este valor puede haber sido definido por consideraciones de protección, los factores que influyen la impedancia son:

- Las dimensiones físicas y atributos del sistema de electrodos de tierra
- Las condiciones del suelo (composición, contenido de agua, etc.)

El sistema de puesta a tierra consiste en un material conductor fuera del terreno (conductores de conexión, etc.), electrodos metálicos enterrados y el terreno mismo. Cada uno de estos componentes contribuye al valor de impedancia total. Es importante reconocer que las características del terreno afectan fuertemente el comportamiento del sistema de puesta a tierra. La característica más importante del terreno es su resistividad, que se mide en ohm-metro. El metal usado para las conexiones sobre tierra debe tener buena conductividad eléctrica y la propiedad superior del cobre determina su uso en la mayoría de las instalaciones. El sistema de electrodos metálicos presenta una impedancia al flujo de corriente que consiste de tres partes principales: la resistividad del material del electrodo, la resistividad de contacto entre el electrodo y el terreno, y finalmente una resistividad dependiente de las características del terreno mismo. La impedancia metálica del electrodo es

usualmente pequeña y consiste de la impedancia lineal de las barras y/o conductores horizontales. Influyen sobre ella las propiedades del metal usado y la sección transversal. En términos eléctricos, el cobre es superior al acero y por tanto ha sido tradicionalmente el material preferido.

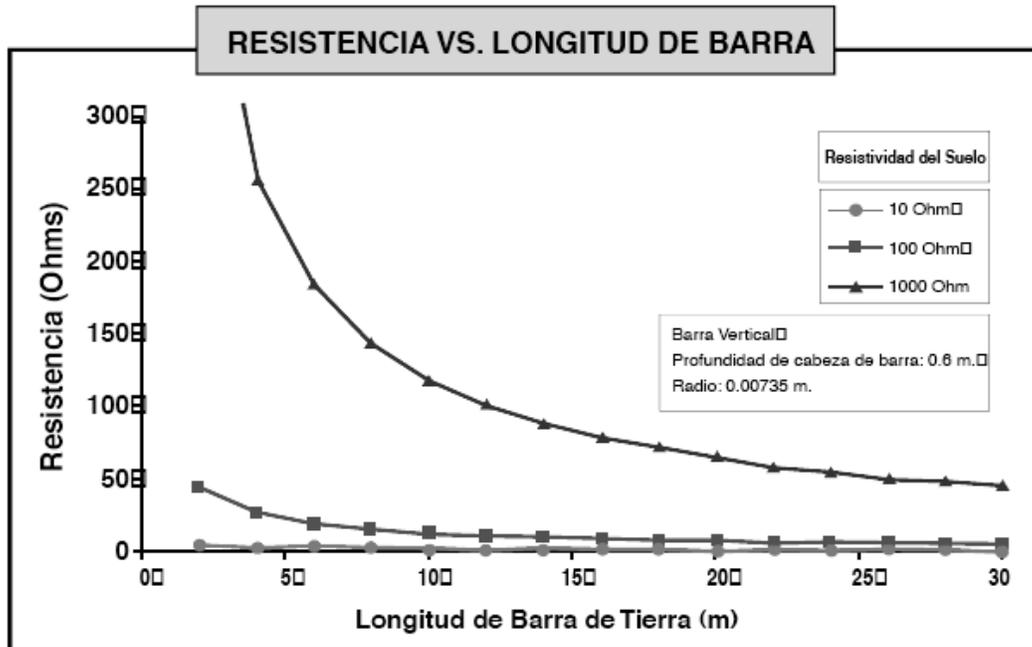
5.6.1 Efecto de la forma, tamaño y número de electrodos

Una parte dominante de la impedancia se debe a la orientación física de los electrodos de tierra. Los gráficos de la Figura 39 a la Figura 41 ilustran el efecto que pueden tener los cambios en estas dimensiones sobre la impedancia y capacita al diseñador para estimar el mérito relativo de cada opción. Esto se discute con más detalle a continuación:

5.6.1.1 Incremento de la profundidad de enterramiento de una barra vertical en suelo uniforme

La Figura 39 muestra el beneficio que puede obtenerse en suelos de diferente resistividad incrementando la longitud de la barra enterrada.

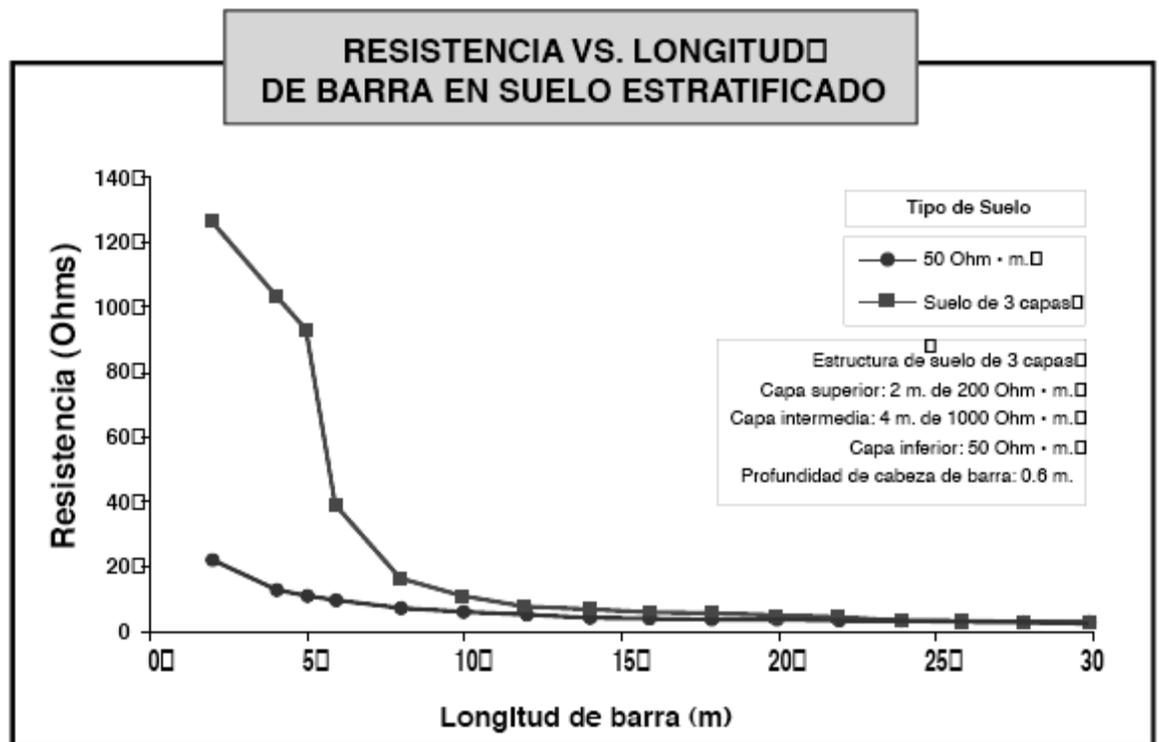
Figura 39. **Resistencia Vrs. Longitud de barra**



También muestra que el mejoramiento por unidad de longitud disminuye a medida que la barra aumenta. Sin embargo, el gráfico que ilustra el comportamiento en suelo uniforme no cuenta la historia completa. El decrecimiento en resistencia obtenido mediante una barra larga puede ser particularmente deseable en condiciones de suelo no uniforme. La Figura 40 demuestra el mejoramiento posible en la resistencia de electrodo cuando se incrementa la longitud de una barra en un suelo que consiste de tres capas. Las capas superiores son de resistividad relativamente alta hasta una profundidad de seis metros. La resistencia de la barra es alta hasta que su longitud supera estas capas, debido a la alta resistividad del suelo que la rodea. A medida que la longitud de la barra aumenta, la resistencia total baja más rápido. Esto se debe a la capa más profunda con mejores propiedades eléctricas. En este caso es clara la mejoría de comportamiento con cada metro adicional de barra instalada, mucho mayor a esta profundidad que para barra en suelo uniforme. Una vez que la barra alcanza aproximadamente 15 metros de longitud, hay poca diferencia en la resistencia de una barra en esta estructura de suelo, comparada con otra en un suelo uniforme de 50 ohm- metro de resistividad. Sin

embargo, el mejoramiento por unidad con cada metro adicional instalado comienza a reducirse rápidamente en el caso de suelo uniforme.

Figura 40. Resistencia Vrs. Longitud de barra en suelo estratificado



5.6.1.2 Incremento del numero de electrodos colocados en paralelo

Si dos electrodos de tierra se instalan juntos, entonces sus zonas de influencia se traslapan y no se logra el máximo beneficio posible. En realidad, si dos barras o electrodos horizontales están muy próximos, la impedancia a tierra combinada de ambos puede ser virtualmente la misma que de uno solo, lo cual significa que el segundo es redundante.

La acción de aumentar el número de electrodos conectados en paralelo disminuye el valor de la "Resistencia Equivalente", pero esta reducción no es lineal puesto que la curva de reducción tiene tendencia asintótica a partir del 6° ó 7° electrodo y además existe el fenómeno de la resistencia reciproca. Suponiendo un medio ideal en el que la resistividad del terreno homogéneo es de 600 Ω-m y se clava un electrodo estándar de 2.4 m

$$R = \left(\frac{\rho}{2\pi l}\right) \left(\ln \frac{2l}{d}\right)$$

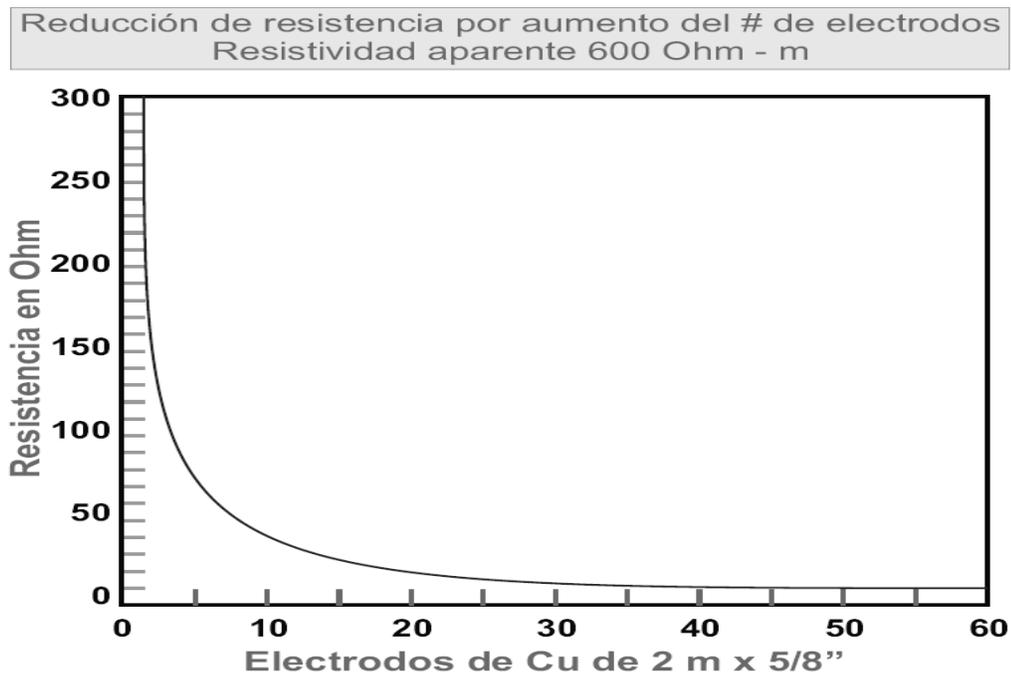
Donde: $(\ln 2l/d)/2\pi l$ se considera = K y operamos la fracción vale 0.49454 por lo tanto $R = 600 \times 0.49454 \approx 300 \Omega$. Según la ecuación de sumatoria de resistencias en paralelo

$$5\Omega = \frac{1}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_{60}}}$$

Al aumentar un segundo electrodo obtendríamos aproximadamente 150 Ω al aumentar un tercero 100 y para llegar a 5 Ω tendríamos que clavar 60 electrodos tal como se muestra en el siguiente gráfico. El espaciamiento, la ubicación y las características del terreno son los factores dominantes en esto. La Figura 41 muestra cómo la resistencia total de barras verticales de 2 metros de longitud, cambia a medida que se colocan varias barras en paralelo.

De esta figura puede verse que un gran número de barras colocadas en paralelo debieran estar separadas ya que de no ser así se tiene que colocar un gran número de electrodos para disminuir un pequeño porcentaje de resistencia. Los cálculos de este tipo son la base para establecer la práctica de instalar electrodos al menos con una separación equivalente a su longitud.

Figura 41. Resistencia combinada de varias barras verticales colocadas en paralelo.



5.7 Instalaciones de telecomunicaciones

Debido a las altas frecuencias involucradas y la mala resistividad del terreno, se requiere en este caso un diseño diferente para la malla de puesta a tierra. Su objetivo es maximizar la cantidad de conductor en la vecindad inmediata de la estructura.

Lo anterior se logra mediante un diseño similar al mostrado en la Figura 42, que es usado en una radio base en la que la resistividad del terreno se sale de lo aceptado según la norma. Se han instalado largos alambres delgados (16 A.W.G) en forma radial desde los montantes de la base de la torre de comunicación. Se instalaron con un método similar al arado. Este método de puesta a tierra no se encuentra específicamente plasmado en el pero puede encajar con el objetivo de la norma NEC 250-1, su alcance cubre los requisitos generales para la puesta a tierra y sus puentes de unión en las instalaciones eléctricas y, además, los requisitos específicos que se indican a continuación:

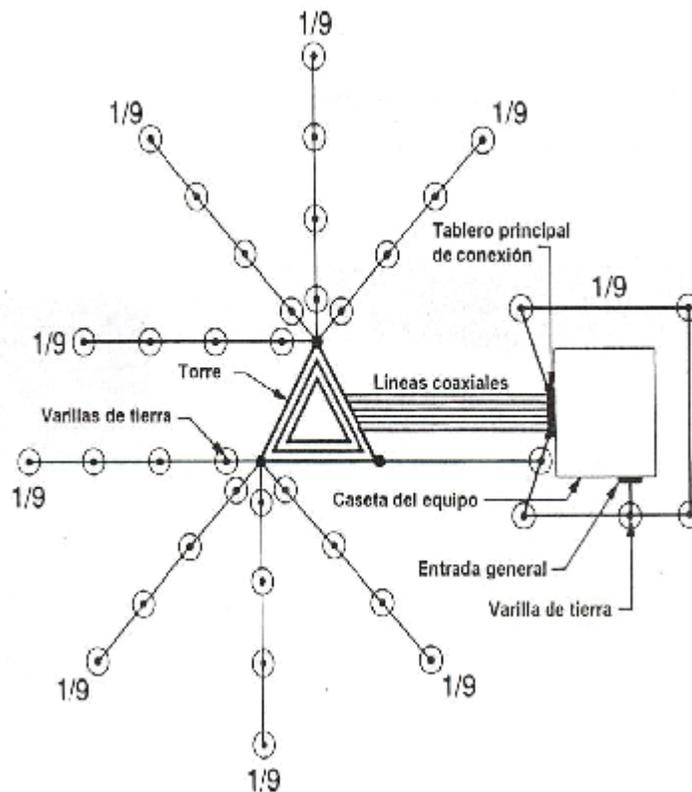
- a) En sistemas, circuitos y equipos en los que se exige, se permite o donde no se permite que estén puestos a tierra.
- b) El conductor del circuito que es puesto a tierra en sistemas puestos a tierra.
- c) Ubicación de las conexiones a tierra.
- d) Tipos y tamaños nominales de los conductores, puentes de unión y electrodos de conexión para puesta a tierra.
- e) Métodos de puesta a tierra y puentes de unión.

- f) Condiciones en las que se puede sustituir a los resguardos, separaciones o aislamiento por la puesta a tierra.

NOTA 1: Los sistemas se conectan a tierra para limitar las sobretensiones eléctricas debidas a descargas atmosféricas, transitorios en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión, y para estabilizar la tensión eléctrica a tierra durante su funcionamiento normal. Los equipos se conectan a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, y que faciliten el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobre corriente en caso de falla a tierra.

NOTA 2: Los materiales conductores que rodean a conductores o equipo eléctricos o que forman parte de dicho equipo, se conectan a tierra para limitar la tensión a tierra de esos materiales y para facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobre corriente en caso de falla a tierra. Véase 110-10.

Figura 42. **Sistema de tierras de una radio base en suelo con mala resistividad**



Fuente: Ing. Otto Andriano. **Sistemas de puestas a tierra. Pág. 93.**

5.8 Método artificial para reducir la resistividad del terreno

A continuación se describen las condiciones en las cuales algunos aditivos pueden ayudar a reducir la impedancia de tierra. Algunas sales se presentan en forma natural en el terreno, pero aquellas consideradas aquí, se agregan deliberadamente con la intención de cambiar la resistividad del suelo en la vecindad del electrodo. En general, a pesar de la creencia sostenida el número de aplicaciones reales para aditivos es muy pequeño, y ésta es una opción que está sobre-enfatizada. Algunos de los aditivos usados en el pasado han sido corrosivos y si se usan ahora podrían causar dificultades ambientales. En libros antiguos sobre puesta a tierra (década del 1930) se sugiere algunas veces que

la resistencia a tierra de los electrodos se reduzca hasta un 90% por tratamiento químico. Los elementos químicos recomendados y usados tradicionalmente fueron cloruro de sodio (sal común), sulfato de magnesio (sales de Epsom), sulfato de cobre, bicarbonato de sodio (soda de lavar) y cloruro de calcio. En la mayoría de los casos se usaron los elementos químicos más baratos. Se esparcían en torno a los electrodos y se disolvían agregando agua antes del relleno o se dejaba que el flujo de agua natural (lluvia, riego etc.) los disolviera. Los elementos químicos tienen el efecto de reducir la resistividad del suelo circundante. La nueva resistividad puede bajar a 0,2 W-m usando bicarbonato de sodio o a 0,1 W-m usando sal común. No es necesaria una concentración particularmente alta de sales disueltas para ver una reducción apreciable en la resistividad, esta reducción en la resistividad del terreno reducirá a su vez la impedancia del sistema de electrodos. El grado de mejoramiento depende principalmente del valor de resistividad original del terreno, de su estructura y del tamaño del sistema de electrodos.

