

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 1 de 30

INDICE DE CONTENIDO

2	CONDUCTORES	3
2.1.	Conductores para redes aéreas	3
2.1.1	Generalidades	3
2.1.1.1	Redes abiertas.....	3
2.1.1.2	Redes preensambladas	4
2.1.2	Selección	7
2.1.3	Pases subterráneos.....	15
2.2.	Conductores para redes subterráneas – Nivel de tensión 1	17
2.2.1	Generalidades	17
2.2.2	Selección.....	18
2.3.	Conductores para redes aéreas – Nivel de tensión 2 y 3.	19
2.3.1	Generalidades	19
2.3.2	Selección.....	20
2.3.3	Acometidas.....	20
2.4.	Conductores para redes subterráneas – Nivel de tensión 2 y 3	24
2.4.1	Generalidades	24
2.4.2	Selección.....	26
2.4.3	Selección de conductos.....	27
2.4.4	Acometidas.....	27

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable con diversidad de carga.	5
Tabla 2.2.	Características físicas y mecánicas de los conductores.	6
Tabla 2.3.	Factor de diversidad.....	10
Tabla 2.4.	Selección del conductor. Redes de distribución aéreas Nivel 1	12
Tabla 2.5.	Selección del conductor. Redes de distribución subterráneas nivel de tensión 1 (conductores de cobre aislado).....	13
Tabla 2.6.	Valores de la constante K para el cálculo de regulación. Distribución B.T. Aérea. Conductores de Aluminio. % Reg = (kVA x m) x K	14
Tabla 2.7.	Valores de la constante K para el cálculo de regulación. Distribución B.T. Subterránea. Conductores de Cobre % Reg = (kVA x m) x K	15
Tabla 2.8.	Selección del diámetro del conducto para pases subterráneos en baja tensión.....	16
Tabla 2.9.	Selección conductores para los pases subterráneos en baja tensión.....	16

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 2 de 30

Tabla 2.10. Selección del conductor puesto a tierra	16
Tabla 2.11. Selección del diámetro de los conductos para redes subterráneas en baja tensión (P.V.C)	19
Tabla 2.12. Selección de conductores en redes aéreas de media tensión	20
Tabla 2.13. Selección de conductos para acometidas subterráneas en media tensión. (P.V.C).....	22
Tabla 2.14. Selección de conductores bajantes aéreos para pases subterráneos en media tensión.....	23
Tabla 2.15. Selección conductores para los pases subterráneos en media tensión .	23
Tabla 2.16. Selección del diámetro de los conductos para pases subterráneos en media tensión.....	24
Tabla 2.17. Características eléctricas de conductores monopolares de cobre para media tensión, con nivel de aislamiento 100%, polietileno reticulado (90°) - (1).	25
Tabla 2.18. Características físicas y mecánicas de conductores monopolares de cobre para media tensión, con nivel de aislamiento 100%, polietileno reticulado (90°) – (1).	25
Tabla 2.19. Selección de conductores en redes subterráneas de media tensión.	27
Tabla 2.20. Selección del diámetro de los conductos en redes de distribución subterránea en media tensión	27
Tabla 2.21. Selección de conductos para acometidas subterráneas en media tensión	28
Tabla 2.22. Porcentaje de la sección transversal en tubos conduit y tuberías para el llenado de conductores.	28
Tabla 2.23. Número máximo de conductores en baja tensión en tuberías eléctricas no metálicas – (según tabla 2.22).	29

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Modelo de crecimiento de carga tipo rampa.....	7
Figura 2.2. Transposición de cables para circuitos subterráneos en media tensión con longitud igual o mayor a 500 metros.....	26

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 3 de 30

2 CONDUCTORES

2.1. Conductores para redes aéreas

2.1.1 Generalidades

2.1.1.1 Redes abiertas (solo para reposición o mantenimiento de redes existentes)

Para las redes del tipo abiertas (no preensambladas) los conductores serán de aluminio, tipo AAC (All Aluminium Conductors), cableados concéntricos clase B, con 7 hilos de aluminio duro (estirado en frío), aislado en polietileno para 75 grados centígrados y desnudos, con conductividad mínima del 61% a 20 grados centígrados.

Las redes eléctricas aéreas a construir en el área de influencia de EMCALI, y donde lo permita el POT, serán en calibre 21.14 mm² (4 AWG), 53.5 mm² (1/0 AWG), y 107.21 mm² (4/0 AWG).

Las redes serán trifásicas, 4 hilos, 120/208 voltios, en términos generales, a menos que EMCALI, en los datos básicos, indique que sean monofásicas, 3 hilos, 120/240 voltios, lo cual ocurre en aquellos sitios donde las redes trifásicas en media tensión a 13.2 kV., quedan muy retiradas del sitio del proyecto.

La disposición física de los conductores en las redes será así, siguiendo el orden, de arriba hacia abajo:

Descripción Conductor	Redes Trifásicas	Redes Monofásicas
Neutro	Desnudo	Desnudo
Fase 1	Aislada	Aislada
Fase 2	Desnuda	Desnuda
Fase 3	Aislada	

Los conductores neutro para redes trifásicas se especificarán de acuerdo con los calibres de la fase, así:

Calibre fase mm² (AWG)	Calibre neutro mm² (AWG)
21.14 (4)	21.14 (4)
33.62 (2)	21.14 (4)
53.5 (1/0)	21.14 (4)
67.44 (2/0)	53.5 (1/0)
85.02 (3/0)	53.5 (1/0)
107.21 (4/0)	53.5 (1/0)

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 4 de 30

Como cada luminaria debe tener una fotocelda incorporada el circuito secundario de distribución no tendrá hilo de control para el alumbrado público. Las redes podrán ser, en el caso de avenidas, independientes para alumbrado público, en cuyo caso los conductores aceptados serán : 21.14 mm² (4 AWG) y 53.50 mm² (1/0 AWG) para EMCALI y 21.14 mm² (4 AWG), 33.62 mm² (2 AWG), y 53.50 mm² (1/0 AWG) para particulares, deberá ser preensamblada y su disposición física será :

- Línea AP aislada
- Línea AP desnuda (de igual calibre).