Sin embargo, ya que los elementos químicos usados se eligen debido a que son solubles, continuarán diluyéndose progresivamente por agua de lluvia o movimiento de agua a través del área. La resistividad del suelo entonces aumentará, hasta eventualmente retornar a su valor original. Este hecho es reconocido y el tiempo para que esto ocurra a veces es de pocos meses. Se recomienda mantenimiento regular y reaprovisionamiento de los elementos químicos diluidos y algunas veces se suministró un buzón de relleno donde colocar estos elementos. En algún tiempo se hizo práctica en unos establecimientos agregar elementos químicos justo antes de una medida de prueba anual, pero esto no ayuda a que el sistema de puesta a tierra cumpla su función correctamente durante el resto del año, cuando pueda ser llamado a intervenir por una corriente de falla. Además del costo de mantenimiento, debe considerarse el impacto en el ambiente local y esto puede entrar en conflicto

con legislación de protección del ambiente. Algunos de los elementos químicos usados (tal como la sal) se sabe que causan rápida corrosión a los mismos electrodos particularmente al acero, reduciendo así la vida útil de la instalación.

En realidad, en algunos de los antiguos arreglos, se reconoció este riesgo y se colocó un tubo alrededor de algunas partes del electrodo para protegerlo, reduciendo de este modo su efectividad. Los elementos químicos necesitan extender el volumen efectivo del electrodo en forma significativa para tener un efecto notable. Cuando se introduce una nueva barra en el terreno, los movimientos laterales aumentarán el ancho del hueco por el cual penetra la barra. El espacio entre la superficie de la barra y el suelo comprimido a su lado introducirá una gran resistencia de contacto que será evidente cuando se pruebe la resistencia de la barra. Derramando una mezcla de sustancias químicas y de tierra en el área alrededor del electrodo se obtendrá una reducción inmediata y significativa en la resistencia de la barra. Sin embargo, su resistencia podría reducirse de todas maneras cuando se consolide el suelo alrededor debido a riego, lluvia, etc.

Un modo aceptable ambientalmente para acelerar este efecto es agregar un material de baja resistividad, tal como GEM, cuando la barra se está enterrando. A medida que el electrodo de tierra penetra el suelo, el GEM rodea el electrodo a lo largo de él hacia abajo. Derramando continuamente la mezcla en el hoyo durante el proceso de enterrado, una cantidad suficiente de GEM es arrastrada hasta llenar la mayoría de los espacios entorno de la barra y bajar su resistencia total. Instalando la barra un poco más profundo puede algunas veces obtenerse el mismo resultado o incluso un resultado mejor y más permanente que usar un material de relleno de baja resistividad.

Agregar GEM y materiales similares, tales como Marconita, en una zanja o en una perforación de sección mayor que el electrodo, tiene el efecto de incrementar el área superficial del electrodo de tierra, suponiendo que la resistividad del material agregado es menor que la del terreno circundante.

5.8.1 Materiales aceptables de baja resistividad

Como se mencionó previamente, el GEM es un material de relleno apropiado para rodear el electrodo enterrado, un material que se puede utilizar en casos extremos y en carencia del material apropiado es la bentonita, comprendiendo sus desventajas, la cual se estudiara también a continuación.

5.8.1.1 Bentonita

Es una arcilla color pardo, de formación natural, que es levemente ácida, con un pH de 10,5. Puede absorber casi cinco veces su peso de agua y de este modo, expandirse hasta treinta veces su volumen seco. Su nombre químico es montmorillonita sódica. En terreno, puede absorber humedad del suelo circundante y ésta es la principal razón para usarla, ya que esta propiedad ayuda a estabilizar la impedancia del electrodo a lo largo del año. Tiene baja resistividad aproximadamente 5 ohm -metro y no es corrosiva. Bajo condiciones extremadamente secas, la mezcla puede resquebrajarse ofreciendo así poco contacto con el electrodo. La Bentonita es de carácter tixotrópica y por lo tanto se encuentra en forma de gel en estado inerte. La Bentonita se usa más a menudo como material de relleno al enterrar barras profundas. Se compacta fácilmente y se adhiere fuertemente. La bentonita retiene el agua bajo condiciones normales de temperatura, pero al alcanzar temperaturas superiores a los 60°C cambia su estructura molecular y se petrifica. No solo pierde su propiedad hídrica sino que aumenta considerablemente la resistencia de la

malla. Según la IEEE 80, la bentonita requiere de un 300% de humedad para alcanzar una resistividad de 2.5 Ohmios-metro, esto solo se logra en suelos húmedos.

5.8.1.2 GEM Intensificador de tierra

En muy raras ocasiones los diseñadores de sistemas de tierra y contratistas tienen la posibilidad de trabajar en suelos con buena resistividad.

Aun en condiciones propicias la resistividad del suelo puede variar para determinadas áreas. Por esta razón, en algunas ocasiones se puede utilizar el usar intensificador de tierra GEM (*Ground Enhancement Material*) para mejorar la efectividad de los sistemas de tierra. El intensificador de tierra GEM es permanente, no requiere mantenimiento y tiene una resistividad hasta 20 veces menor que la bentonita. El GEM es un material no corrosivo, hecho a base de polvo de carbón y que posee una resistividad muy baja, lo que lo hace ideal para uso en suelos con una pobre conductividad. El GEM contiene cemento por lo cual endurece y no requiere mantenimiento. Adicionalmente el GEM no es agresivo con el medio ambiente y no requiere humedad para mantener su baja conductividad. Estas son algunas de sus características:

- Reduce de manera drástica la impedancia y resistividad del suelo.
- Mantiene una resistencia constante durante la vida útil del sistema de tierra.
- Hace más eficiente el aterrizaje en temporadas secas.

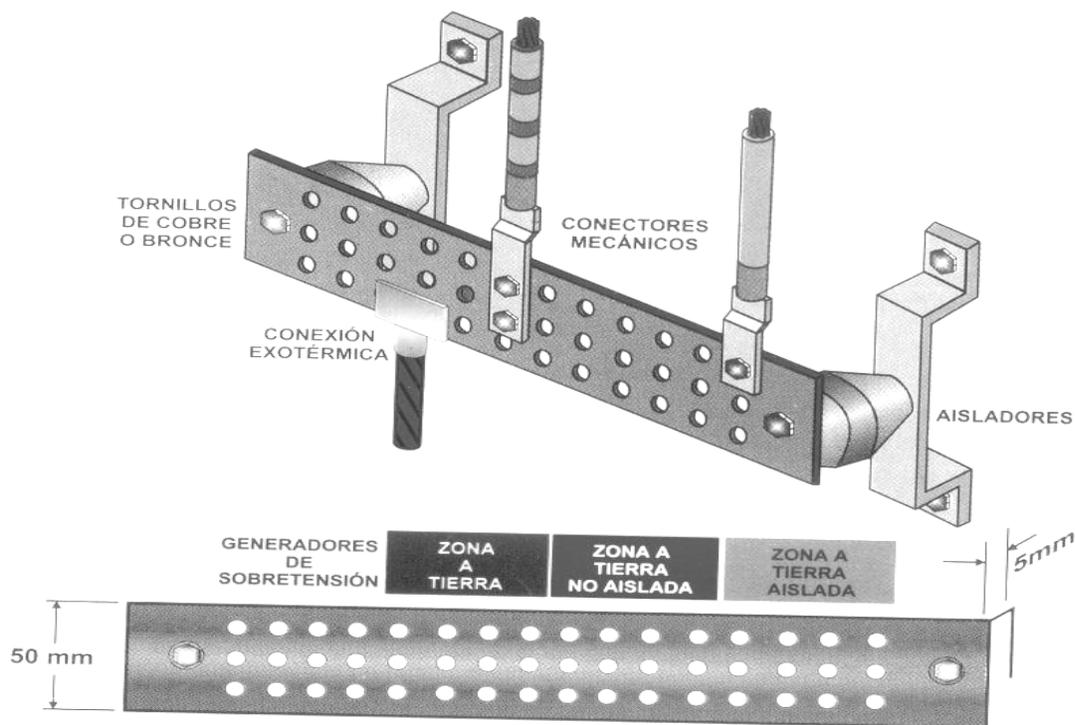
- Es químicamente estable y la producción de sulfatos y clorhidratos es muy baja, esto se traduce en una mayor resistencia a la corrosión de los conductores.

Al utilizar este producto se busca tener una gran atracción por el agua, de modo que puede aprisionarla manteniendo un equilibrio con el agua superficial que la rodea; esto lo convierte en una especie de reservorio acuífero, también rellena los espacios intersticiales dentro del pozo, constituyendo una excelente conexión eléctrica entre el terreno (reemplazado) y el electrodo, asegurando una conductividad permanente.

5.9 Barrajes o Platinas

En los sistemas de puesta a tierra deberán existir los suficientes puntos de puesta a tierra o barrajes equipotenciales, mediante estos barrajes es posible interconectar todas las puestas a tierra, esto permite un fácil acceso a las diferentes puestas a tierra lo que facilita los mantenimientos y las mediciones de resistencia y equipotencialidad. Un barraje es una platina de acero galvanizado pre taladrada, con dimensiones y separación de pernos y huecos. Debe ser dimensionado de acuerdo con los requisitos inmediatos de aplicación y teniendo en consideración futuros crecimientos, sus dimensiones mínimas son de 5 mm de espesor x 50 mm de ancho y longitud variable. Para su conexión deben utilizarse conectores certificados de compresión de dos huecos o soldadura exotérmica y para ser fijada debe ser aislada de su soporte, se recomienda una separación de 50 mm.

Figura 43. **Barrajes equipotenciales y zonas de conexión**



Fuente: M.Sc. Ernesto Noriega Stefanova. **Investigación sobre el diseño de mallas de tierra para subestaciones de potencia de media tensión en cuba. Pág. 5.**

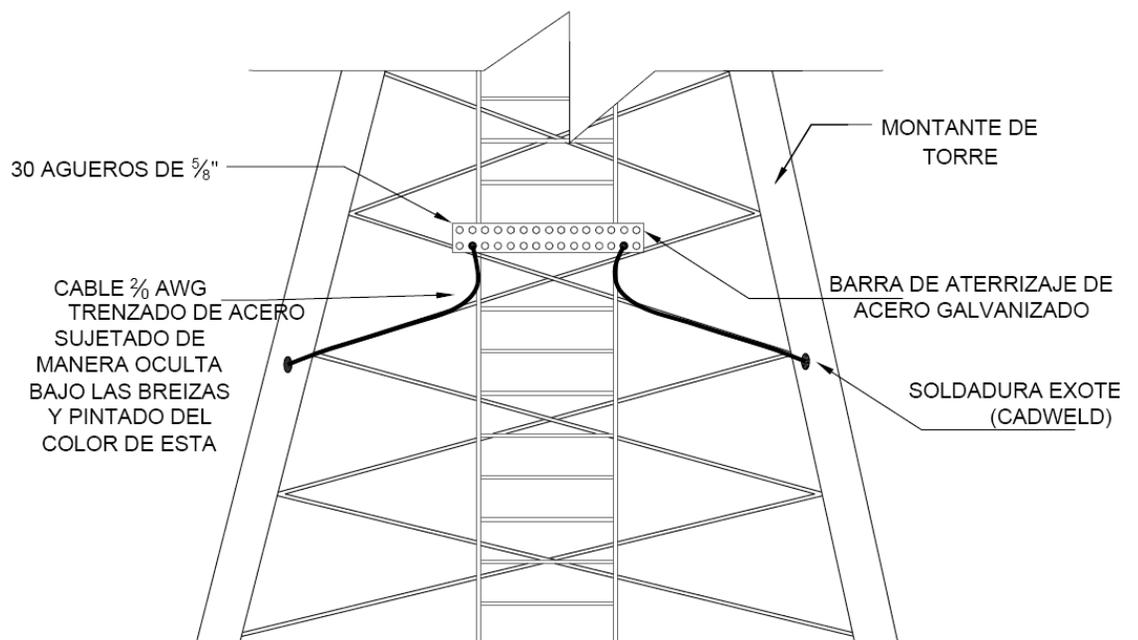
5.9.1 Barrajes equipotenciales en antenas de telecomunicación

Dado el alto índice de descargas electro-atmosféricas de las que puede ser objeto una antena de telecomunicaciones es necesario poder contar con un medio efectivo que drene efectivamente dichas descargas a tierra. Es por esto que la instalación de barras equipotenciales se hace necesaria, estas son las encargadas de drenar las descargas que pudieran viajar a través de los alimentadores hasta la BTS y dañarla significativamente.

Los alimentadores o feeders son cables coaxiales que cuentan con una armadura de cobre, la misma resulta ser un excelente camino para transportar descargas electro atmosféricas desde la sima de la torre hasta la BTS, es por

esto que estos conductores se aterrizan por medio de “grounding kits”, los cuales abrazan a la armadura de cobre y estos se conectan a los barrajes equipotenciales logrando con esto brindar una protección adecuada que ayuda a mantener la integridad de los equipos de la radio base. En la figura 44, se muestra la forma en la debe quedar montado e instalado el barraje equipotencial o platina

Figura 44. Aterrizaje barra superior a montante

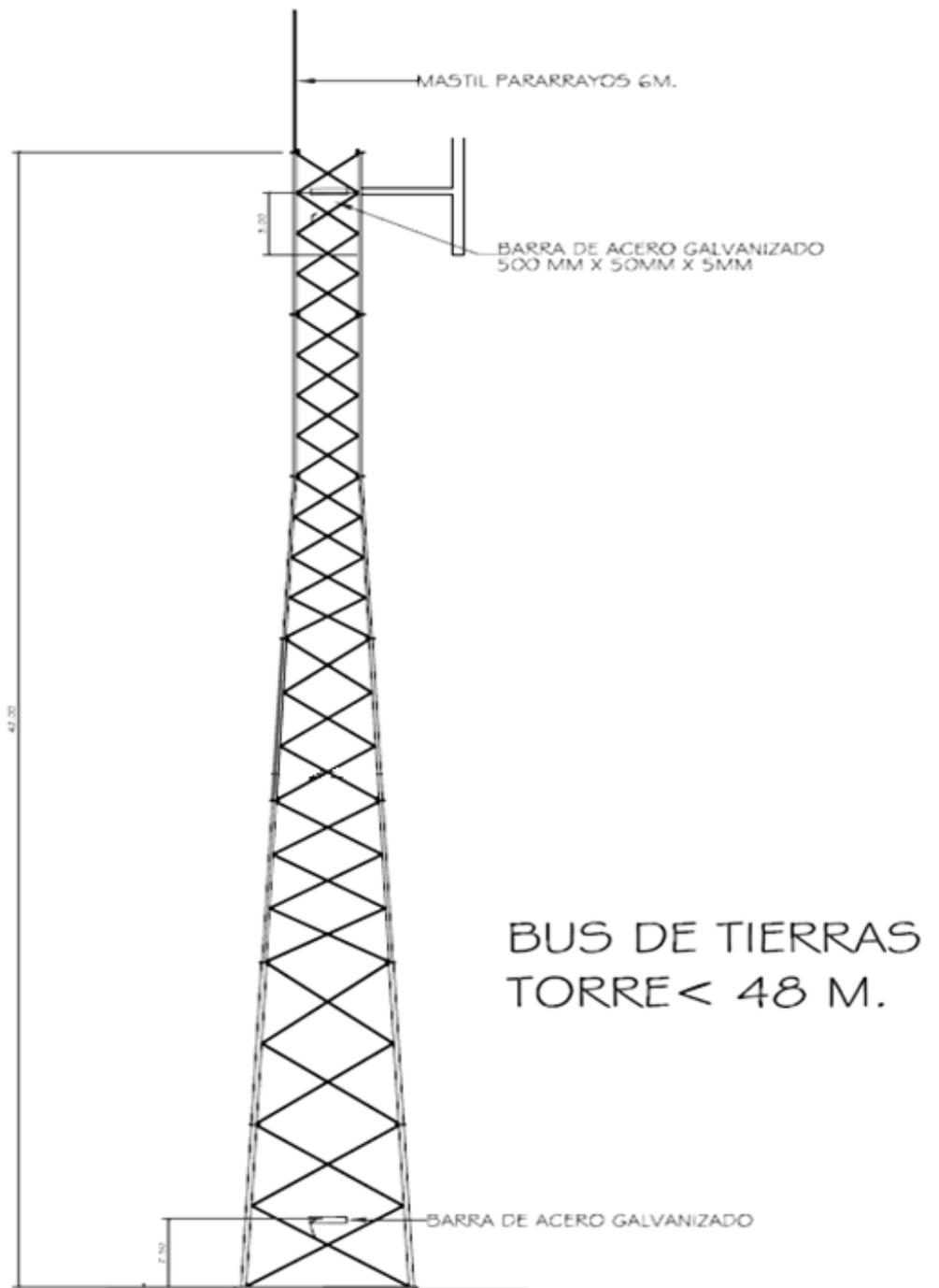


Fuente: Francisco Pinillos. **Dibujos**

En la figuras 45, 46 y 47 se puede observar las posiciones en las que se instalan las platinas: en la figura 45 para una torre menor a 48 m, en la figura 46

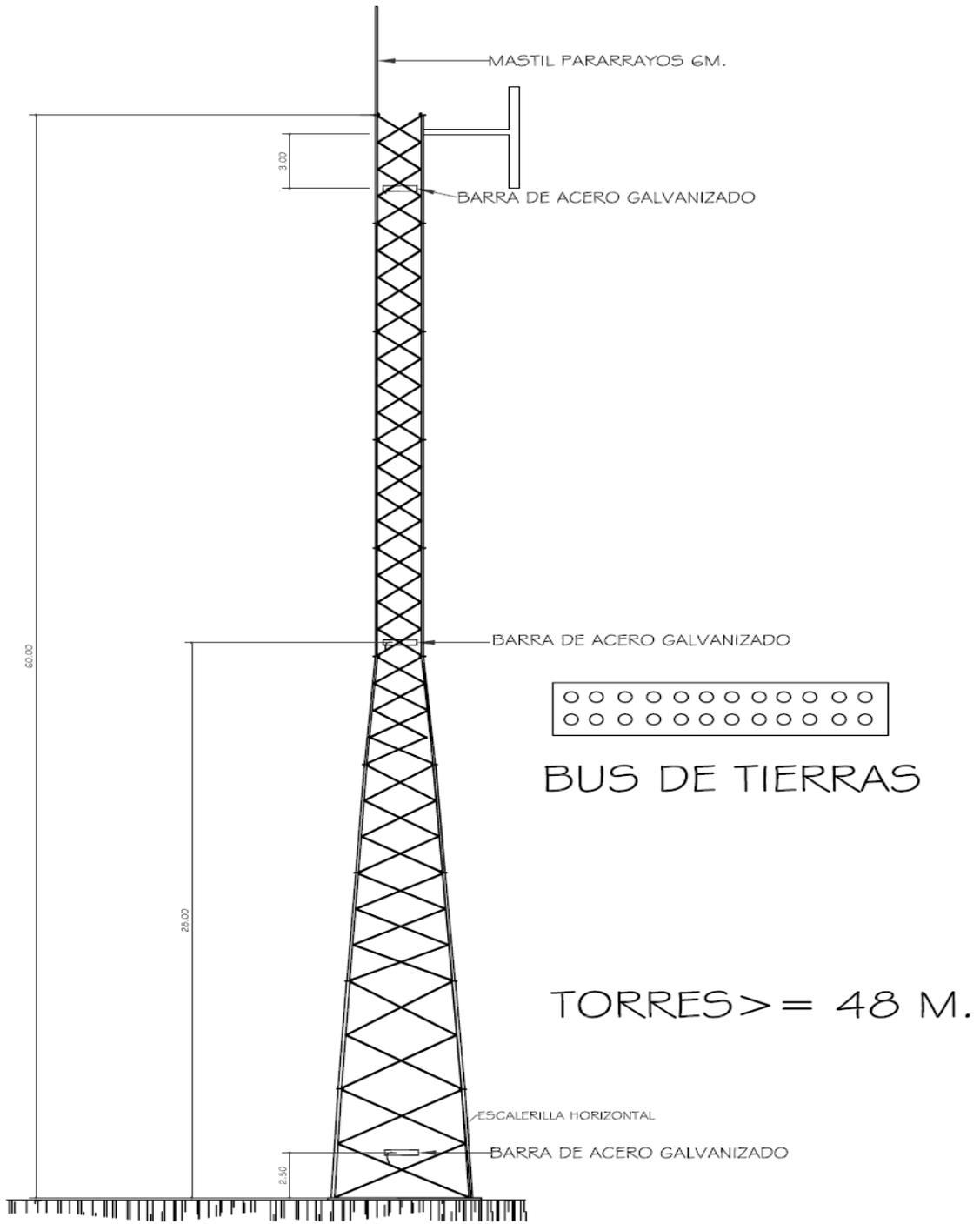
para torres mayores o iguales a 48 m y en la figura 47 el criterio general que se utiliza para la instalación de barrajes equipotenciales o platinas

Figura 45. **Posiciones de platinas en torre <48m**



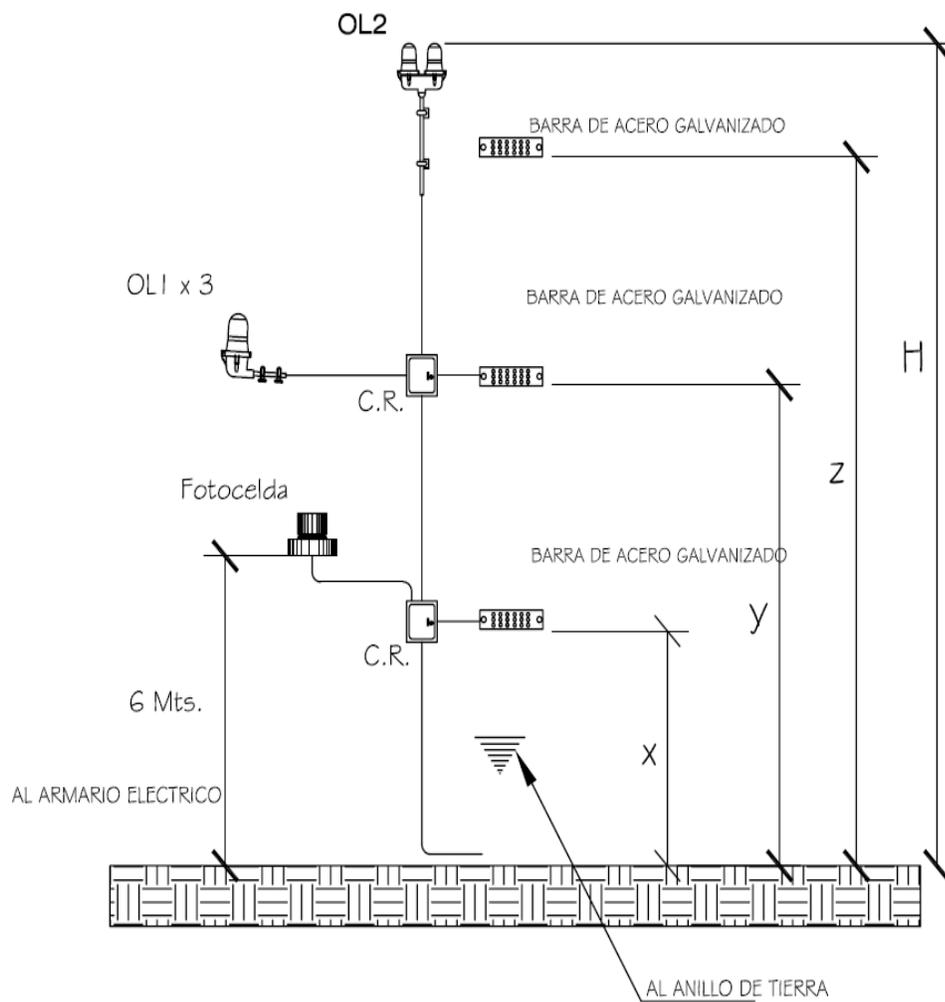
Fuente: Francisco Pinillos. **Dibujos**

Figura 46. **Posiciones de platinas en torre $\geq 48m$**



Fuente: Francisco Pinillos. Dibujos

Figura 47. Criterio general para instalación de platinas



H	Altura de la Torre
X	1.50 Mts. arriba del Puente Guia
Y	H/2 (Mitad de la torre)
Z	1.50 Mts. Debajo de el Soporte de Antena
C.R.	Caja de Registro Para ambientes Exteriores

DIAGRAMA DE PLATINAS Y DE BALIZAS
 SISTEMAS DE ILUMINACION DE TORRE SIN ESCALA

Fuente: Francisco Pinillos. Dibujos

6 . PARARRAYOS

6.1 El fenómeno rayo.

En el mundo, diariamente y en cada instante, se producen unas 44.000 tormentas que generan más de 8.000.000 de rayos, según el sistema de detección mundial de meteorología. Estos datos son de referencia, dada la evolución del cambio climático que está repercutiendo a un aumento de la actividad de rayos fuera de temporada incluso en invierno o con tormentas de nieve. El rayo es la reacción eléctrica causada por la saturación de cargas electrostáticas que han sido generadas por la acumulación progresiva del campo eléctrico entre tierra y nube durante la activación de una tormenta típica. Durante unas fracciones de segundos, la energía electrostática acumulada se convierte, durante la descarga del rayo, en energía electromagnética (el relámpago visible y la interferencia de ruido), energía acústica (trueno) y, finalmente, calor. El fenómeno rayo se presenta aleatoriamente a partir de un potencial eléctrico atmosférico (10/45 kV). Se genera previamente entre dos puntos de atracción de diferente polaridad e igual potencial para compensar la saturación de carga electrostática. La densidad de carga del rayo es proporcional a la saturación de carga electrostática de la zona. A mayor densidad de carga de la nube, mayor es el riesgo de generar un Leader en tierra y mayor riesgo de un impacto de rayo.

La intensidad de la descarga del rayo es variable y dependerá del momento crítico de la ruptura de la resistencia del aire entre los dos puntos de transferencia; estará influenciado por la resistencia de los materiales expuestos

en serie, como por ejemplo: tierra, roca, madera, hierro, instalaciones de pararrayos, tomas de tierra, pero estos no limitaran el lugar del impacto sino solo su intensidad. El rayo puede transportar una carga de electrones en menos de un segundo equivalente a 100 millones de bombillas ordinarias; la media que se valora por rayo es de 20GW de potencia. La trayectoria del rayo puede ser caótica una vez formado, siempre predominarán los ambientes eléctricos cargados dentro del campo de alta tensión natural en tierra. Este fenómeno eléctrico se representa en forma de sombra eléctrica, que determina los elementos que serán afectados por el intercambio de cargas dentro del campo de alta tensión natural. Los estudios del campo eléctrico atmosférico en tierra determinan que la distribución de cargas durante la generación del campo de alta tensión en tierra no es estático, sino dinámico, al formarse y generar aleatoria mente el Leader o trazador en movimiento y diferentes puntos geográficos al mismo tiempo. La intensidad y situación de esta sombra eléctrica puede cambiar radicalmente y afectar las zonas bajas o laterales de las estructuras o edificios altos. No se puede garantizar la zona de impacto del rayo una vez formado sin una protección adecuada tampoco se puede garantizar la intensidad de la descarga del rayo en cada impacto.

6.1.1 Valores de referencia del rayo

- Tensión entre nube y un objeto a tierra.....1. a 1.000. kV.
- Intensidades de descarga.....5 a 300 KA
- di/dt.....7.5kA/s a 500kA/s
- Frecuencia.....1 K Hz a 1 M Hz.

- Tiempo.....10 Microsegundos a 100. Milisegundos.
- Temperatura superior a.....27.000 grados Centígrados.
- Propagación.....340 metros por segundo.
- Campo electrostático/metro de elevación desde tierra.....10 kV.

Estos datos son a título informativo, ya que son proporcionales a la intensidad de la carga de la nube y a la intensidad de la descarga del rayo de cada zona geográfica. Los fenómenos eléctricos repercutidos por el impacto de un rayo, directa o indirectamente durante su descarga, serán variables en función del medio o instalación que se encuentre a su paso la corriente de paso, donde aparecerán valores variables de tensión, en función de la resistencia del material, estructura, situación y humedad de la toma de tierra, poder de disipación de la corriente de los electrodos de tierra, tiempo de absorción del compuesto mineral de la tierra física, estado de cristalización de los electrodos, etc.

6.1.2 Efectos directos e indirectos sobre las instalaciones

El impacto de rayos genera sobre los cables aéreos una onda de corriente, de amplitud fuerte, que se propaga sobre la red creando una sobre tensión de alta energía con las siguientes consecuencias: Destrucción de material, envejecimiento prematuro de los componentes electrónicos sensibles, disfunción de los equipos conectados a la red con peligro de incendio. Durante la descarga del rayo se generan inducciones y acoplamientos en líneas de transporte eléctrico y de comunicaciones. Todos los equipos electrónicos sensibles que se encuentren dentro de un radio de acción de 1,500 metros

pueden estar afectados por una sobre tensión inducida. En función de la intensidad de descarga del rayo, la toma de tierra no llega a absorber la totalidad de la energía descargada. Este fenómeno puede generar tensiones de paso peligrosas en las instalaciones que no estén preparadas para el efecto. Durante la descarga del rayo, en menos de 1 segundo, su energía circula por el cable del pararrayos en busca de una baja resistencia eléctrica de tierra. El efecto de la descarga genera retornos eléctricos en las instalaciones a través de las tomas de tierra. El pulso electromagnético generado por el contacto eléctrico del rayo en el pararrayos, es el resultado del campo magnético transitorio generado por la corriente que circula en el canal de descarga del rayo. La corriente de neutralización fluye muy rápidamente, en proporción a la impedancia del canal de descarga y a la carga eléctrica de la nube, los rangos de crecimiento de estos pulsos de corrientes varían proporcionalmente su intensidad y velocidad según cada descarga de rayo. Estas son algunas de las repercusiones eléctricas que aparecen durante la descarga de un rayo y pueden afectar a los equipos electrónicos:

- La carga electrostática

- Los pulsos electromagnéticos

- Los pulsos electrostáticos

- Las corrientes de tierra

- El sobre voltaje transitorio.
 - Acoplamiento resistivo.
 - Acoplamiento inductivo.
 - Acoplamiento capacitivo.

6.2 Diferentes sistemas de protección del rayo

En 1747 B. Franklin inició sus experimentos sobre la electricidad adelantando una posible teoría de la botella de Leyden, defendió la hipótesis de que las tormentas son un fenómeno eléctrico y propuso un método efectivo para demostrarlo. Su teoría se publicó en Londres y se ensayó en Inglaterra y Francia antes incluso de que él mismo ejecutara su famoso experimento con una cometa en 1752. Inventó el pararrayos y presentó la llamada teoría del fluido único para explicar los dos tipos de electricidad atmosférica, la positiva y negativa. Desde entonces los pararrayos tipo Franklin no han evolucionado. Todos los pararrayos que acaban en una o varias puntas, sean radiactivos o no, tienen como principio la ionización del aire, excitación del rayo y captación del rayo para conducirlo a tierra.

En mayor o menor grado generan efectos secundarios de contaminación electromagnética que afectan y pueden llegar a destruir instalaciones eléctricas y equipos, por este motivo se recomienda el uso de protecciones suplementarias en las instalaciones internas para minimizar los efectos repercutidos a una descarga de rayo directa en la instalación a causa de la subida de tensión temporal en los equipos eléctricos (sobre tensión) , de telecomunicaciones, audiovisual y cualquier otro que contengan electrónica sensible, durante la descarga del rayo en el pararrayos. Durante la revolución industrial, no existían tecnologías electrónicas tan sensibles como las actuales.

Si miramos a nuestro alrededor, pocos son los equipos eléctricos o electromecánicos que no llevan incorporado un sistema electrónico de control para facilitarnos los procesos que utilizamos en nuestra vida cotidiana, todos ellos incorporan componentes electrónicos cada vez más reducidos y sensibles a las variaciones de tensión y frecuencia. Es evidente que les afecta la

contaminación eléctrica ambiental y dependen de la continuidad y calidad en el suministro eléctrico o en la comunicación de la información, por ese motivo se tienen que evitar en lo posible las fuentes que generan perturbaciones electromagnéticas, como por ejemplo los impactos de rayos cercanos o las instalaciones de pararrayos donde el principio de protección sea la excitación y captura del rayo en la instalación que queremos proteger. Estas son algunas de las normativas de pararrayos actuales las mismas para pararrayos tipo Franklin o PDC, no ofrecen garantías de protección. El contenido de la norma define cómo efectuar una instalación de pararrayos y tiene como objetivo salvaguardar la vida de las personas y animales junto a sus propiedades. Remarcan que “en mayor o menor grado, aceptan que no existe una protección absoluta contra el rayo, sino sólo una protección adecuada “.

A continuación encontrará resumidos los contenidos de algunas de las diferentes normativas de cada país:

- BS 6651 “Esta guía es de naturaleza general... “Se hace énfasis en que, aun cuando se suministre protección, el riesgo de daños a las estructuras a proteger nunca puede ser completamente efectiva.
- IEC 61024-1 Parte uno: Principios Generales “Un sistema de protección contra el rayo, diseñado e instalado conforme a esta norma, no puede garantizar una protección absoluta a estructuras, personas u objetos; sin embargo, el riesgo de daños causado por el rayo a estructuras protegidas será reducido significativamente mediante la aplicación de esta norma”.
- API 2003. Capítulo 5. Sección cinco “Probablemente, la propiedad más importante del rayo es su complejidad, por lo que no existe una norma

del rayo. No puede asegurarse, en forma absoluta, la prevención o disipación en forma segura de la corriente de rayo, aun cuando se tomen las precauciones conocidas”.

- NFC-17102 (Francia) dicen en su introducción, “Una instalación de protección contra el rayo concebida y realizada conforme a la presente norma, no puede, como todo proceso en el que intervienen elementos naturales, asegurar la protección absoluta en las estructuras, de las personas o de los objetos...”.
- UNE 21186. (España), es una traducción textual de la NFC-17102.

6.3 Las diferentes tecnologías de pararrayos

6.3.1 Pararrayos puntas simple Franklin (PSF)

- Características básicas: son electrodos de acero o de materiales similares acabados en una o varias puntas, denominados punta simple Franklin, no tienen ningún dispositivo electrónico ni fuente radioactiva. Su medida varía en función del modelo de cada fabricante, algunos fabricantes colocan un sistema metálico cerca de la punta para generar un efecto de condensador.