Las uniones entre conductores, para puentes y cruces, se realizarán mediante conectores bimetalicos de compresión (uno por puente y dos por cruce por cada conductor).

En cada conjunto terminal cada conductor se rematará mediante un conector bimetalico de compresión.

2.1.1.2 Redes preensambladas

Las redes del nivel de tensión 1 a construir deben ser preensambladas, y podrán ser aéreas donde el POT lo permita.

En redes preensambladas los conductores deben ser dúplex, triplex o cuádruplex de aluminio, tipo AAC (All Aluminium Conductors), cableados concéntricos clase B, con 7 hilos de aluminio duro (estirado en frío), aislado para las fases en polietileno reticulado para 90° C y desnudo o aislado para el neutro en ACSR (Aluminium Cable Steel Reinforced) el cual sirve como portante o mensajero, compuesto por seis alambres de aluminio y uno de acero, con conductividad mínima del 61% a 20°C.

Los calibres para las redes de distribución en baja tensión de EMCALI deben ser 21.14 mm² (4 AWG), 53.50 mm² (1/0 AWG), y 107.21 mm² (4/0 AWG).

Los calibres para las redes de distribución en media tensión deben ser: 2 AWG, 53.50 mm² (1/0 AWG), o 135.2 mm² (266.8 kCM).

Los conductores para el nivel de tensión 2 y 3 deben ser de aluminio cableado concéntrico clase AA, reforzado con núcleo de acero recubierto, ACSR (Aluminium Cable Steel Reinforced) compuestos por 6 alambres de aluminio y 1 de acero, hasta el calibre 107.21 mm² (4/0 AWG) y por 18 alambres de aluminio y 1 de acero para el calibre 135.2 mm² (266.8 kCM).

Los alambres de aluminio tendrán una conductividad mínima del 61% a 20° C.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 5 de 30

Las principales características eléctricas de los conductores debe consultarlas en la norma NTC 2050 y las principales características físicas y mecánicas figuran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.1. *.Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable con diversidad de carga.*

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje del valor de las tablas ajustados según la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
De 41 en adelante	35

Ver excepciones NTC 2050 artículo 310-15

Debe aplicar la tabla 2-1 para conductores que van por bandeja y no estén separados según normas.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 6 de 30

Tabla 2.2. Características físicas y mecánicas de los conductores.

Material	Sección (mm ²)	Calib. Cond. AWG	Nombre	Diámetro (mm)		Peso (Kg/Km)		Carga de rotura (Kg)	Módulo de Elastic. Final (Kg/mm ²)	Coef. de Dilatac. lineal (1/°C)
				Desnudo	Aislado	Desnudo	Aislado			
Aluminio	21.14	4		5.89	7.48	58	79	374	6200	23 x 10 ⁻⁶
	33.62	2		7.42	9.82	72	131	574		
	53.50	1/0		9.35	12.56	147	208	846		
	67.44	2/0		10.52	13.70	184	253	1066		
	85.02	3/0		11.79	14.99	234	313	1291		
	107.21	4/0		13.26	16.46	295	386	1628		
Cobre	8.36	8		3.70	6.90		117			
	13.29	6		4.66	7.86		169			
	21.14	4		5.88	9.08		252			
	33.62	2		7.42	10.62		382			
	53.50	1/0		9.46	13.46		609			
	107.21	4/0		13.40	17.40		1150			
ACSR	33.62	2	Sparrow	8.01		135.6		1265	8000	19.1 x 10 ⁻⁶
	53.50	1/0	Raven	10.11		215.9		1940	8000	19.1 x 10 ⁻⁶
	67.44	2/0	Quail	11.34		272.1		2425	8000	19.1 x 10 ⁻⁶
	107.21	4/0	Penguin	14.31		432.5		3820	8000	19.1 x 10 ⁻⁶
	135.20	266.8	Waxwing	15.47		429.8		3210	8000	19.1 x 10 ⁻⁶
	201.40	397.5	Chickadee	20.44		923.3		9060	8000	17.8 x 10 ⁻⁶
	201.40	397.5	Ibis	19.88		811.7		7340	8000	18.9 x 10 ⁻⁶
	241.70	477	Pelican	20.68		770.9		5579	7000	21.2 x 10 ⁻⁶

Notas: 1.- Estos datos son aproximados.

La resistencia de un conductor es medida por el fabricante a 20 °C bajo normas técnicas. Si se considera que un conductor sobrecargado puede calentarse y sobrepasar su temperatura de trabajo se debe corregir su resistencia según la siguiente expresión:

$$R_{t2} = R_{t1} [1 + \alpha_{t1} (t_2 - t_1)]$$

Donde:

- α_{t1} : 0.00429/°C. Coeficiente de temperatura para conductividad del 65% (Al)
- α_{t1} : 0.00378/ °C Para cobre duro (Cu D).
- R_{t2} : Resistencia del conductor recalentado debido a la sobrecarga eléctrica.
- R_{t1} : Resistencia nominal del conductor medida a 20°C

Las redes se apoyarán sobre postes de concreto, mediante perchas galvanizadas, colocando retenidas en aquellos sitios donde las condiciones mecánicas así lo requieran. (Ver capítulo 3, estructuras de soporte).

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 7 de 30

Las redes deben ser trifásicas, 4 hilos, 120/208 voltios, en términos generales, a menos que EMCALI, en los datos básicos, indique que sean monofásicas, 3 hilos, 120/240 voltios. En las unidades cerradas el alumbrado público debe alimentarse desde un circuito independiente para efectos de su medición.