Figura 48. **Pararrayos puntas simple Franklin**



Fuente: Ángel Rodríguez Montes. **Pararrayos cts y cec cómo funcionan, implantación y seguimiento. Pág. 12.**

Su principio de funcionamiento. Durante el proceso de la tormenta se generan campos eléctricos de alta tensión entre nube y tierra. Las cargas se concentran en las puntas más predominantes a partir de una magnitud del campo eléctrico en tierra. Alrededor de la punta o electrodo aparece la ionización natural o efecto corona, resultado de la transferencia de energía en movimiento. Este fenómeno es el principio de excitación para trazar un canal conductor que facilitará la descarga del fenómeno rayo (Leader). En función de la intensidad y constancia de la transferencia o intercambio de cargas, se pueden apreciar, en la punta del pararrayos o cualquier otro elemento acabado en punta, chispas diminutas en forma de luz, ruido audible a frito, radiofrecuencia, vibraciones del conductor, ozono y otros compuestos. Este fenómeno arranca una serie de avalancha electrónica por el efecto campo, un

electrón ioniza un átomo produciendo un segundo electrón, éste a su vez junto con el electrón original puede ionizar otros átomos produciendo así una avalancha que aumenta exponencialmente (ionización del aire). Las colisiones no resultantes en un nuevo electrón provocan una excitación que deriva en el fenómeno luminoso. A partir de ese momento, el aire cambia de características gaseosas al límite de su ruptura dieléctrica (Trazador o canal ionizado). El rayo es el resultado de la saturación de cargas entre nube y tierra, se encarga de transferir en un instante, parte de la energía acumulada; el proceso puede repetirse varias veces. El objetivo de estos pararrayos atrae-rayos es proteger las instalaciones del impacto directo del rayo, excitando su carga y capturando su impacto para conducir su potencial de alta tensión a la puesta a tierra. Existen casos en los que parte de la punta del pararrayos ha desaparecido a causa del efecto térmico del impacto directo, se tienen registros de impactos de rayos en El Japón de 345.000 Amperios (Rayo de Invierno).

6.3.2 Pararrayos con dispositivo de cebado, PDC.

Están formados por electrodos de acero o de materiales similares acabados en una punta. Incorporan un sistema electrónico que genera un avance teórico del trazador; otros incorporan un sistema piezoeléctrico que genera un efecto similar. Los dos sistemas se caracterizan por anticiparse en el tiempo en la captura del rayo, una vez que se produce la carga del dispositivo electrónico de excitación (cebador).

Figura 49. **Pararrayos con dispositivo de cebado**



Fuente: Ángel Rodríguez Montes. **Pararrayos cts y cec cómo funcionan, implantación y seguimiento. Pág. 13.**

Las medidas de los cabezales varían en función del modelo de cada fabricante. No incorporan ninguna fuente radioactiva. Cabe destacar que en España se llaman “PDC”, en Francia “PDA” y en USA “ESE”, en Guatemala se han adoptado mismas siglas que en España. El principio de funcionamiento sigue siendo el mismo que los pararrayos tipo Franklin, la diferencia tecnológica de estos equipos está en el sistema electrónico, que aprovecha la influencia eléctrica en la estructura gracias al aumento de potencial entre la nube y la tierra para auto alimentar el cebador. Los componentes electrónicos del cebador, están alojados en el interior de un envase metálico y colocado en la

parte más cercana de la punta del pararrayos y sirve para excitar la avalancha de electrones por pulsos (ionización pulsante). El cebador está formado por pequeños componentes electrónicos, diodos, condensadores, bobinas, etc. La excitación del rayo se efectúa a partir de un valor de campo eléctrico que se presenta en la punta, ionizando el aire por impulsos repetitivos. Según aumente gradualmente la diferencia de potencial entre el pararrayos PDC y la nube, aparece la ionización natural o efecto corona. Son mini descargas que salen de la punta con más intensidad para ionizar el aire más lejano; este fenómeno teórico, es el principio de excitación para trazar un camino conductor intermitente que facilitará la descarga del fenómeno rayo. El dispositivo electrónico de cebado del PDC está conectado en serie entre el cabezal aéreo y la punta, sólo funciona con rayos negativos y el sistema de cebado necesita un campo eléctrico de alta tensión polarizado y un tiempo de carga para activar su dispositivo electrónico. Éste generará un impulso de cebado intermitente mientras exista el aporte de energía natural. En el campo de aplicación, el dispositivo electrónico de cebado instalado en la punta del PDC necesita un tiempo de trabajo y una polarización estable del campo eléctrico para efectuar la primera carga del sistema electrónico de cebado. Durante ese proceso, el efecto de ionización se retrasa en la punta del PDC referente a los sistemas convencionales de pararrayos en punta tipo Franklin.

El dispositivo de cebado está formado por componentes electrónicos sensibles a los campos electromagnéticos, este dispositivo se encuentra instalado en el PDC. El conjunto de componentes electrónicos está dentro de la influencia directa de los efectos térmicos, electrodinámicos y electromagnéticos que genera el impacto del rayo durante la descarga. En función de la intensidad de descarga del rayo, la destrucción del dispositivo electrónico es irreversible, a partir de ese momento, la eficacia del PDC no está garantizada. Se recomienda la revisión del dispositivo electrónico de cebado cada vez que recibe un impacto

o descarga del rayo en el pararrayos para garantizar la eficacia del PDC. El objetivo de estos pararrayos es excitar la descarga y capturar el impacto del rayo negativo a tierra (NO LOS POSITIVOS), para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra eléctrica.

7 . MATERIALES ESPECÍFICOS A UTILIZAR EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

Se debe tomar en cuenta las posibles actualizaciones y modificaciones de las normas y prácticas recomendadas por la NFPA 70, NEC 2050, NTC4552 y IEEE1100

El personal que este a cargo de la supervisión de la construcción debe de revisar los materiales a utilizar, y si la calidad de los mismos no es la adecuada deberá de exigir el cambio de los mismos para continuar con la instalación. El supervisor deberá de entregar las especificaciones a la ejecutora del proyecto y esto quedará registrado en bitácora. El sistema eléctrico de una radio base típica esta constituido de las siguientes partes:

- Red de distribución comercial
- Instalación interna
- Iluminación
- Sistema de equipo de respaldo (moto generador)

La construcción de estos subsistemas está sujeta a la ubicación del sitio pudiendo prescindir de ellos cuando estos no apliquen. En los apartados siguientes se hace mención de cada uno de los subsistemas y las

características que hay que tomar en cuenta para la recepción de los proyectos ejecutados por los contratistas.

7.1 Red de distribución comercial

Partes de la red de distribución:

- Transformador de distribución
- Circuito primario o red de media tensión
- Medidor energía
- Circuito secundario o red de baja tensión
- Acometida

7.1.1 Transformador de Distribución

Se instalarán transformadores de 25 KVA en todos los sitios típicos con el equipo básico, es aconsejable tomar en cuenta los cambios necesarios a realizar de acuerdo a las necesidades de potencia de las nuevas tecnologías que se adopten.

Los transformadores a utilizar deberán de ser de marcas reconocidas en el mercado (ABB, Siemens, Square D u otros previa autorización) sumergido en aceite, auto protegido, diseñado para trabajar hasta el 125% de su carga nominal durante todo el año sin sufrir deterioro, el tap del transformador se ubicará en la posición donde entregue un voltaje de operación entre líneas de

230 V. Deberá estar provisto de un soporte de montaje y soportes para el izado, para la fijación del transformador la poste se deben emplear herrajes (abrazaderas, tornillos etc.) galvanizados en caliente y de capacidad mecánica adecuada al peso del transformador y de acuerdo con las normas de la empresa que preste el servicio de energía en la zona. Deberá de incluir terminales adecuados para la conexión de conductores del lado de alta y de baja tensión y un terminal para la conexión de la carcasa a tierra, también deberá de contar con placa de características con la información básica tal como potencia nominal, tensión y corriente tanto primaria como secundaria, tipos de conexión, pérdidas en vacío, eficiencia e impedancia de corto circuito. También se deberá de entregar el original del protocolo de pruebas de fábrica y copia de factura de compra del transformador esto para garantizar funcionamiento y la proveniencia del transformador. Para cubriciones se instalaran los transformadores y capacidades que se tengan pactadas.

7.1.2 Circuito primario o red de media tensión

Si en alguna de las ubicaciones de las radio bases no existe red de media tensión la anterior deberá de ser instalada de acuerdo a las normas y dictámenes indicados por la empresa que presta el servicio de energía en el área dicha empresa será la que informe si existe la capacidad necesaria para alimentar el sitio.

La acometida puede ser aérea o subterránea según lo indiquen las normas de Unión Fenosa o EEGSA para su construcción. El proyecto debe de ser supervisado y aprobado por personal de la empresa de telecomunicaciones, los planos y cálculos de capacidad son parte del proyecto. Toda la instalación de postes, desde el punto de conexión con la red hasta el sitio, se realizara de acuerdo a las normas establecidas por la empresa prestadora del servicio en la

zona. El calibre de la acometida de media tensión dependerá en todo caso de los cálculos eléctricos y diseños de cada estación en particular y de las exigencias que al respecto haga la empresa prestadora del servicio en la zona , siendo frecuentemente utilizados los cables de cobre No 2AWG y el 1/0 ACSR.

La conexión física a la red de media tensión será mediante cortacircuitos intercambiables de 15 Kv, 100 A y 15 KA de capacidad, el número de estos depende del número de fases de nuestro sistema. A los mismos se les instalara un fusible de acción rápida tipo K, la capacidad del mismo dependerá del tamaño del transformador. Como elementos de protección a las sobre tensiones por descargas atmosféricas se instalara un DPST de línea por cada una de las fases. Estos descargadores serán de 15 Kv y 10 KA de capacidad. Todos los accesorios para “vestir el poste” serán los que la electrificadora local exija. Todas las normas para realizar la acometida se mencionan y detallan en el capítulo 3.

7.2 Instalaciones Internas

Son todas las instalaciones que se encuentran después del punto de corte y están formadas por:

- Circuito alimentador
- Tablero de distribución
- Circuitos ramales
- Ducteria

- Protecciones
- Tomacorrientes e interruptores

7.2.1 Circuito alimentador

Va desde el contador hasta el tableo de distribución principal. La construcción del circuito alimentador al igual que todos los sistemas anteriores se deberá realizar tomando en cuenta la norma NEC 2050. Sin embargo, se deberán de tomar en cuenta las especificaciones que la empresa exige para realizar una instalación de mayor calidad y confiabilidad como se muestra a continuación:

- Los conductores deberán ser de cable de cobre, temple suave, aislamiento y cubierta de PVC/Nylon para 600V, tipo THWN 90°C. el calibre No 2 AWG THWN
- No se permitirá en ningún caso la ejecución de empalmes de cables y alambres dentro de la tubería conduit y por lo tanto los conductores deberán ser continuos desde la salida de los interruptores en su correspondiente tablero, hasta las cajas de salida, derivación o empalme.
- En el momento de la inmersión de los conductores en los ductos se tendrá cuidado de no formar ángulos agudos en el conductor y también se observara que los filos del ducto no dañen el aislante del conductor.
- La totalidad de los conductores deberán de ser identificados en el tablero general.

- Todas las tuberías y accesorios metálicos deberán de ser galvanizados, en caso de usar otros elementos no metálicos a la intemperie, estos deberán de cumplir con las especificaciones para estas condiciones. Se debe de utilizar tubería galvanizada tipo pesado para instalaciones exteriores y liviano para interiores, solo se permite el uso de tubería PVC en instalaciones que no estén a la vista (enterrada, empotrada en muro o embebida en concreto). El diámetro de la tubería debe ser de la dimensión adecuada según el calibre y cantidad de conductores que atraviesen esta.
- Se deberán usar curvas de más de 90° y cajas de registro en tramos largos.
- La regulación de voltaje del sistema no debe sobrepasar el 2%. El contratista debe entregar los cálculos de regulación del alimentador.

Se cumplirá con el siguiente código de colores, para evitar riesgos que puedan causar tanto daños humanos como materiales

Tabla VIII. Código de colores para cableado

SISTEMA	MONOFASICO	MONOFASICO	TRIFASICO
Tensiones nominales	120V	208V	120/208 V
Conductores Activos	1 fase, 2 Hilos	2 Fases, 3 Hilos	3 Fases, 4 Hilos
Fases	Negro	Negro, Rojo	Amarillos, Azul, Rojo.
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
Tierra aislada	Verde-Amarillo	Verde-Amarillo	Verde-Amarillo

Para cumplir esto se puede tomar como válido el color propio de los conductores, en otro caso se deberán de rotular los conductores o colocar cinta adhesiva a los colores indicados.

7.2.2 Tablero de distribución

Toda estación deberá de contar con un tablero de distribución el cual estará ubicado dentro del armario eléctrico. El tablero a utilizar será monofásico de 12 polos (circuitos), con barra de neutro y tierra, todas las barras deben de estar aisladas, se utilizaran tableros marca *General Electric* o *Square D*. Los tableros estarán fijados al trasfondo del armario eléctrico por medio de tornillos “busca-rosca” y quedaran firmemente conectados a tierra y neutro. El cableado interno de los tableros debe de quedar estéticamente distribuido y firmemente sujeto de su *breaker*, pero lo mismo se podrán utilizar cinchos plásticos. Cualquier perforación realizada al tablero se realizará con la herramienta adecuada para que el corte quede totalmente circular, dicha perforación deberá de quedar adecuadamente sellada por medio de espuma de poliuretano o silicona transparente. Todo tablero debe de quedar debidamente identificado por medio de etiquetas adhesivas metálicas, las cuales se colocaran en cada *breaker* y en la tapa de cada tablero.

7.2.3 Circuitos Ramales

Todos los circuitos deben de estar protegidos por un interruptor de la capacidad de la carga a proteger, con capacidad de cortocircuito de 10 KA y aislamiento de 600V. Se instalaran los siguientes circuitos ramales

- Circuito de luz de obstrucción: Circuito monofásico a 120 V, protegido por *breaker* de 20A para alimentar luces de obstrucción y baliza de la torre. Conductor de cobre TSJ de 3X10.
- Circuito de iluminación: Circuito monofásico a 220 V, protegido por un *breaker* de 15 A, para alimentar iluminación exterior. Conductor de cobre THHN AWG 12.
- Circuito de tomas de energía: Circuito monofásico a 120 V, protegido por *breaker* de 20A para alimentar toma dentro del armario eléctrico. Conductor de cobre THHN AWG 12.
- Circuito de TVSS: Circuito monofásico a 220 V, protegido por un *breaker* de 2X20 A, para desconexión del VTSS.
- Circuito de BTS: Circuito monofásico a 220 V, protegido por *breaker* de 2X50A. Conductor de cobre TSJ de 4X8
- Circuito calentador de agua: circuito monofásico a 110V, protegido con *breaker* de 2X40. Conductor de cobre TSJ de 3X10
- Circuito cargador de baterías: Circuito monofásico a 110V, protegido con *breaker* de 1X20A. Conductor de cobre TSJ de 3X12

7.2.3.1 Requisitos de los circuitos

Todo circuito debe de cumplir con lo siguiente:

- Cajas de salida y empalmes: Todas las cajas de salida o de paso serán tipo condulet. Toda tubería que llegue o salga de las cajas de paso deberá de acoplarse a esta a través de los adaptadores. Se deberán utilizar únicamente las perforaciones provistas de fábrica para acceso de tubería.
- Todas las tuberías y accesorios metálicos deben de ser galvanizados, solo se permite el uso de tuberías de PVC en instalaciones ocultas, estas pueden ser rígidas o flexibles.
- Los ductos a utilizar pueden ser metálicos cuando están expuestos al ambiente, no metálicos cuando se encuentran ocultos o enterrados, rígidos o flexibles esto dependiendo de la dificultad para salvar obstáculos que interfieran con la trayectoria del ducto y también de lo indicado a continuación, los diámetros de los ductos a utilizar son los siguientes:

Tabla IX. Ductos a utilizar

Circuito	Ducto	Diámetro
BTS #1	Conduit	2"
BTS #2	Conduit	2"
Iluminación	Conduit	1"
Fuerza	Conduit	1/2"
Moto generador Control	Conduit	1"
Moto generador Potencia	Conduit	3"
Acometida Eléctrica	Conduit	2"

- Las cajas de registro serán de 0.6X0.6 cm de concreto, con marco de perfil de hierro, la tapadera será rejilla de hierro con barrotes de perfil hembra de 1"X1/8" con marco angular de 1"X1"X1/8"
- Para todas las conexiones y derivaciones del circuito de iluminación se utilizaran conectores tipo wrenut 3M, acorde al calibre, también se pueden utilizar los conectores electrical spring connector and lugs de 3M (Se pueden utilizar otras marcas u otros métodos de empalme previa autorización)

7.2.4 Ductería

Todo el cableado que quede a la vista se introducirá en ducto conduit metálico con accesorios de acople a compresión o de tornillo (NEC 348). Para el cableado subterráneo que no quede a la vista se utilizara ducto conduit PVC. Los conductores que van desde la acometida de servicio eléctrico comercial hasta el armario eléctrico irán dentro de ducto conduit metálico flexible de 2", el ducto que comunica el TVSS y la transferencia será conduit metálico rígido de 2" de diámetro, el que contiene a los conductores de fuerza de la ATS al moto generador será conduit metálico rígido de 3" y los conductores de control irán contenidos en ducto conduit metálico rígido de 1". Los conductores del circuito de iluminación estarán contenidos en ducto conduit rígido metálico de 1" y los de fuerza en ducto conduit rígido metálico de 1/2". Todos los ductos deben de contar con los accesorios adecuados correspondientes al tipo de ducto (adaptadores, reductores, acoplamientos, codos y otros accesorios acordes al diseño)

7.2.5 Protecciones

El sistema eléctrico completo estará protegido por un *breaker* principal, que se encontrará en la caja RH de 150A marca General Electric, este *breaker* será de 2X125A y $I_{cc}=25KA$ marca General Electric o Square D. Para los demás circuitos se utilizarán los *breakers* que se describen a continuación:

Tabla X. *Breaker's* a utilizar.

Posiciones Ocupadas	Equipo	Capacidad	Marca
1	Luces obstrucción	20 A	General electric
2	BTS #1	40 A	General electric
2	BTS #2	40 A	General electric
2	Iluminación	20 A	General electric
1	Fuerza	20 A	General electric
2	Calentador agua	40 A	General electric

7.2.6 Tomacorrientes

Tomacorriente regulados: tomacorrientes dobles 110 V con polo aislado a tierra y con capacidad de 15 A.