Los conductores de neutro se especifican con base en los calibres de los conductores de las fases, así:

Calibre fase mm ² (AWG)	Calibre neutro mm ² (AWG)
21.14 (4)	21.14 (4)
53.50 (1/0)	21.14 (4)
107.21 (4/0)	53.50 (1/0)

Las redes para alumbrado público, en el caso de avenidas, pueden ser independientes, en cuyo caso los conductores aceptados son 21.14 mm² (4 AWG) y 53.50 mm² (1/0 AWG).

Para redes preensambladas las uniones entre conductores, para puentes y cruces, se realizarán mediante conectores de perforación aislados. En cada conjunto terminal cada conductor se rematará mediante un conector de perforación aislado.

2.1.2 Selección

Para seleccionar el calibre de los conductores en las redes de distribución aéreas, se seguirá el siguiente procedimiento:

2.1.2.1 Redes de distribución.

2.1.2.2 Topología.

Seleccione una topología para cada circuito correspondiente a un transformador, localizándolo en el centro de carga.

2.1.2.3 Cálculo de las cargas.

Se debe tener en cuenta el crecimiento de la carga, por lo tanto una vez definida la carga por unidad de consumo (usuario residencial, comercial, industrial, oficial), se debe incrementar dicha carga instalada de acuerdo al modelo de carga tipo rampa. Este modelo considera que la carga en un alimentador parte de un valor inicial y llega a su máximo en n años y de ahí en adelante se mantiene constante hasta el año final del periodo de análisis.

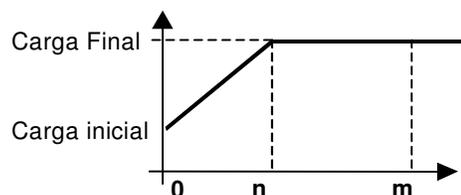


Figura 2.1. Modelo de crecimiento de carga tipo rampa

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 8 de 30

$$KVA_n = kVA_0 * (1 + r)^{2n}$$

Donde:

- **KVA_n** : Carga al final del período (ver tabla 2.3 A)
- **kVA_0** : Carga inicial (ver tabla 2.3 A)
- **r** : Tasa de crecimiento anual de la demanda = 1%
- **n** : Período = 10 años

Calcule la demanda máxima por tramo o transformador así (ver ejemplo en el anexo 2.1):

$$D_{MAX} = (kVA_n * \#Usuarios) / \text{Factor diversidad} + KVA_L * \#LOCALES + CE + C_{AP}$$

Donde:

- **D_{MAX}** : Demanda máxima.
- **KVA_n** : Carga instalada por usuario (VER TABLA 2.3 A). Cuando se trata de viviendas con más de 300 m² la carga se debe calcular como se indica en el capítulo 2 de la NTC 2050 y en ningún caso podrá ser inferior a 18.3 kVA.
- **KVA_L** : Carga demandada por local (ver capítulo 2 – NTC 2050)
- **CE** : Cargas especiales (ver NTC 2050).
- **C_{AP}** : Carga de alumbrado público.
- Las cargas de servicios comunes de predios (urbanizaciones, condominios, edificios, etc.) y las cargas de motores se consideran cargas especiales y se tomarán al 100%. La carga de las bombas de achique, bombas de presión constante, bombas contra incendio, iluminación de emergencia y todas aquellas consideradas en el capítulo 7 del anexo general del RETIE y capítulo 7 de la norma NTC 2050 o todas aquellas que la sustituyan o modifiquen, no serán excluyentes, esto es, cada una de ellas se consideran simultáneamente para el cálculo de la carga, tanto para seleccionar el conductor como para seleccionar la planta de emergencia, para la carga de los motores de los ascensores se les debe aplicar el factor demanda de la tabla 620-14 de la NTC 2050.

2.1.2.4 Selección del Conductor.

De acuerdo con el tipo de sistema de su diseño, trifásico o bifásico, rural o urbano, seleccione el conductor para cada tramo, de conformidad con las tablas Tabla 2.4 o Tabla 2.5, según sea el caso.

Una vez seleccionado el conductor para cada tramo, se seguirá el siguiente criterio para determinar si es posible dejar tramos consecutivos, desde el nodo del transformador, hacia los nodos terminales, con distintos conductores:

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 9 de 30

Cambie de calibre, si, al menos, hay **M** tramos después de un posible doble terminal secundario en un poste (para cambio de conductor), así:

<u>Cambio propuesto</u>	<u>M</u>
- 107.21 mm ² (4/0 AWG) a calibre menor o igual a 53.50 mm ² (1/0 AWG)	2
- 53.50 mm ² (1/0 AWG) a calibre 21.14 mm ² (4 AWG)	3

2.1.2.5 Confirmación del Conductor.

Una vez elaborado el proceso del numeral 2.1.2.4, se debe confirmar la selección del conductor, verificando la regulación.

La regulación se debe calcular en cada nodo terminal del circuito secundario de cada transformador, de la siguiente manera:

$$\%Reg = \sum_{(i=1,n)} D_{MAX} * L_i * K_i$$

Donde:

- **%Reg** : Porcentaje de regulación
- **D_{MAX}** : Demanda máxima
- **K_i** : Constante que depende del tipo de sistema, del factor de potencia de la carga, y del conductor, en 1/(kVAxm).
- **L_i** : Longitud del tramo i en metros.
- **I** : Número indicativo de la secuencia de tramos hasta un terminal secundario.
- **n** : Número de tramos hasta un terminal secundario.

Una vez calculada la regulación debe verificarse que cumpla con los siguientes criterios:

- **%Reg ≤ 3.5%** para redes trifásicas o bifásicas urbanas.
- **%Reg ≤ 3.0%** Para urbanizaciones con posibilidad de expansión (2do o 3er piso)
- **%Reg ≤ 4%** para redes rurales.

Si se cumple con este requisito, el conductor seleccionado es el apropiado.

Cumpliendo con el criterio económico, capacidad térmica y regulación, el conductor seleccionado estará correcto. Si alguna o ambas de estas condiciones no se cumplen, debe realizarse un aumento de calibre, si esto fuere posible, y volver de nuevo a verificar las condiciones. Si no fuere posible aumentar calibre, debe rediseñarse de nuevo el circuito.

Lo relacionado con redes independientes de alumbrado público, se explica en detalle en el capítulo 8 de esta norma.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 10 de 30

Tabla 2.3. Factor de diversidad

# usuarios	Factor diversidad
1	1,00
2	1,19
3	1,37
4	1,54
5	1,71
6	1,86
7	2,00
8	2,14
9	2,27
10	2,39
11	2,51
12	2,62
13	2,73
14	2,83
15	2,93
16	3,02
17	3,11
18	3,20
19	3,28
20	3,36
21	3,44
22	3,51
23	3,58
24	3,65
25	3,72
26	3,78
27	3,84
28	3,90
29	3,96
30	4,02
31	4,07
32	4,12
33	4,17
34	4,22
35	4,26
36	4,31
37	4,35

# usuarios	Factor diversidad
38	4,40
39	4,44
40	4,48
41	4,52
42	4,56
43	4,59
44	4,63
45	4,66
46	4,70
47	4,73
48	4,77
49	4,80
50	4,83
51	4,86
52	4,89
53	4,92
54	4,93
55	4,94
56	4,99
57	5,03
58	5,06
59	5,08
60	5,11
61	5,13
62	5,15
63	5,17
64	5,20
65	5,22
66	5,24
67	5,26
68	5,28
69	5,30
70	5,32
71	5,34
72	5,36
73	5,38
74	5,40

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 11 de 30

Tabla 2.3 Factor diversidad (continuación)

# usuarios	Factor diversidad
75	5,42
76	5,44
77	5,45
78	5,47
79	5,48
80	5,50
81	5,52
82	5,54
83	5,55
84	5,57
85	5,58
86	5,60
87	5,61
88	5,63
89	5,64
90	5,65
91	5,66
92	5,68
93	5,69
94	5,71
95	5,72
96	5,73
97	5,74
98	5,76
99	5,77
100	5,78
101	5,79
102	5,80
103	5,81
104	5,82
105	5,83
106	5,85
107	5,86
108	5,87
109	5,88
110	5,89
111	5,90
112	5,90

# usuarios	Factor diversidad
113	5,92
114	5,93
115	5,94
116	5,95
117	5,95
118	5,96
119	5,97
120	5,98
121	5,99
122	6,00
123	6,01
124	6,02
125	6,02
126	6,03
127	6,04
128	6,05
129	6,06
130	6,07
131	6,07
132	6,08
133	6,09
134	6,10
135	6,10
136	6,11
137	6,12
138	6,13
139	6,13
140	6,14
141	6,14
142	6,15
143	6,16
144	6,17
145	6,17
146	6,18
147	6,18
148	6,19
149	6,20
150	6,2

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 12 de 30

AREAS (M ²)		KVA	
Mínima	Máxima	Inicial (kVAo)	Final (kVAn)
0	65	5	6.1
65.1	85	5.5	6.7
85.1	105	8.5	10.4
105.1	125	10	12.2
125.1	200	12	14.6
200.1	300	15	18.3

Tabla 2.4. Selección del conductor. Redes de distribución aéreas del Nivel de tensión 1

Transf. (Kva)	No. ramales	KVA/ramal		Calibre conductor para cada ramal mm ² (AWG)		No. vanos	Longitud de cada vano (m)
		Mín	Máx				
Sistema bifásico urbano							
*15	*	5.96	8.66	21.14 (4)	21.14 (4)	*	*
*25	*	8.66	14.62	21.14 (4)	53.50 (1/0)	*	*
37.5	2	14.62	22.2	53.50 (1/0)	53.50 (1/0)	4	34
50	2	22.2	29.78	53.50 (1/0)	107.21 (4/0)	4	34
75	2	29.78	35.73	107.21 (4/0)	107.21 (4/0)	4	34
Sistema trifásico urbano							
45	2	17.87	26.53	21.14 (4)	53.50 (1/0)	5	36
75	2	26.53	44.94	53.50 (1/0)	107.21 (4/0)	5	36
112.5	2	44.94	67.14	107.21 (4/0)	107.21 (4/0)	5	36
150	3	44.76	59.92	107.21 (4/0)	107.21 (4/0)	5	35
Sistema bifásico rural							
25	3	5.78	9.75	21.14 (4)	21.14 (4)	4	67
37.5	3	9.75	14.8	21.14 (4)	53.50 (1/0)	4	33
50	3	14.8	19.85	53.50 (1/0)	53.50 (1/0)	4	33
75	3	19.85	29.96	53.50 (1/0)	107.21 (4/0)	4	33
Sistema trifásico rural							
45	2	17.87	26.53	21.14 (4)	53.50 (1/0)	7	37
75	2	26.53	44.94	53.50 (1/0)	107.21 (4/0)	7	37
112.5	2	44.94	67.14	107.21 (4/0)	107.21 (4/0)	9	35

- Solo para circuitos de alumbrado público, ver topología

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 13 de 30

Tabla 2.5. Selección del conductor. Redes de distribución subterráneas nivel de tensión 1 (conductores de cobre aislado)