7.3 Iluminación

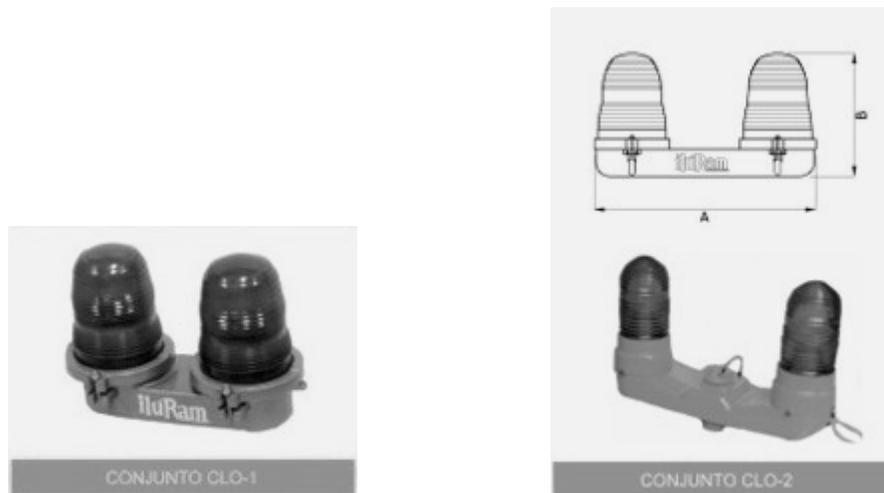
Esta compuesta por los siguientes subsistemas

- Luz de obstrucción
- Iluminación exterior

7.3.1 Luz de obstrucción

Consta de un conjunto de faros dobles serie CLO de ILURAM, el cual está conformado por dos faros rojos, soportados en un una base de aluminio libre de cobre, resistente a la corrosión y empaques de neopreno para proteger el interior de humedad, dichos faros deben proveerse con bombillos de larga duración de 8,000 horas. La ubicación de los mismos será en el extremo superior de la torre o mono polo y la potencia de los faroles será de 116W, 110V

Figura 50. Luces de obstrucción



Fuente: Iluram S.A. Brochure. Pág. 1

Tabla XI. **Detalle de luces de obstrucción**

Modelo	Altura torre	Vatijaje (W)	A (mm)	B(mm)	Acceso Roscado	Peso (Kg)
CLO-1	< 46 m	100	280	230	3/4"	1.45
CLO-2	>46 m	200	480	320	1"	6.40

Si la altura de la torre no sobrepasa los 90 metros la luz será fija y de color rojo controlando su encendido y apagado por medio de una foto celda, cuando la torre sobrepase los 90 metros se instalara una luz estroboscopia blanca intermitente

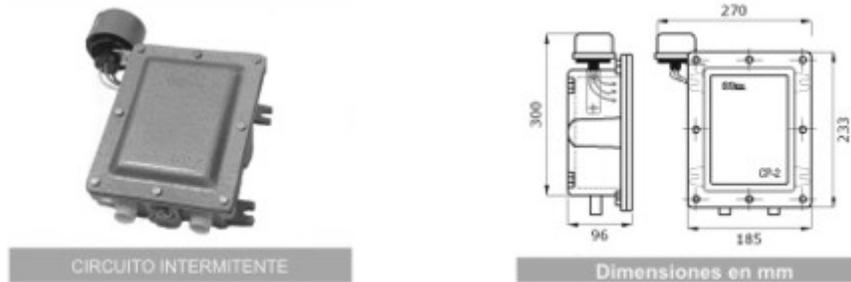
7.3.1.1 Circuito Intermitente electrónico

Este circuito se utiliza para controlar la intermitencia de las balizas, y pertenece a la serie IE de paneles para control de luces de obstrucción sencillas serie CLO. Sus principales funciones de operación son:

- Encendido sincronizado entre la intermitencia y el ciclaje de la línea para evitar la generación de interferencia por radio frecuencia y alcanzar la vida útil de las lámparas
- Permitir su encendido en la noche y apagado en el día por medio de foto celda electrónica.

El panel deberá ir instalado a una altura de 4m del pie de la torre para tener un fácil acceso y realizar el mantenimiento, el tipo de encerramiento será NEMA 4 y 4X (IP-65).

Figura 51. Circuito intermitente y detalle

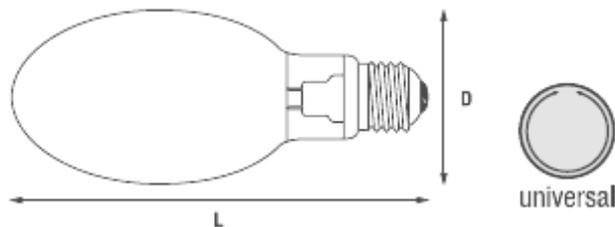


Fuente: Iluram S.A. **Brochure. Pág. 1**

7.3.2 Iluminación exterior

Para la iluminación exterior se utilizarán dos lámparas de mercurio de 250 W y 220 V marca Sylvania modelo HSL-BW 250W E40 y estarán colocadas según lo muestren los planos entregados y las necesidades del sitio. Las lámparas estarán fijadas en un tubo de acero galvanizado de 3" de diámetro y 6 m de altura.

Figura 52. Lámpara Sylvania HSL-BW 250W E40



L (mm)	D(mm)
228	91

Fuente: Sylvania. **High intensity discharge lamps. Pág. 70.**

7.4 Sistema de equipo de respaldo (grupo electrógeno)

Esta conformado por moto generador, transferencia automática (ATS), cabina atenuadora y tanque de combustible.

7.4.1 Moto Generador

El moto generador estará montado sobre una cimentación diseñada según los planos que se entregaran para la construcción del sitio, en esos planos también se detallara la ubicación del equipo. Se deberá dejar un extremo de cable de cobre desnudo 2/0 unido a la malla para poner a tierra la carcasa del moto generador, dicho extremo se fijara a la carcasa por medio de soldadura exotérmica. Se deberá de prever una adecuada ubicación para que el humo del generador no contamine predios aledaños o este dirigido hacia la BTS. El moto generador a utilizar podrá ser de las siguientes marcas: OLYMPIAN, FG WILSON u ONAN-KUBOTA las capacidades de los mismos pueden variar dependiendo de la demanda de potencia de cada sitio específico. Sin importar la marca de los generadores estos deberán de contar con cabina atenuadora de sonido y silenciador critico tipo residencial, también deberá de contara con drenajes adecuados para realizar purgas al sistema de enfriamiento y lubricación. Los generadores deberán de venir con un tiempo de funcionamiento de 10Hrs, esto con la finalidad de evitar problemas de expansión de los anillos y por ende derrame de aceite. Se recomienda la utilización de FG WILSON por el respaldo, asesoría y gran existencia en bodega, estos moto generadores cumplen con todas las normas exigidas para una instalación de telecomunicaciones.

7.4.2 Transferencia automática (ATS)

La ATS será de la marca del generador que se este utilizando y del amperaje adecuado en cada uno de los casos, deberá de ir ubicada dentro de el armario eléctrico en el lugar destinado para su ubicación en la esquina superior derecha y sólidamente conectada a tierra, todos los ductos y perforaciones hechas a la caja metálica de la transferencia deberán de quedar debidamente sellados, la transferencia será instalada por la empresa que provea el moto generador.

7.4.3 Tanque de combustible

Se utilizará un tanque vertical en lamina de 1/8", con tapas rebordeadas y *manhole* en la tapa superior de mínimo 50 cm de diámetro con tapa atornillable con tornillos cada 30° de 1/4" por 1/2" con tuerca y doble arandela todo en acero inoxidable. El punto de llenado estará en la tapa superior será de 4" de diámetro, con tapón galvanizado roscado hembra, este punto sobresale 15 cm de la parte superior. El punto de salida de combustible hacia la planta será de 3/8" de diámetro con llave de paso para control, ubicado en la parte lateral inferior del tanque, 7cm sobre el fondo al centro de la tubería. El drenaje estará en la tapa inferior en 1/2" de diámetro con tapón hembra. El punto de desfogue será de 1/2" de diámetro con codo de 180° ubicado en la parte superior del tanque, el codo quedara a 10 cm sobre la tapa. El punto de retorno de combustible consiste en una unión roscada de 3/8" de diámetro, ubicado en la arte superior del tanque.

Se colocará sistema de nivel que incluye niples y accesorios de conexión y manguera transparente con sus abrazaderas inoxidables. La base del tanque será un anillo en lámina de 1/8", el cual levantara el tanque 25 cm del nivel del

suelo. Se dejara un extremo de cable de cobre desnudo unido a la malla para conectar a tierra el tanque para prevenir descargas que pueden provocar incendio o explosión al entrar en contacto con el combustible.

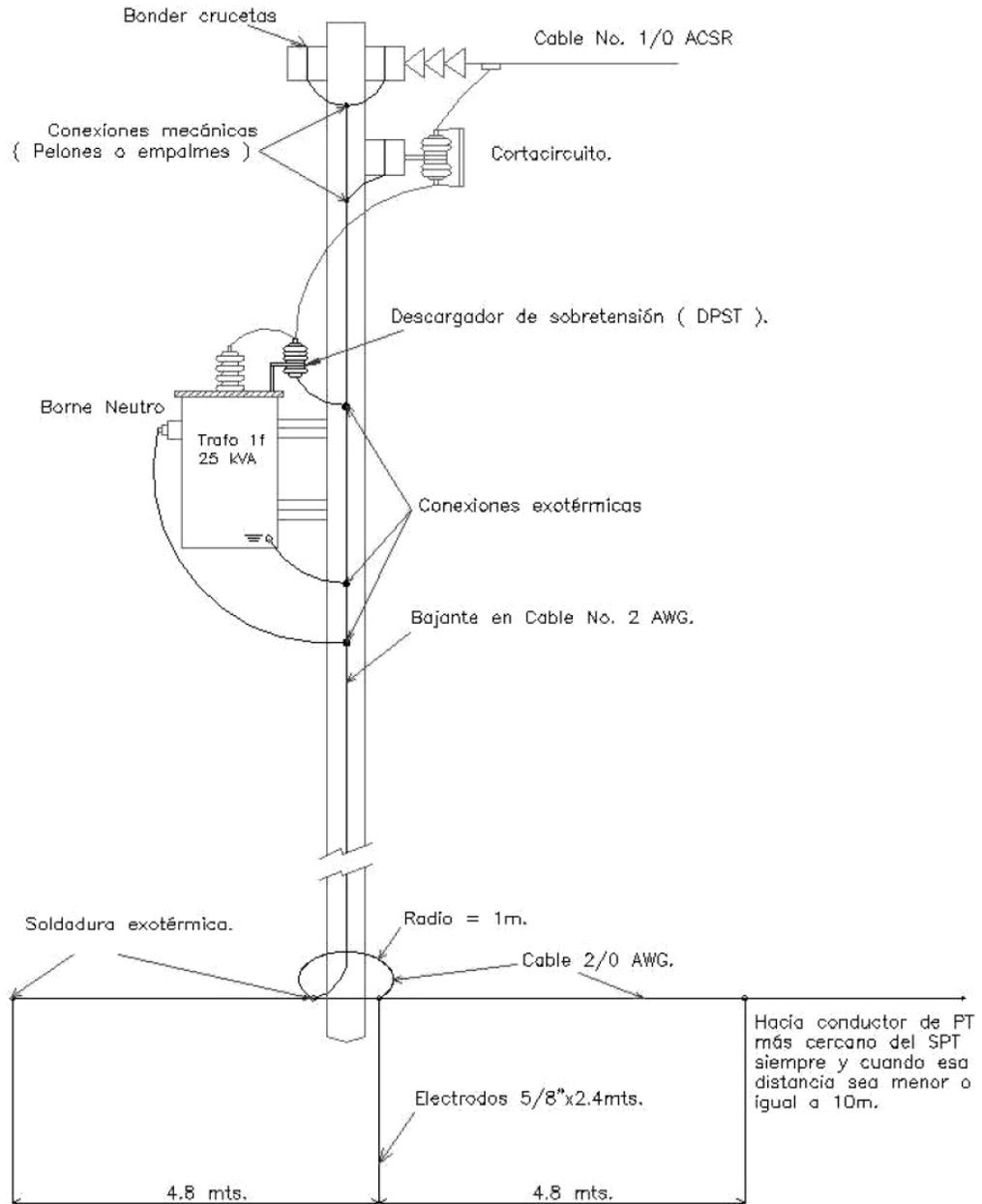
7.5 PT Transformador de distribución, DPS's y accesorios en poste

Se instalará un bajante en cable No. 2 AWG desnudo a lo largo del poste. Dicho bajante (en parte superior) se conectará mecánicamente a los bonders de las crucetas si estas son de madera o directamente a las crucetas si estas son metálicas a través de terminales ponchables. Para protección del transformador de alimentación de energía eléctrica del sistema de potencia de la estación, se instalarán descargadores de sobretensión (DPS) uso exterior de 15kV, uno por cada fase primaria y montados sobre el mismo transformador, cortocircuitando (puenteando) sus bornes inferiores mediante cable No. 2 AWG desnudo el cual se conectará exotérmicamente al bajante del poste. A este mismo bajante se conectarán exotérmicamente la cuba del transformador en su borne de conexión mecánico trasero y el borne del neutro del transformador mediante un cable No. 2 AWG desnudo. Nota: El fleje que viene de fábrica que puentea el borne neutro con la cuba del transformador en su parte frontal no se elimina. La parte inferior del bajante en cable No. 2 AWG desnudo del poste se encamisa en 2 tramos de 3m de tubería conduit galvanizada de $\frac{3}{4}$ ", se fija con cinta Band-it de $\frac{1}{2}$ " y se conecta mediante conexión exotérmica al anillo de radio (1 m) en cable 2/0 AWG ubicado en la base del poste.

Este anillo hace parte de un conjunto conformado por tres varillas o electrodos de cobre de $\frac{5}{8}$ " x 2.40 m interconectadas mediante cable 2/0 AWG, soldadura exotérmica y distanciadas mínimo 4.8 m una de la otra. La PT del poste de media tensión se interconectará exotérmicamente al conductor de PT más cercano del SPT de la estación siempre y cuando la distancia entre estas

puestas a tierras sea menor o igual a 10 m, de lo contrario no se interconectarán.

Figura 53. Puesta a tierra transformador de distribución



Fuente: Estaciones pcs Colombia móvil. **Manual de procedimiento constructivo sistemas de puesta a tierra. Pág. 14**

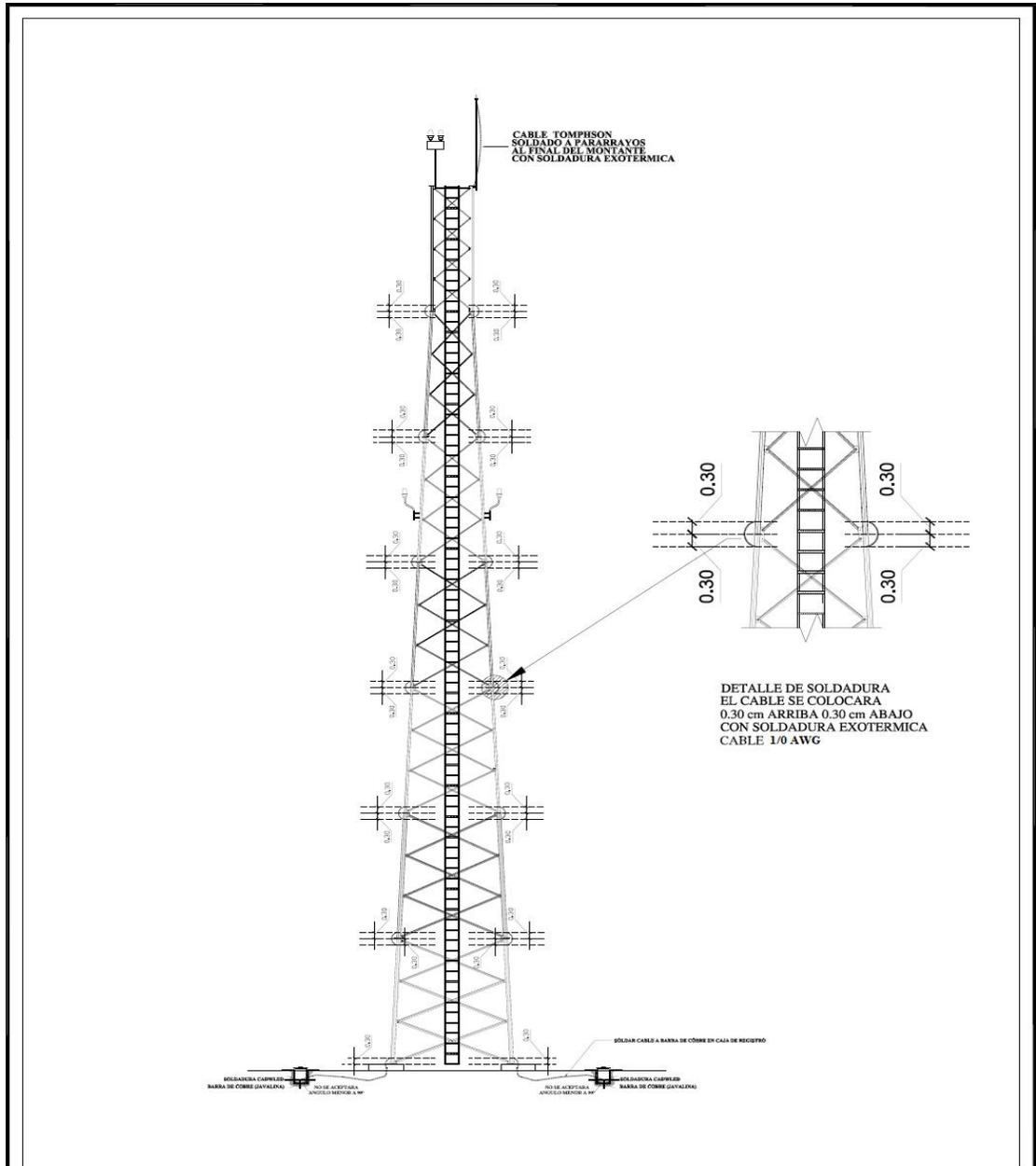
7.6 Puesta a tierra armario eléctrico y equipo

Todos los equipos contenidos dentro del armario eléctrico deberán de ir firmemente sujetos a la barra de tierras que se encuentra en la base del mismo armario eléctrico por medio de cable de cobre. Todo el sistema de tierras se debe de instalar de acuerdo a lo mostrado en los planos típicos de la radio base que se adjuntan en el anexo A de este documento. Todas las soldaduras relacionadas con el sistema de tierras se realizaran por medio de soldadura exotérmica para lograr una mejor adherencia de todas las partes de la red que conforman el mismo.

7.7 Pararrayos

Se utilizará un pararrayos PDC (con dispositivo de cebado) marca INGESCO que cumple con la norma UNE 21186:1996 para proteger el equipo contra descargas atmosféricas. El mismo estará instalado en su mástil, el cual tendrá 6m de alto, y el mástil se colocara en el último montante de la torre. El pararrayos se unirá a la estructura de la torre por medio de un tramo de cable *tompson 2/0*, este será el único tramo en el que se utiliza conductor de cobre en la bajada de pararrayos. Los tramos siguientes serán de alambre trenzado de acero galvanizado calibre 1/0, estos irán fijados con soldadura exotérmica uniendo cada montante de la torre, como se muestra a continuación. No se deberá de dejar en ningún momento curvas prominentes formadas por el cable de acero, este se debe colocar lo mas recto posible quedando casi en paralelo con la estructura de la torre a la que estén fijados

Figura 54. Colocación bajada de pararrayos platinas y feeders



ELEVACION DE TORRE + SOLDADURA

Coordinador:	FRANCISCO PINILLOS	Fecha:	15 / 2 / 2007
Título:	PLANO DE TORRE	Escala:	1:100
Dibujo:		Archivo:	
Propietario:			

Fuente: Francisco Pinillos. Dibujos

8 . LISTA DE CHEQUEO

Para facilitar la revisión de las instalaciones en el momento de ser concluidas se brinda este ejemplo de planilla de recepción, con el cual se puede dar como aceptable las instalaciones del sitio con cierto grado de confiabilidad, el mismo también archivará datos de interés para realizar mantenimientos a las instalaciones eléctricas de un sitio típico.

Tabla XII. Planilla para recepción de sitios

PLANILLA DE RECEPCIÓN DE SITIOS				
	NOMBRE DEL SITIO:	ID:		
	FECHA:			
	HORA ENTRADA:	SALIDA:		
	TECNICO:			
	DIRECCIÓN COMPLETA:			
A	SISTEMA DE ENERGÍA PRIMARIA	Valor Medido	Unidad	
A1	Cables de acometida libres (ramas, arbustos, etc), Limpieza	OK	OK/NOK	
A2	Líneas de Media Tensión desde ultimo Poste hasta Acometida libre y despejado, Limpieza		OK/NOK	
A3	Pilar de acometida libre e íntegro, Limpieza	OK	OK/NOK	
A4	Portafusiles aéreos buena apariencia e íntegros		OK/NOK	

A5	Transformador de distribución, libre e integro		OK/NOK	
A6	Líneas de distribución AC	OK	OK/NOK	
A7	Tableros de alimentación, <i>breaker</i> general operativo	OK	OK/NOK	
A8	<i>Breaker's</i> Termo magnéticos Operativos	OK	OK/NOK	
A9	Cable tierra entrada en buen estado	OK	OK/NOK	
A10	Medidor o Contador de energía normal	OK	OK/NOK	
A11	Protectores primarios en buen estado y conectados a tierra	OK	OK/NOK	
A12	Protectores secundarios en buen estado y conectados a tierra	OK	OK/NOK	
A13	Valor, tensión, entrada general		Vac	
c	GENERADOR DE EMERGENCIA		Unidad	
C.1	Generador emergencia y ATS limpios e íntegros. Candados operables		OK/NOK	
C.2	Generador sin alarmas		OK/NOK	
C.3	Horas de funcionamiento del grupo electrógeno		Hrs	
C.4	Nivel de aceite del motor		OK/NOK	
C.5	Nivel de combustible tanque diario		Tanque	
C.6	Nivel de combustible tanque auxiliar		Tanque	
C.7	prueba del sistema de carga de combustible del tanque auxiliar al tanque diario		OK/NOK	
C.8	Nivel electrolito batería de arranque		OK/NOK	
C.9	Bornes de batería limpios y firmes		OK/NOK	
C.10	Tensión batería de arranque		Vdc	
C.11	Tensión de carga de batería de arranque		Vdc	

C.12	Cables y conexiones		OK/NOK	
C.13	Tiempo de arranque		Seg	
C.14	Tiempo de transferencia de carga		Seg	
C.15	Tiempo de re transferencia de carga		Seg	
C.16	Tiempo de parada		Seg	
C.17	Tensión de salida del generador		Vac	
C.18	Prueba de funcionamiento de los indicadores luminosos		OK/NOK	
C.19	Chequeo del estado del medidor de combustible del generador (flotador)		OK/NOK	
C.20	Fijación y posicionamiento accesorios externos al grupo		OK/NOK	
C.21	Chequeo del estado de la placa de alarmas externas del generador		OK/NOK	
C.22	Chequeo del cargador de batería del generador		OK/NOK	
D	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Valor Medido	Unidad	
D.1	Valor óhmico de la resistencia de tierra en el pasa muro	-	Ohm	
D.2	Soldaduras Cadwell o uniones mecánicas del sist.de tierra, solido y limpios	OK	OK/NOK	
D.3	Registros de verificación de tierras limpios	OK	OK/NOK	
D.4	Unión de tierra de acometida con Tierra general	OK	OK/NOK	
D.5	Conexiones de Tierra a las Barras de tierras, limpios y sólidos	OK	OK/NOK	
D.6	Conexiones de Tierra a las Patas de la Torre, limpios y sólidos	OK	OK/NOK	
D.7	Conexión de todo los accesorios metálicos externos al sistema de Tierra	OK	OK/NOK	
D.8	Conexión de todas las barras de tierra secundarias a la barra principal con cables de sección mayor a 16 mm	OK	OK/NOK	
D.9	Conexión de todo los equipos al sistema de Tierra	OK	OK/NOK	

D.10	Medición de Tensión entre el Neutro y Tierra	-	Vac	
E	SHELTER Y/O GABINETE BTS	Valor Medido	Unidad	
E1	Iluminación externa		OK/NOK	
E2	Iluminación interna		OK/NOK	
E3	Consumo General del shelter y/o gabinete de BTS	7.6	Amp	
E4	Consumo del AA		Amp	
E5	Estado del power plant sin alarmas		OK/NOK	
E6	Estado de los rectificadores sin alarma	OK	OK/NOK	
E7	Lectura de tensión de carga en el supervisor		Vdc	
E8	Estado de las baterías tensión sin rectificador		Vdc	
E9	Estado de los <i>breakers</i> de los equipos	OK	OK/NOK	

FIRMA DEL TÉCNICO:

NOMBRE:

EMPRESA:

CONCLUSIONES

- 1 Se logró crear un documento que se constituirá en una de las principales herramientas del personal técnico que construye las instalaciones eléctricas de las radio bases típicas.
- 2 Se estableció un parámetro para formar un juicio crítico en el personal técnico para distinguir entre una instalación de buena y una de mala calidad.
- 3 Se comprendió el porque y para que se utilizan todos los dispositivos eléctricos que forman parte de una instalación eléctricas de una radio base típica.
- 4 A partir de este documento se puede distinguir el conductor y ducto adecuado a utilizar en cada caso específico dentro de la instalación eléctrica de una radio base típica.
- 5 Se logró adquirir conocimiento con fundamentos para realizar instalaciones de calidad.
- 6 Se logró adoptar un criterio para poder juzgar las instalaciones realizadas en radio bases típicas.
- 7 Se logró aumentar la disponibilidad del servicio prestado gracias a la implementación de instalaciones adecuadas.

RECOMENDACIONES

- 1 Sujetarse a las indicaciones plasmadas en este documento, el cual puede variar estas con previa autorización de la persona encargada del departamento de energía en ese momento.
- 2 Verificar las actualizaciones de las normas internacionales que se utilizaron para fundamentar este documento.
- 3 Verificar los avances tecnológicos en todos los aspectos de instalaciones eléctricas para contar con instalaciones de vanguardia.
- 4 Realizar las adaptaciones necesarias en caso se adopten nuevas tecnologías en radio bases que demanden una mayor capacidad energética.
- 5 Realizar pruebas mecánicas y eléctricas periódicas y al azar a los materiales en bodega que son utilizados por las empresas que construyen el sistema eléctrico con la finalidad de comprobar su calidad.
- 6 Realizar supervisiones en diferentes radio bases que se encuentren en diferentes etapas de construcción del sistema eléctrico para corroborar que se estén llevando a cabo de la forma adecuada descrita en este documento.

- 7 Realizar una revisión exhaustiva, semestralmente, de todo el sistema eléctrico en las radio bases que ya tengan mas de quince años, y en especial a la red de tierras ya que es posible que los elementos que conforman esta ya se hayan corroído dependiendo de la acidez del suelo.
- 8 Implementar la utilización de filtros de armónicos en las radio bases para evitar daño en conductores y equipos que pueden causar un alto costo de mantenimiento correctivo.
- 9 Realizar un análisis con un “analizador de redes” para corroborar el estado de la red de alimentación observando el comportamiento de la corriente, voltaje y armónicos, para garantizar disponibilidad eficiente del servicio.

BIBLIOGRAFÍA

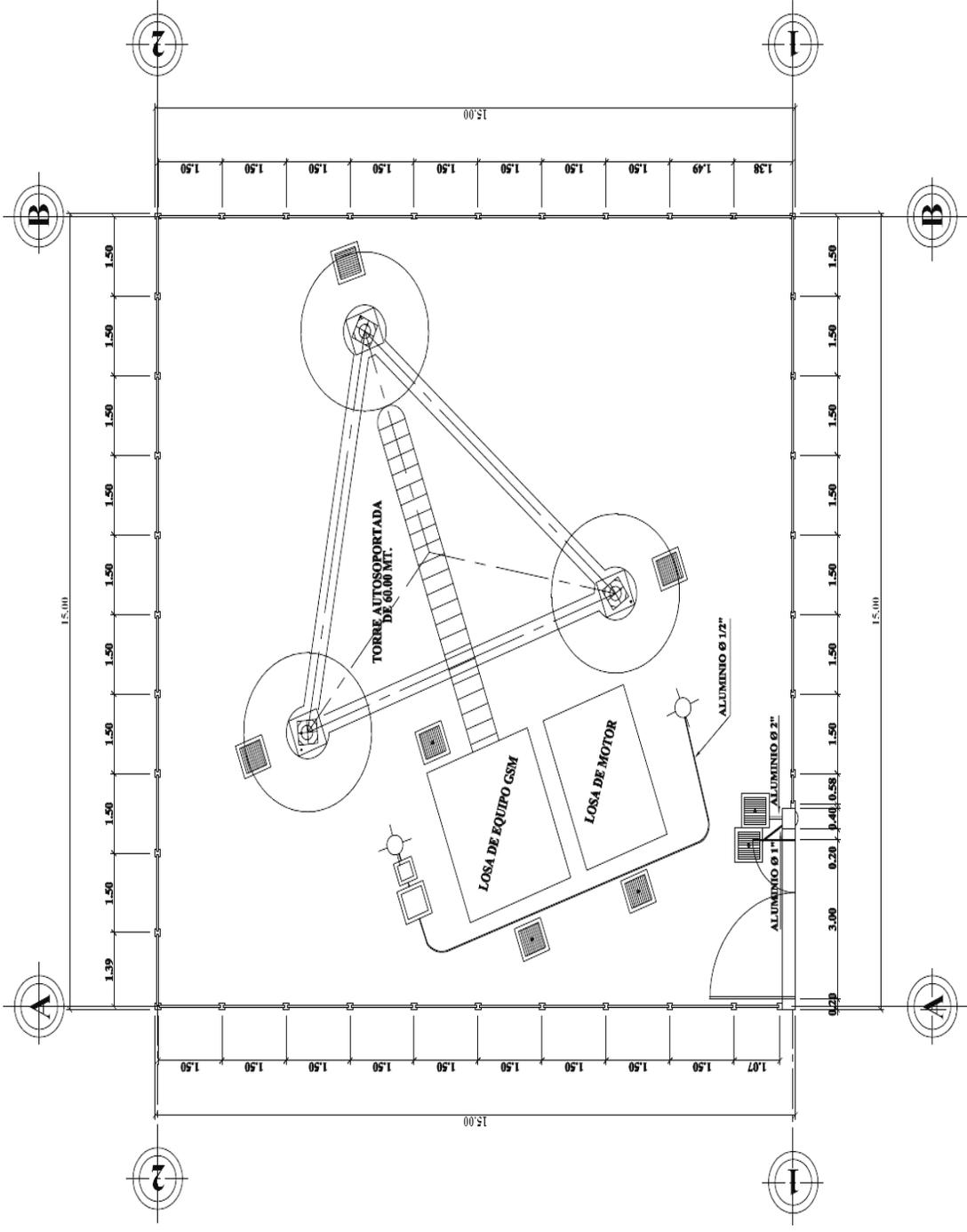
1. Araya Díaz, Jorge y Francisco Sandoval Ortega. **Conductores eléctricos**. Chile: Pro cobre. 2001. pp 50.
2. Asociación española de normalización. **UNE 21186:1996**. Madrid España: AENOR. 1996. pp 59.
3. Enríquez Harper, Gilberto. **Guía práctica para el cálculo de instalaciones Eléctricas** México: Limusa, 1994.
4. Gruz, Thomas M. **An overview of IEEE 1100: The Emerald Book**. Estados Unidos: 1996.
5. IEEE **C62.41-1991, IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits**. s.l. s.e.1991.
6. IEEE. **IEEE Std 1100-1992, Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment**. s.l. s.e. 1992.
7. Martzloff, F.D. **Coordination of surge protectors in low-voltage AC power circuits, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems**. s.l. s.e. 1980.
8. Morales Osorio, Nelson. **Sistemas de puestas a tierra**. Chile:Procobre, 1999.

9. Rodríguez Montes, Ángel. **Pararrayos cts y cec cómo funcionan, implantación y seguimiento.** Principado de Andorra: Invencio noves technologies. 2006. pp 30.
10. Sica-Pirelli. **Manual de instalaciones eléctricas.** Argentina: Video X-press. 1998. pp 634.
11. Sylvania. **High intensity discharge lamps.** Estados Unidos:Sylvania. 2002. Pp 168.
12. Unión Fenosa. **Norma de instalaciones de medidas.** Guatemala: DEORSA-DEOCSA. 2004.
13. Universidad politécnica salesiana. **Las Lámparas.** s.l. s.e.
14. Ramirez, Cataño Samuel. **Calidad del Servicio de Energía Eléctrica.** Primera edición. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2003, 364pp.