Transf. (Kva)	No. ramales	KVA/ramal		Calibre conductor para cada ramal mm ² (AWG)		No. tramos	Longitud de cada tramo (m)
		Mín	Máx				
Sistema bifásico urbano							
*15	*	5.96	7.20	21.14 (4)	21.14 (4)	*	*
*25	*	7.20	12.24	21.14 (4)	53.50 (1/0)	*	*
37.5	2	12.24	18.36	53.50 (1/0)	53.50 (1/0)	4	30
50	2	18.36	24.20	53.50 (1/0)	107.21 (4/0)	4	30
75	2	24.20	29.15	107.21 (4/0)	107.21 (4/0)	4	30
Sistema trifásico urbano							
45	2	17.87	22.14	21.14 (4)	53.50 (1/0)	5	30
75	2	22.14	36.52	53.50 (1/0)	107.21 (4/0)	5	30
112.5	2	36.52	54.78	107.21 (4/0)	107.21 (4/0)	5	30
150	3	44.76	48.97	107.21 (4/0)	107.21 (4/0)	5	30
Sistema bifásico rural							
25	3	5.78	8.20	21.14 (4)	21.14 (4)	4	67
37.5	3	8.20	12.24	21.14 (4)	53.50 (1/0)	4	30
50	3	12.24	15.48	53.50 (1/0)	53.50 (1/0)	4	30
75	3	15.48	24.75	53.50 (1/0)	107.21 (4/0)	4	30
Sistema trifásico rural							
45	2	17.87	22.14	21.14 (4)	53.50 (1/0)	7	30
75	2	22.14	36.52	53.50 (1/0)	107.21 (4/0)	7	30
112.5	2	36.52	54.78	107.21 (4/0)	107.21 (4/0)	9	30

* Solo para circuitos de alumbrado público, ver topología

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 14 de 30

Tabla 2.6. Valores de la constante K para el cálculo de regulación. Distribución B.T. Aérea.
Conductores de Aluminio. $\% Reg = (kVA \times m) \times K$

Calibre mm ² (AWG)	Cosφ	Valor de $K (x10^{-3}) (1/(kVA \times m))$				
		TIPO SISTEMA				
		3F -4h- 120/208V 3 F -3h-208V	2F - 3h- 120/240V 2F-2h-240V	3F-2h-208V	3F-3h- 120/208V	1F -2h-120V 3F-2h-120V
21.14 (4)	0.85	3.6904	5.5355	7.3807	8.3033	22.1421
	0.90	3.8118	5.7176	7.6235	8.5765	22.8705
	0.95	3.9071	5.8607	7.8142	8.7910	23.4427
33.62 (2)	0.85	2.4536	3.6804	4.9072	5.5206	14.7217
	0.90	2.5070	3.7605	5.0140	5.6407	15.0419
	0.95	2.5359	3.8038	5.0718	5.7058	15.2154
53.50 (1/0)	0.85	1.6678	2.5017	3.3356	3.7526	10.0069
	0.90	1.6799	2.5199	3.3598	3.7798	10.0794
	0.95	1.6688	2.5032	3.3377	3.7549	10.0130
67.44 (2/0)	0.85	1.3895	2.0842	2.7790	3.1264	8.3370
	0.90	1.3876	2.0814	2.7752	3.1222	8.3257
	0.95	1.3632	2.0448	2.7263	3.0671	8.1790
85.02 (3/0)	0.85	1.1661	1.7492	2.3522	2.6237	6.9967
	0.90	1.1536	1.7304	2.3072	2.5956	6.9216
	0.95	1.1191	1.6786	2.2381	2.5179	6.7144
107.21 (4/0)	0.85	0.9865	1.4797	1.9729	2.2195	5.9187
	0.90	0.9660	1.4490	1.9321	2.1736	5.7962
	0.95	0.9245	1.3867	1.8489	2.0800	5.5468

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 15 de 30

Tabla 2.7. Valores de la constante K para el cálculo de regulación. Distribución B.T. Subterránea. Conductores de Cobre % Reg = (kVA x m) x K

Calibre Mm ² (AWG o KCM)	cosφ	Valor de K (x10 ³) (1/(kVA x m))				
		TIPO DE SISTEMA				
		3F 4h- 120/208V 3F- 3h 208V	2F-3h 120/240V 2F - 2h 240V	3F-2h 208V	3F-3h 120/208V	1F- 2h 120V 3F- 2h 23V
8.36 (8)	0.85	5.1475	7.7212	10.2949	11.5818	30.8847
	0.90	5.4231	8.1346	10.8461	12.2019	32.5383
	0.95	5.6912	8.5368	11.3823	12.8051	34.1470
13.29 (6)	0.85	3.2824	4.9236	6.5649	7.3855	19.6946
	0.90	3.4483	5.1724	6.8965	7.7586	20.6896
	0.95	3.6066	5.4100	7.2123	8.1149	21.6398
21.14 (4)	0.85	2.1073	3.1609	4.2145	4.7413	12.6435
	0.90	2.2045	3.3061	4.4081	4.9591	13.2243
	0.95	2.2932	3.4399	4.5865	5.1598	13.7594
33.62 (2)	0.85	1.3816	2.0724	2.7632	3.1086	8.2895
	0.90	1.4357	2.1535	2.8713	3.2302	8.6140
	0.95	1.4823	2.2234	2.9645	3.3351	8.8936
53.50 (1/0)	0.85	0.9206	1.3809	1.8412	2.0713	5.5235
	0.90	0.9475	1.4212	1.8949	2.1318	5.6648
	0.95	0.9670	1.4506	1.9341	2.1758	5.8022
107.21 (4/0)	0.85	0.5299	0.7949	1.0598	1.1923	3.1794
	0.90	0.5338	0.8007	1.0676	1.2010	3.2027
	0.95	0.5303	0.7955	1.0607	1.1933	3.1820

2.1.3 Pases subterráneos.

Las redes de distribución aéreas en baja tensión, requieren en algunos casos especiales, transiciones aérea-subterránea-aérea, ocasionadas por:

- Cruce de vías principales.
- Cambio de dirección de un circuito en sitios de difícil instalación de retenidas.
- Obstáculos existentes sobre el eje de su alineamiento.
- Otros a juicio de EMCALI.