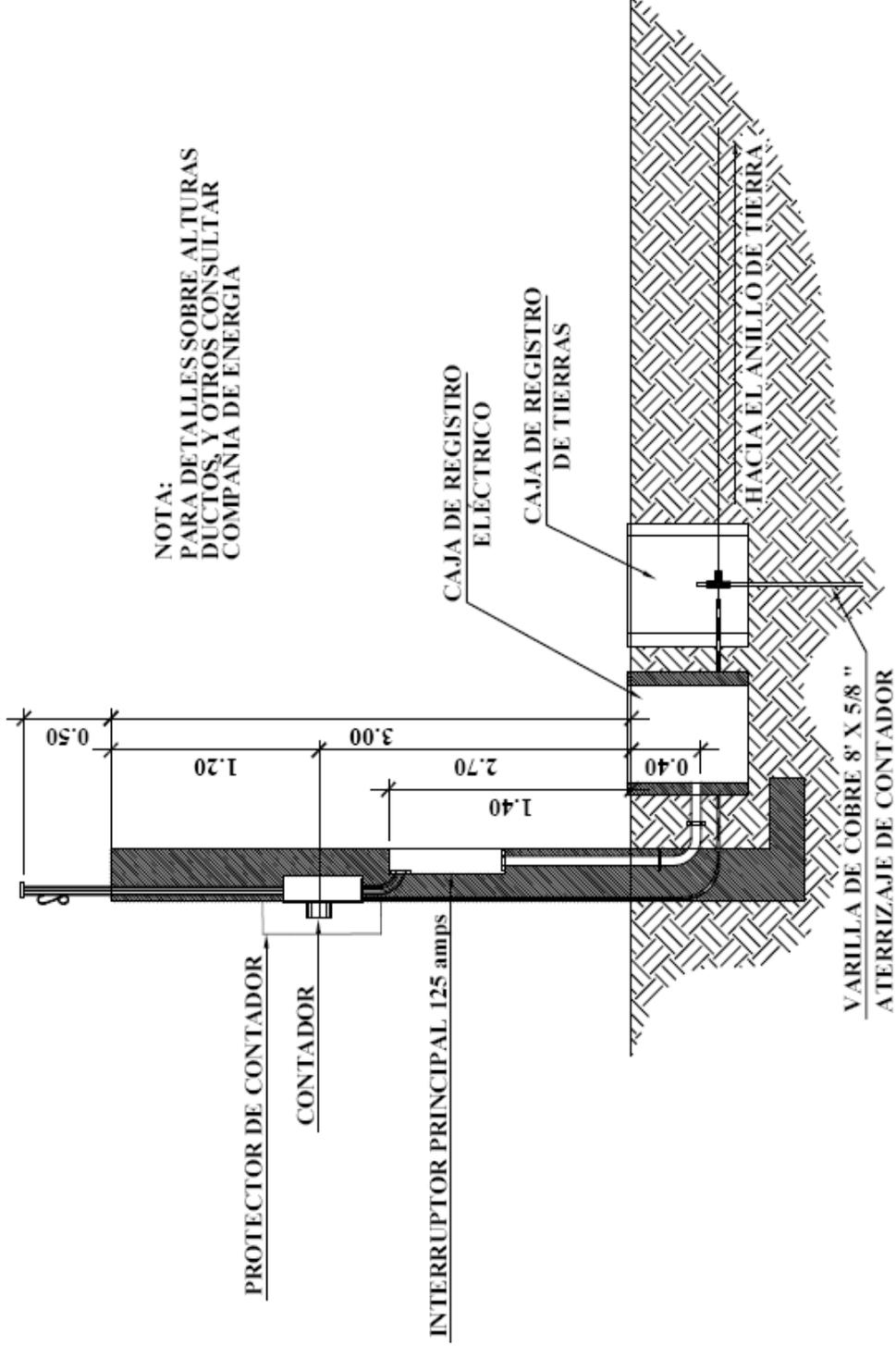
ANEXOS

ANEXO A

(Diagramas y esquemas de diseño del sistema eléctrico general
de una radio base típica)

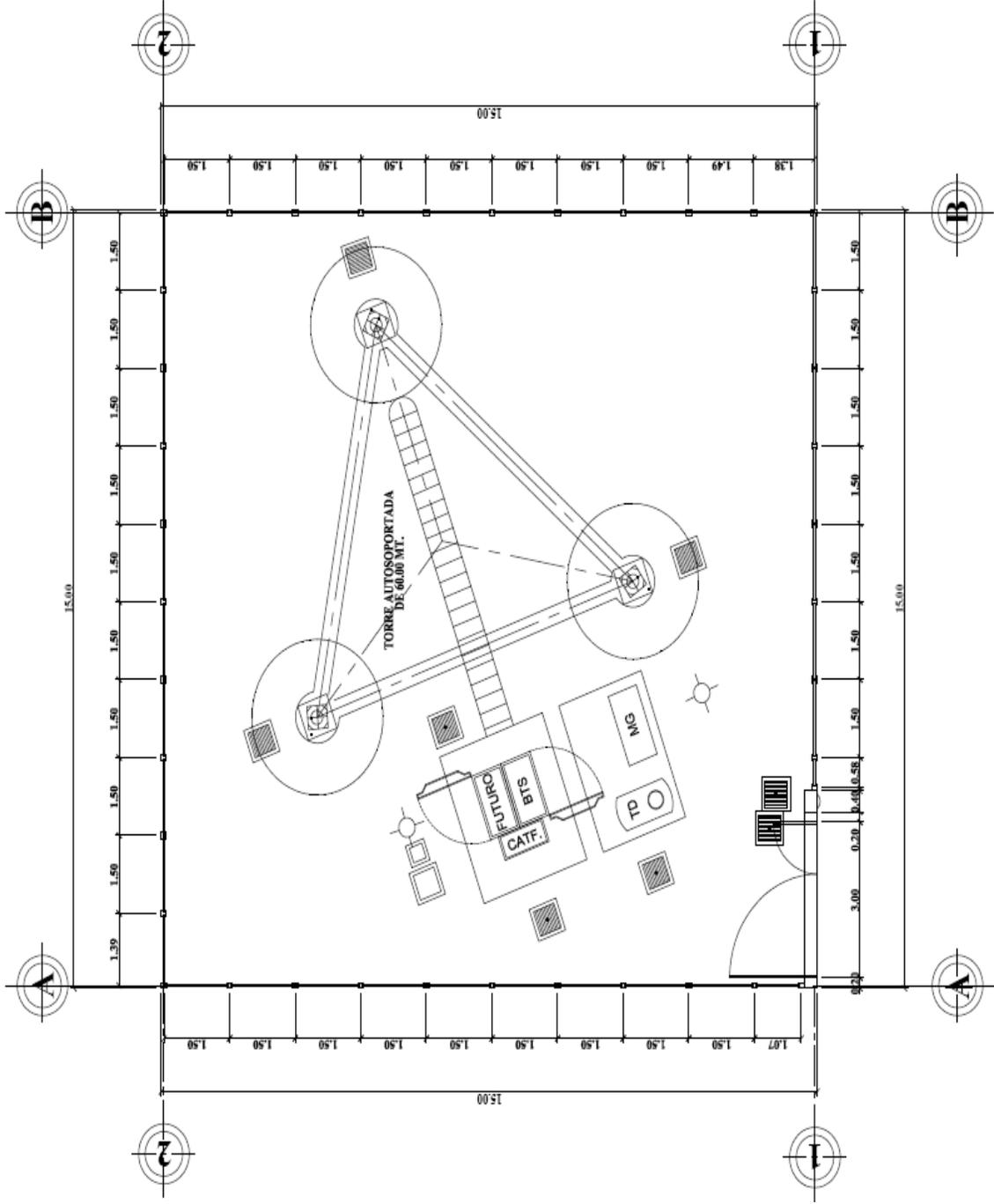


PLANTA DE DISTRIBUCION DE ENERGIA
 ESC: 1:100



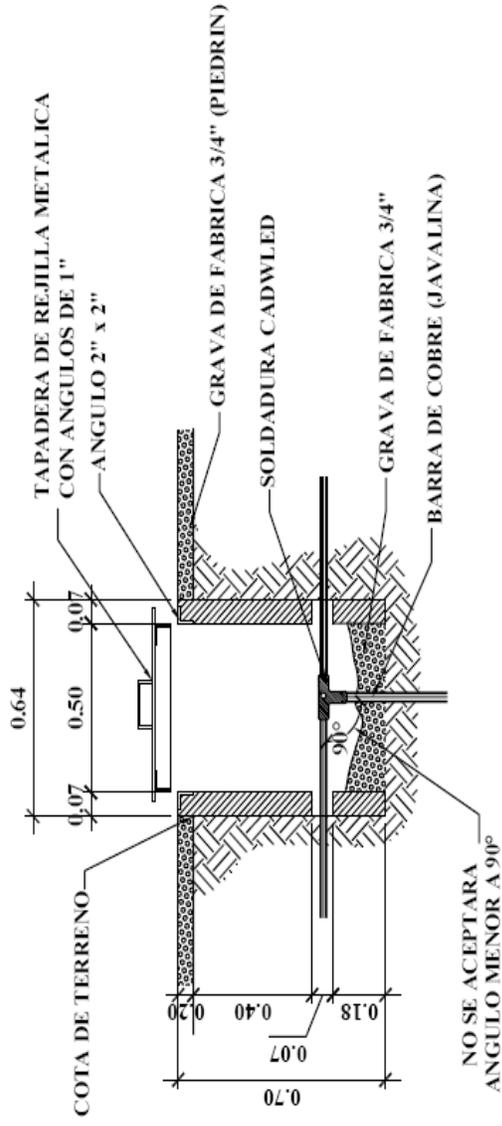
NOTA:
 PARA DETALLES SOBRE ALTURAS
 DUCTOS, Y OTROS CONSULTAR
 COMPAÑIA DE ENERGIA

DETALLE INSTALACION DE ACOMETIDA
 ESC: 1:50



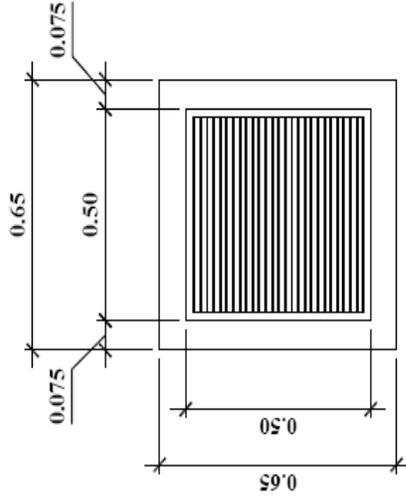
PLANTA DE DISTRIBUCION

ESC: 1:100



DETALLE DE CAJA DE REGISTRO

ESC: 1:25



REJILLA CON PERFIL HEMBRA DE 1" X 1/8"
 CON UNA SEPARACION DE 3 CMS. ENTRE HEMBRAS
 CON MARCO ANGULAR DE 1" X 1" X 1/8"

DETALLE DE REJILLA PARA CAJA DE REGISTRO DE TIERRAS

ESC: 1:25

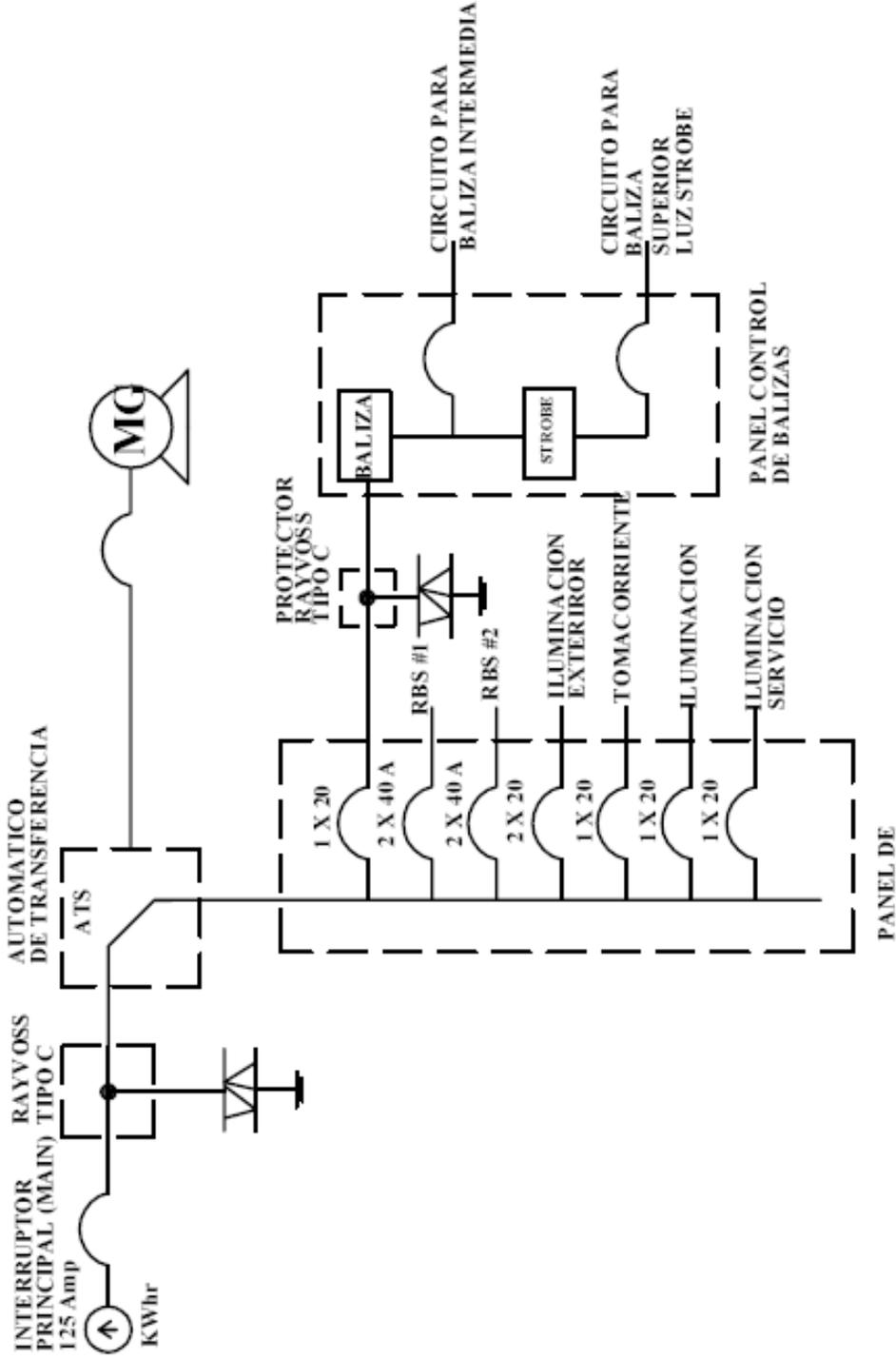
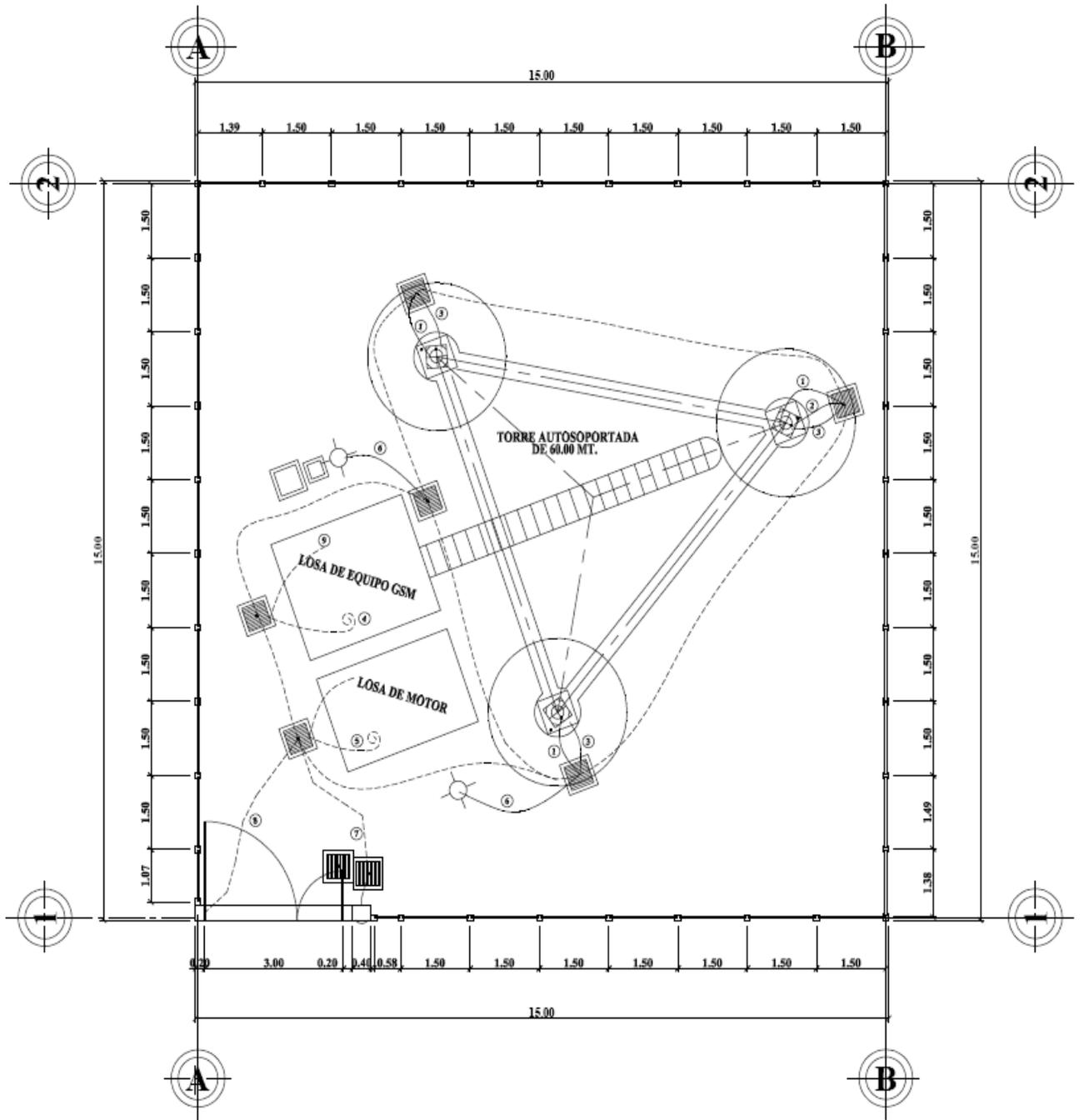


DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR

SIN ESCALA



PLANTA DE SISTEMA DE TIERRAS FISICAS

ESC: 1:100

NOMENCLATURA

1. PUESTA A TIERRA ESTRUCTURA DE TORRE (MONTANTES)
2. ATERRIZAJE DE PARARRAYOS (CABLE THOMPSON)
3. PUESTA A TIERRA PLACAS DE COBRE BAJO CIMENTACION TORRE (3)
4. PUESTA A TIERRA CHASIS MG Y TANQUE DIESEL
5. ARMADURA DE HIERRO DE LOSAS RBS'3 GSM Y MG
6. ATERRIZAJE A POSTE DE ILUMINACION EXTERNA
7. ATERRIZAJE A MEDIDOR DE ENERGIA (ACOMETIDA)
8. ATERRIZAJE DEL MURO PERIMETRAL
9. PUESTA A TIERRA EQUIPOS RBS'3 GSM
● VARILLA DE COBRE
---- FLEJE DE COBRE DE 70MM X 1MM
----- CABLE DE COBRE 2/0 AWG
———— CABLE THOMSON
⊥ SOLDADURA CALDWELD

ANEXO B

(Especificaciones técnicas del moto generador que se plantea como opción en la instalación de una radio base típica)

The FG Wilson fully weatherproof sound attenuated (SA) enclosures reduce sound levels to comply with the stage 2 levels of the European Community Directive 2000/14/EC which became effective 3 January 2006.

These enclosures incorporate internally mounted exhaust silencers and are of extremely rugged construction in order to withstand the rough handling common on many construction sites. The panel is viewed through a hinged perspex window.

Highly Corrosion Resistant Construction

- ▶ Stainless steel locks
- ▶ Black zinc die cast hinges on gullwing doors tested and proven to withstand extremely corrosive conditions
- ▶ Zinc plated or stainless steel fasteners and hinges
- ▶ Body made from steel components pre-treated with zinc phosphate prior to polyester powder coating

Excellent Access for Maintenance

- ▶ Top hung gullwing doors
- ▶ Hinged and lockable end panels
- ▶ Radiator fill access through radiator end panel
- ▶ Lube oil drain piped to exterior of the canopy

Security and Safety

- ▶ Perspex control panel viewing window in a lockable access door
- ▶ Emergency stop button mounted on canopy exterior
- ▶ End panels secured by internal latches with safety retainer
- ▶ Cooling fan and battery charging alternator fully guarded
- ▶ Fuel fill and battery can only be reached via lockable access doors
- ▶ Exhaust silencing system enclosed for operator safety

Transportability

- ▶ Tested and certified single point lifting facility

Optional Features

- ▶ Lockable vandal proof control panel cover in place of window.



10 - 22 kVA
Range

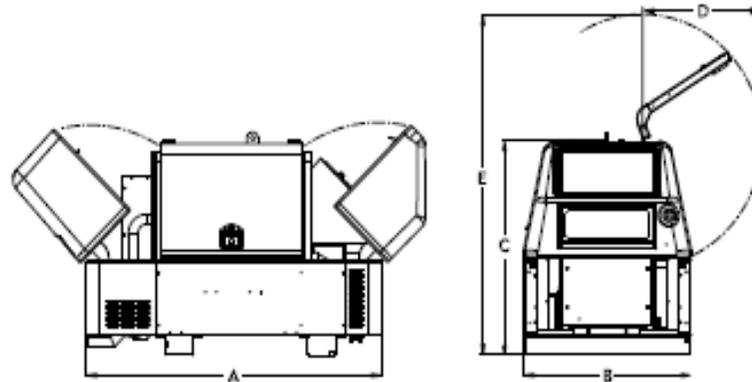


Modular
Acoustic Enclosure



Sound Pressure Levels (dba)													
Generating Set Model	50Hz at 1500 RPM							60Hz at 1800 RPM					
	LWA	15m (50ft)		7m (23ft)		1m (3ft)		15m (50ft)		7m (23ft)		1m (3ft)	
		75% Load	100% Load	75% Load	100% Load	75% Load	100% Load	75% Load	100% Load	75% Load	100% Load	75% Load	100% Load
3 Phase Models													
P12.5P2	91	61.1	62.5	67.1	68.5	76.6	77.9	59.7	59.8	65.8	65.8	77.2	77.1
P13.5E2	91	61.5	63.0	67.5	69.0	77.0	78.3	59.7	59.8	65.8	65.8	77.2	77.1
P16.5P2	91	58.2	59.5	64.2	65.5	73.9	75.3	59.2	60.5	65.2	66.5	75.4	76.7
P18E2	91	58.5	60.1	64.5	66.1	74.2	75.9	59.6	61.0	65.6	67.0	75.7	77.3
P20P2	91	59.0	61.0	65.0	67.0	74.7	76.9	59.8	61.4	65.8	67.4	76.0	77.7
P22E2	91	59.5	62.0	65.5	68.0	75.3	78.1	60.3	62.3	66.3	68.3	76.5	78.7
Single Phase Models													
P10P2S	91	60.3	61.4	66.3	67.4	75.8	76.9	59.7	59.8	65.8	65.8	77.2	77.1
P11E2S	91	60.6	61.8	66.6	67.8	76.1	77.3	59.7	59.8	65.8	65.8	77.2	77.1
P13P2S	91	57.7	58.4	63.7	64.4	73.3	74.1	58.8	59.6	64.8	65.6	75.0	75.8
P14E2S	91	57.8	58.6	63.8	64.6	73.5	74.4	58.9	60.0	64.9	66.0	75.1	76.1
P15P2S	91	58.0	59.0	64.0	65.0	73.6	74.7	59.1	60.3	65.1	66.3	75.3	76.5
P16.5E2S	91	58.2	59.5	64.2	65.5	73.9	75.3	59.5	60.8	65.5	66.8	75.6	77.1

Levels in accordance with European Noise Directive (2000/14/EC)



Dimensions and Weights							
Generating Set Model	A: mm (In)	B: mm (In)	C: mm (In)	D: mm (In)	E: mm (In)	Weight: kg (lb)	Fuel Capacity: l (US gal)
3 Phase Models							
P12.5P2/P13.5E2	1593 (62.7)	900 (35.4)	1275 (50.2)	880 (34.6)	1850 (72.8)	580 (1279)	45 (12)
P16.5P2/P18E2	1593 (62.7)	900 (35.4)	1255 (49.4)	880 (34.6)	1850 (72.8)	641 (1413)	45 (12)
P20P2/P22E2	1593 (62.7)	900 (35.4)	1255 (49.4)	880 (34.6)	1850 (72.8)	654 (1442)	45 (12)
Single Phase Models							
P10P2S/P11E2S	1593 (62.7)	900 (35.4)	1275 (50.2)	880 (34.6)	1850 (72.8)	580 (1279)	45 (12)
P13P2S/P14E2S	1593 (62.7)	900 (35.4)	1255 (49.4)	880 (34.6)	1850 (72.8)	641 (1413)	45 (12)
P15P2S/P16.5E2S	1593 (62.7)	900 (35.4)	1255 (49.4)	880 (34.6)	1850 (72.8)	654 (1442)	45 (12)

Note: Net Weight with lube oil, no coolant, no fuel; *Clearance required both sides.



FG Wilson has manufacturing facilities in the following locations:

Northern Ireland • Brazil • China • India • USA

With headquarters in Northern Ireland, FG Wilson operates through a Global Dealer

Network. To contact your local Sales Office please visit the FG Wilson website at

www.FGWilson.com



ANEXO C

(Especificaciones técnicas del panel de control del moto generador que se plantea como opción en la instalación de una radio base típica)

Total control at the touch of a button!

FG Wilson's new range of digital control panels gives you the industry leading control solution for all your power needs.

The PowerWizard 1.0 control system offers a cost effective way of monitoring and communicating with your generating set. Using cutting edge technology we've integrated meters, gauges and dials into one display, giving you quick and easy access to controls, metering, protection device settings and diagnostic information.

Why should you choose an FG Wilson PowerWizard 1.0 series control panel?

- ▶ Common look and feel from 10 to 2000 kVA for ease of operation and service
- ▶ 10.5-32V DC providing a single module to cover whole product range
- ▶ Simple menu layout for ease of navigation and monitoring
- ▶ Two display languages, (Customer language and Technician English*) to aid service and commissioning
- ▶ 20 event log to aid fault finding
- ▶ Robust electronics package for industry leading reliability
- ▶ Configurable using front key pad/laptop
- ▶ Shortcut keys for immediate access to engine or AC metering
- ▶ Integrated metering and controls reducing components and wiring, aiding reliability and ease of service
- ▶ Common engine wiring system allows simple upgrading between levels of panel
- ▶ Can be serviced using standard EST tool

*See languages available overleaf

```
455 kPa    44°C    12.7 V
1500rpm    3.3 HRS
RUNNING
```

Typical view of panel display after pressing the 'Engine' overview shortcut key

```
AVG 382 V L-L    0 A
50.1 Hz
```

Typical view of panel display after pressing the 'AC' overview shortcut key



PowerWizard 1.0



Control System



Standard Features

- ▶ **Panel construction and finish**
 - Components installed in a heavy duty sheet steel enclosure
 - Phosphate chemical pre-coating of steel provides corrosion resistant surface
 - Polyester composite powder topcoat forms high gloss and extremely durable finish
 - Lockable-hinged panel door provides easy component access
- ▶ **Mounting**
 - Mounted to generating set baseframe on robust steel stand
 - Vibration isolated from generating set
- ▶ **Instrumentation**
 - LCD Display with adjustable contrast and backlight with auto power off
 - AC metering
 - Volts 3-phase (L-L & L-N)
 - Amps (per phase & average)
 - Frequency
 - DC metering
 - Battery Volts
 - Engine Hours Run
 - Engine Jacket Water Temperature (in °C or °F)
 - Lube Oil Pressure (in psi, kPa or bar)
 - Engine Speed (RPM)
- ▶ **Protection**
 - Fail to Start
 - Low Oil Pressure
 - High Engine Temperature
 - Low/High Battery Voltage
 - Battery Charger Failure (if fitted)
 - Underspeed, Overspeed
 - Loss of Engine Speed Detection
 - 2 spare fault channels
 - 20 Event fault log (name of event, engine hours at first occurrence of event, engine hours at latest occurrence of event, number of occurrences of event)
- ▶ **Controls**
 - 2 LED status indicators (1 red shutdown, 1 amber warning)
 - Run key & LED indicator
 - Auto key & LED indicator
 - Stop key & LED indicator
 - Lamp Test key
 - Alarm Acknowledge key
 - Menu navigation keys
 - Engine and AC metering shortcut keys
 - Control module keys with tactile feedback
 - Lock down emergency stop push button
 - CAN 1 data link – J1939 for communicating with electronic engine control modules
- ▶ **Languages**
 - LED displays available in Arabic, Chinese, Danish, Dutch, English, Finnish, French, German, Greek, Hungarian, Icelandic, Italian, Norwegian, Portuguese, Russian, Spanish and Swedish

Optional Features

- ▶ **Instrumentation**
 - Battery trickle charge ammeter
 - Audible alarm
- ▶ **Controls**
 - Battery charger
 - Engine coolant heater controls
 - Volt free contacts for:
 - Common Alarm
 - Generator running
 - Lockdown emergency stop button with security key
 - Volts adjust potentiometer
 - Speed adjust potentiometer
- ▶ **Spare shutdown/alarm channel can include:**
 - Earth leakage protection
 - Low fuel level
 - Low coolant level
 - High lube oil temperature
 - Low coolant temperature
 - High fuel level
 - Overload via alarm switch
 - Earth fault protection
 - Overvoltage
 - Low gas pressure
 - High gas pressure

Note: All options are not available on all genset models



In line with our policy of continuous product development, we reserve the right to change specification without notice.

FG Wilson has manufacturing facilities in the following locations:

Northern Ireland • Brazil • China • India • USA

With headquarters in Northern Ireland, FG Wilson operates through a Global Dealer

Network. To contact your local Sales Office please visit the FG Wilson website at

www.FGWilson.com

PowerWord: 00306GB



ANEXO D

(Especificaciones técnicas de la transferencia automática para el moto generador que se plantea como opción en la instalación de una radio base típica)

RS485 Communications module
Enables access to the system remotely through telephone or PC via modem.

Power metering
To measure load current, kWh, kVAh, kVA, Power factor.

Programmable countdown timers
Set routine times for delay on gen-start delay on re-transfer run on timer.

LCD display
Shows detailed status of system or all times for greater awareness and control.

Lightning protection
Ensures the safety of system during lightning storms (Includes Vols free contacts for utility power and genset).

Test mode status indication
Allows on/off load tests at routine service checks.

Keypad
For uncomplicated programming and testing. Password protection is included.

System status indication
Shows status of utility power, genset and switch at all times.

Auxiliary controls
Auxiliary / volt free contacts for remotely monitoring system switch position, padlock and automatic or manual operation.

Two wire start signal
Uncomplicated two wire connection for automatic control.

Manual handle
Fully integrated handle for manual operation.

Solid neutral
Allows the connection of neutral cables from utility power, genset and load without having the neutral broken by the switch during transfer operations.

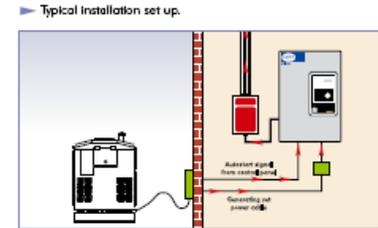
Padlockable
Switch can be padlocked in all three positions for added security and safety.

Wall mounting kit
Panel can be wall mounted for greater flexibility in positioning (Up to AT1 400).

Bottom gland plate
Removable gland plate providing increased accessibility with a sizeable area for utility power and genset cables to be connected.

Key:
○ - standard feature
○ - optional feature

Installation



Wall Mounting Panels



Ingress Protection (Optional)

This option provides protection from both the elements and unwanted intruders. The panel is situated behind a viewable perspex lockable door giving the control module water ingress protection that meets IP54 standard.



Top Cable Entry (Optional)



Standard Features

- ▶ Motorised Mechanically Held Switch Facility for manual changeover
- ▶ Status Indication
 - Utility power available
 - Utility power on load
 - Generator available / Generator on load
 - Utility power and generator off load
 - Manual mode / Automatic mode
 - Test on load / Test off load
 - Manual re-transfer enabled/required
 - Power / Error indication (LED)
- ▶ Fade
 - Symbolic icons to allow for multi languages
- ▶ Liquid Crystal Display (LCD)
 - Utility power L12, L13, L23 voltage
 - Utility power L1N, L2N, L3N voltage
 - Generator L13 voltage
 - Utility power frequency / Generator frequency
 - Number of communication (service counter)
 - Timer settings
- ▶ Standards
 - Complete enclosure meets standard IEC 60947-6-1
 - Switch meets standard AC31B
- ▶ Controls
 - Under/over frequency failure
 - Under/over frequency restoration
 - Manual/auto re-transfer
 - Mode select push button
 - Under/over volts failure
 - Under/over volts restoration
 - Delay on start timer
 - Delay on transfer
 - Delay on re-transfer
 - Decal hand timer
 - Run on timer
 - Auto/manual control keyswitch
 - Lamp test pushbutton
 - Padlock facility

Optional Features

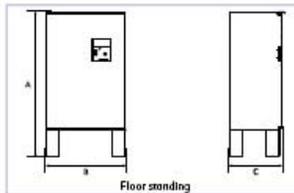
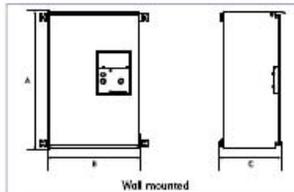
- ▶ Top Cable Entry
- ▶ Auxiliary Contacts for switch position, padlocking & auto/manual
- ▶ Lightning Protection ensuring the safety of system during lightning storms
- ▶ Water Ingress Protection IP54 protection for the control module
- ▶ VOLT Free Contacts for utility power available & generator available
- ▶ Power Metering to measure load current, kW, kVA, kVA, Power factor
- ▶ Communications Module Plug in module that uses .bus/modbus protocol to allow remote communication of the change over system

Panel Weights and Dimensions

Model	Rating	A mm (in)	B mm (in)	C mm (in)	Weight kg (lb)
ATI 63	63 Amps	600 (23.6)	400 (15.7)	248 (9.8)	21 (46.3)
ATI 100	100 Amps	600 (23.6)	400 (15.7)	248 (9.8)	21 (46.3)
ATI 125	125 Amps	600 (23.6)	400 (15.7)	248 (9.8)	21 (46.3)
ATI 250	250 Amps	900 (35.4)	600 (23.6)	323 (12.7)	39 (86.0)
ATI 400	400 Amps	900 (35.4)	600 (23.6)	323 (12.7)	44 (97.0)
ATI 630 [†]	630 Amps	1100 (43.3)	600 (23.6)	308 (12.1)	66 (145.5)
ATI 800*	800 Amps	1375 (54.1)	775 (30.5)	600 (23.6)	125 (275.6)
ATI 1000*	1000 Amps	1375 (54.1)	775 (30.5)	600 (23.6)	130 (286.6)
ATI 1250*	1250 Amps	1800 (70.8)	1005 (39.6)	775 (30.5)	230 (507.1)
ATI 1600*	1600 Amps	1800 (70.8)	1005 (39.6)	775 (30.5)	330 (727.7)

*Floor standing [†]Top castle entry metal 1350 mm (53.1 in)

From your local dealer



24 Hour power protection 365 days a year!

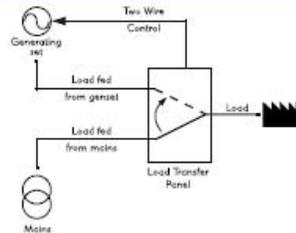
FG Wilson's range of intelligent load transfer panels gives you peace of mind. When the utility power goes off your genset comes on.

The FG Wilson ATI series load transfer panel offers a compact, electronically controlled response to power outages. With flexible, upgradeable options and a high level of functionality the ATI range provides 24 hour automatic control of standby generating sets, 365 days a year.

Why should you choose an FG Wilson ATI series load transfer panel?

- ▶ Automatic & manual operation for increased reliability
- ▶ Manual operation possible without opening the panel
- ▶ Complete enclosure meets IEC 60947-6-1 standard
- ▶ Simple network configurations
- ▶ Test operations and sequences are accessible from front panel or remotely

Illustration of Load Transfer Panel



ATI Series



Load Transfer Panel



In line with our policy of continuous product development, we reserve the right to change specification without notice.

FG Wilson has manufacturing facilities in the following locations:
Northern Ireland • Brazil • China • India • USA

With headquarters in Northern Ireland, FG Wilson operates through a Global Dealer Network. To contact your local Sales Office please visit the FG Wilson website at www.FGWilson.com



ATI0206/G2



ANEXO E

(Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. AWG y Milimétrico)

Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño nominal	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
mm ²	TIPOS TW*, TWD*, CCE, TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	AWGkcmil
	Cobre			Aluminio			
	0,8235	---	---	14	---	---	
1,307	---	---	18	---	---	---	16
2,082	20*	20*	25*	---	---	---	14
3,307	25*	25*	30*	---	---	---	12
5,26	30	35*	40*	---	---	---	10
8,367	40	50	55	---	---	---	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,03	400	475	535	320	385	435	750
405,37	410	490	555	330	395	450	800
456,04	435	520	585	355	425	480	900
506,71	455	545	615	375	445	500	1000
633,39	495	590	665	405	485	545	1250
760,07	520	625	705	435	520	585	1500
886,74	545	650	735	455	545	615	1750
1013,42	560	665	750	470	560	630	2000
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	****	0,58	0,71	****	0,58	0,71	56-60
61-70	****	0,33	0,58	****	0,33	0,58	61-70
71-80	****	****	0,41	****	****	0,41	71-80