Los tramos aéreo-subterráneo, y viceversa, se realizarán mediante cables de cobre aislado en polietileno para 75°C (THW) a través de conductos metálicos galvanizados, que se seleccionan según Tabla 2.20 con sus correspondientes capachos metálicos galvanizados, fijados al poste de concreto mediante cintas y hebillas de acero inoxidable. Los conductos metálicos deben llegar, como mínimo, a una cámara de baja tensión (BT) al pie de cada poste. Posteriormente los conductores, en el tramo subterráneo, se llevarán en un conducto P.V.C, que se

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 16 de 30

selecciona de acuerdo con los criterios indicados en la Tabla 2.8, hasta el poste donde la red continuará siendo aérea.

Los conductores en la transición deben ser de cobre aislado en polietileno para 75°C - Tipo THW cuyo calibre se seleccionará de acuerdo con el conductor fase de la red aérea como se indica en la Tabla 2.9.

Las uniones de los conductores del pase subterráneo a la red aérea se realizarán mediante conectores de perforación aislados bimetálicos adecuados a su calibre.

Tabla 2.8. Selección del diámetro del conducto para pases subterráneos en baja tensión

Tipo de red (Cobre - THW) - mm ² (AWG)			Diámetro conducto (*) mm (pulgadas)
Monofásica	Trifásica	Alumbrado Público	
-	-	21.14 (4) – 33.62 (2)	25.4 (1)
21.14 (4) – 33.62 (2)	21.14 (4)	53.50 (1/0)	31.8 (1 1/4)
-	33.62 (2)	-	38.1 (1 1/2)
53.50 (1/0) - 85.02 (3/0)	53.50 (1/0)	-	50.8 (2)
107.21 (4/0)	67.44 (2/0)–107.21 (4/0)	-	63.5 (2 1/2)

(*) El conducto correspondiente al bajante (a la vista) debe ser conduit metálico galvanizado y el correspondiente al tramo subterráneo (entre cámaras) debe ser conduit P.V.C.

Tabla 2.9. Selección conductores para los pases subterráneos en baja tensión.

Calibre conductor fase de la red aérea (AAC) mm ² (AWG)	Calibres conductores pase subterráneo (Cu) mm ² – (AWG)		
	Fase	Neutro(AWG)	
		Sistema 3F	Sistema 2F
21.14 (4) - 53.50 (1/0)	21.14 (4)	21.14 (4)	21.14 (4)
107.21 (4/0)	53.50 (1/0)	21.14 (4)	53.50 (1/0)

Tabla 2.10. Selección del conductor puesto a tierra

Conductor de fase de la Instalación mm ² (AWG o kCM - Cu)	Conductor de cobre de Puesta a tierra mm ² (AWG - Cu)
8.36 (8) a 33.62 (2)	8.36 (8)
53.50 (1/0)	13.29 (6)
67.44 (2/0) o 85.02 (3/0)	21.14 (4)
>85.02 (3/0) a 177.34 (350)	336.2 (2)
> 177.34 (350) a 253.35 (600)	53.50 (1/0)
> 253.35 (600) a 506.7 (1100)	67.44 (2/0)

Nota:

Para conductores en paralelo por fase se debe encontrarse el conductor por fase equivalente en área y utilizar la tabla anterior.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 17 de 30

2.2. Conductores para redes subterráneas – Nivel de tensión 1

2.2.1 Generalidades

Los conductores deben ser de cable de cobre suave recocido, cableado concéntrico clase B y aislado para 60 o 75 °C – ver sección 110-14c de la NTC 2050, conductividad del 100% a 20 °C.

Las redes de distribución de EMCALI deben ser en cables de calibre: 21.14 mm² (4AWG), 53.50 mm² (1/0AWG) y 107.21 mm² (4/0 AWG) para distribución y 8.36 mm² (8 AWG), 13.29 mm² (6 AWG), 21.14 mm² (4AWG), 33.62 mm² (2 AWG) y 53.50 mm² (1/0 AWG) para alumbrado público.

Las principales características físicas y mecánicas de los conductores de cobre figuran en la Tabla 2.2.

Las líneas (fases y neutro) deben ser identificadas en cada cámara con una marquilla – fondo azul - de acrílico de 50 x 25 mm x 1/8”, en donde debe colocarse el código de la línea (A, B, C, N - el conductor aislado puesto a tierra (normalmente el neutro) con sección transversal 13.29 mm² (6AWG) o menor se debe identificar por medio de un forro exterior continuo blanco – ver tabla 13 del RETIE), y el número del nodo del transformador al cual esta conectada, cuando por una misma cámara pasen varios circuitos éstos deben ser identificados con el número de cada uno de ellos. El texto de color blanco, en bajo relieve, tendrá una altura mínimo de 7 mm. Cuando dicho circuito alimente un solo cliente, la marquilla deberá identificar además el número del predio al cual alimenta.

Las redes se tenderán a través de tubería cilíndrica de P.V.C (cloruro de polivinilo) y a través de cámaras subterráneas, de acuerdo con los criterios de canalización que se establecen en la presente norma. Las redes deben ser trifásicas, 120/208 voltios, con dos conductores independientes para alumbrado público, que irán por tubería también independiente.

Los conductores neutro para los sistemas trifásicos se especificarán de acuerdo con los calibres de las fases así:

Calibre fase mm ² (AWG)	Calibre neutro mm ² (AWG)
21.14 (4)	21.14 (4)
33.62 (2)	21.14 (4)
53.50 (1/0)	21.14 (4)
107.21 (4/0)	53.50 (1/0)

Las uniones entre conductores se realizarán mediante conectores de cobre tipo tornillo.

Los conductores aislados deben indicar su designación, sección nominal en mm² y AWG además del nombre del fabricante. Esta marca estará indicada en la cubierta exterior del conductor en forma continua y se realizará por impresión o por marca en alto o bajo relieve.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 18 de 30

Las marcas deben ser asimismo reconocibles y la indicación de la marca de origen será considerada como continua si la distancia entre el fin de una indicación y el inicio de la siguiente no sea mayor de 1 m.

2.2.2 Selección.

Para seleccionar el calibre de los conductores en las redes de distribución subterránea se seguirá el siguiente procedimiento:

2.2.2.1 Ubicación de cámaras y acometidas.

Para redes de EMCALI, las cámaras subterráneas se ubicarán a un lado de las vías vehiculares de acuerdo con las consideraciones del Plan de Ordenamiento Territorial – POT o aquellas reglamentaciones que la sustituyan o modifiquen, sobre el espacio entre la línea de cordón o extremo de la sección transversal de las calzadas y la línea divisoria entre el antejardín y el andén. Si no existe antejardín el espacio será entre la línea de cordón y la línea de paramento. El eje de las cámaras, en el sentido longitudinal de la canalización o de las redes se ubicará de acuerdo con lo reglamentado por el POT.

Para las canalizaciones que crucen vías vehiculares deberán ubicarse cámaras en ambos extremos del cruce de la vía, las cuales deben ubicarse en dirección perpendicular al eje de la vía.

La localización de las cámaras se determina con base en la interdistancia máxima entre luminarias, recomendada para cumplir con los requisitos lumínicos exigidos.

Si solamente existen redes de alumbrado público independiente, las cámaras deben ser de alumbrado público, y si solamente existen redes de baja tensión o de baja tensión y alumbrado público, las cámaras deben ser de baja tensión BT. No se admitirán distancias superiores a 45 metros entre cámaras de alumbrado público, o de 40 metros entre cámaras de baja tensión (ver artículo 38 del RETIE).

Una vez ubicadas las cámaras subterráneas se indicarán, sobre cada cámara, las acometidas que se alimentarán desde la misma, teniendo en cuenta distancias equitativas entre los predios y las cámaras.

2.2.2.2 Diseño de Redes de distribución. Topología.

Debe seleccionarse la topología para cada circuito correspondiente a un transformador, localizando éste en el centro de carga y siguiendo los criterios generales que se suministran en la presente norma, ver numeral 2.1.2.

En aquellas vías donde las viviendas no disponen de antejardín y el ancho del andén sea menor o igual a un (1) metro las redes de distribución deben construirse subterráneas.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 19 de 30

2.2.2.3 Protección de los circuitos en baja tensión.

Cada circuito en baja tensión debe ser protegido por un interruptor termo magnético localizado en un tablero de baja tensión, que en el caso de instalación en bóveda, debe ser tipo sumergible, y en el caso de subestación tipo pedestal debe ser construido a prueba de intemperie y puede estar localizado en el mismo gabinete de la subestación en celda o compartimiento independiente. En ningún caso este interruptor debe obstruir la válvula de drenaje del aceite para las subestaciones tipo pedestal.

2.2.2.4 Selección de conductos.

El diámetro de los conductos para las redes se seleccionará de acuerdo con la Tabla 2.11.

Tabla 2.11. Selección del diámetro de los conductos para redes subterráneas en baja tensión (P.V.C)

Tipo de red - cobre mm ² (AWG) -THW			Diámetro mm (pulgadas)
Monofásica	Trifásica	Alumbrado Público	
-	-	8.36 (8) – 13.29 (6) – 21.14 (4) – 33.62 (2)	25.4 (1")
21.14 (4) – 33.62 (2)	21.14 (4)	53.50 (1/0)	31.8 (1¼")
-	33.62 (2)	-	38.1 (1½")
53.50 (1/0) – 85.02 (3/0)	53.50 (1/0)	-	50.8 (2")
107.21 (4/0)	67.44 (2/0) - 107.21 (4/0)	-	63.5 (2½")

2.3. Conductores para redes aéreas – Nivel de tensión 2 y 3.

2.3.1 Generalidades

Las principales características físicas y mecánicas de los conductores ACSR figuran en la Tabla 2.2 .

Las redes se apoyarán sobre postes de concreto, mediante crucetas y herrajes, colocando retenidas en aquellos sitios donde las condiciones mecánicas así lo requieran (ver capítulo de estructuras).

Las redes deben ser trifásicas sin neutro y podrán tener las siguientes configuraciones:

- Nivel 13.2 kV: Horizontal y en H
- Nivel 34.5 kV: Horizontal, triangular y en H

Las conexiones entre conductores se realizarán así:

- Remates en terminales: 1 conector bimetálico de compresión por conductor.
- Puentes: 2 conectores bimetálicos tipo tornillo por conductor.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 20 de 30

- Cruces: 1 conector bimetálico de compresión por cada conductor del circuito superior y dos conectores bimetálicos tipo tornillo por cada conductor del circuito inferior.

2.3.2 Selección.

Antes de seleccionar el calibre de los conductores en las redes de distribución en media tensión se deberán considerar los criterios sobre ubicación de postera de la presente norma, teniendo en cuenta que las íter distancias máximas deberán ser el doble de los valores estipulados para baja tensión.

En la Tabla 2.12 se muestran los criterios que se deben tener en cuenta para la selección de los conductores en las redes aéreas de distribución en media tensión. En ellos se ha considerado el criterio de planeamiento que recomienda diseñar un circuito para atender carga eléctrica en suplencia de otro circuito, además de las consideraciones económicas y de pérdidas técnicas de energía.

Tabla 2.12. Selección de conductores en redes aéreas de media tensión

Tensión de la red	Calibre ACSR mm ² AWG/KCM)	Carga inicial de diseño		Carga máxima normal		Carga máxima en suplencia	
		(A)	(MVA)	(A)	(MVA)	(A)	(MVA)
13.2 kV	33.62 (2)*	40	0.92	67	1.53	185	4.23
	53.50 (1/0)*	67	1.53	92	2.10	248	5.67
	135.2 (266.8)**	92	2.10	339	7.75	440	10.06
34.5 kV	33.62 (2)*	37	2.21	61	3.65	185	11.06
	53.50 (1/0)*	61	3.65	84	5.02	248	14.82
	135.2 (266.8)**	93	5.02	339	20.23	440	26.29

(*) Siempre y cuando la corriente de cortocircuito sea igual o inferior a 6 kA.

(**) Siempre y cuando la corriente de cortocircuito sea igual o inferior a 12 kA.

2.3.3 Acometidas.

2.3.3.1 Generalidades.

Las acometidas, desde redes aéreas en media tensión, podrán ser aéreas, en conductor de aluminio cableado concéntrico reforzado con núcleo de acero recubierto ACSR (Aluminium Cable Steel Reinforced) o subterráneas, en conductor monopolar de cobre aislado 100% en polietileno reticulado (90 °C) para 15 kV, en el caso de acometidas a 13.2 kV, y para 35 kV, en el caso de acometidas a 34.5 kV.

Todo predio que posea más de un transformador particular deberá instalar todos los transformadores dentro del predio y alimentarlos desde una acometida (o más a criterio de EMCALI) en media tensión.

Si un predio requiere más de una acometida en media tensión cada una de ellas debe llegar a un mismo sitio del edificio y por medio de un equipo de maniobra seleccionar la alimentación alterna o normal, sin permitir que accidentalmente se

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 21 de 30

interconecten ambos circuitos primarios, el equipo de maniobra debe tener por lo tanto enclavamiento mecánico.

2.3.3.2 Acometidas aéreas.

Las acometidas aéreas, que se construirán de acuerdo con las normas de apoyos, conjuntos y retenidas en media tensión deben ser trifásicas, con excepción de los siguientes casos, en los cuales se permitirá acometida monofásica:

- Servicios industriales, cuya acometida no posea una capacidad instalada en transformadores superior a 167.5 kVA a 13.2 kV y 333 kVA a 34.5 kV.
- Servicios no industriales, cuya acometida no posea una capacidad instalada en transformadores superior a 75 kVA.

Toda acometida aérea en media tensión deberá poseer, en el punto de conexión a la red en media tensión, una protección de sobre corriente consistente en un juego de cortacircuitos con fusibles, los cuales se instalarán en el poste de arranque. Este poste, en consecuencia, deberá tener un solo tipo de conjunto básico existente, para poder realizar el arranque desde un conjunto terminal que se localizará en un segundo nivel. Sobre este conjunto deberán localizarse los cortacircuitos. Los cortacircuitos deberán conectarse a la red mediante entice y cable de ACSR luego éste se conectará al equipo con conectores bimetálicos de compresión (2 por conductor) y utilizando los siguientes conductores de cobre duro desnudo de acuerdo con el calibre del conductor aéreo ACSR, así:

Calibre conductor Acometida ACSR mm ² (AWG / KCM)	Bajantes Cu-DD Mm ² (AWG)
33.62 (2)	21.14 (4)
53.50 (1/0) a 107.21 (4/0)	33.62 (2)
135.2 (266.8) a 241.7 (477)	107.21 (4/0)

2.3.3.3 Acometidas subterráneas.

Las acometidas subterráneas, que se construirán de acuerdo con las Normas de cámaras y canalizaciones, deben ser trifásicas y se podrán construir en cualquier sector.

Toda acometida subterránea en media tensión deberá poseer, en el punto de conexión a la red en media tensión aérea, una protección de sobre corriente, consistente en un juego de cortacircuitos con fusibles y una protección de sobre tensión, consistente en un dispositivo descargador de sobre tensión, que se instala en el poste de arranque. Este poste, en consecuencia, debe tener un solo tipo de conjunto básico existente, para poder realizar el arranque desde un conjunto terminal que se localizará en un segundo nivel. Sobre este conjunto deben localizarse los cortacircuitos y el dispositivo descargador de sobre tensión. Sobre una cruceta localizada debajo deberán instalarse los respectivos terminales premoldeados, para 15 kV, en el caso de acometidas a 13.2 kV, y para 35 kV, en el caso de acometidas a 34.5 kV.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 22 de 30

Las fases deben ser identificadas en cada cámara con una marquilla amarilla de acrílico de 25 x 50 mm x 1/8", en donde debe colocarse el código de la línea (A,B, C o R,S,T) y el número del nodo del equipo o poste de donde se deriva. En cámaras donde hay más de un circuito debe identificarse además cada uno de ellos. El texto, en bajo relieve, de color blanco tendrá una altura de 7 mm.

La conexión de los descargadores de sobretensiones a la red se realizará mediante entice y cable de ACSR, luego éste se conectará al equipo con conectores bimetalicos de compresión (dos por conductor). La conexión de los descargadores de sobretensiones a los cortacircuitos, de los descargadores de sobretensiones a la red y de los cortacircuitos a los terminales exteriores, se realizará mediante los siguientes conductores de cobre duro desnudo, de acuerdo con el conductor subterráneo de cobre de la acometida, así:

Calibre conductor Acometida Cu 15 kV - 35 kV – mm ² (AWG)	Bajantes Cu-DD mm ² (AWG)
33.62 (2)	21.14 (4)
53.50 (1/0) a 85.02 (3/0)	33.62 (2)
107.21 (4/0)	53.50 (1/0)

Toda acometida subterránea, en el poste del punto de conexión, deberá conducirse a través de un conducto metálico galvanizado fijado al poste de concreto mediante cintas y hebillas de acero inoxidable. En el tramo subterráneo el conducto debe ser de P.V.C. Al pie del poste deberá construirse, como mínimo, una cámara de inspección u otra cámara de mayor tamaño dependiendo de la longitud y calibre de la acometida.

2.3.3.4 Acometidas mixtas.

Será la combinación de una acometida aérea seguida de una acometida subterránea. En la Tabla 2.13 se indica el diámetro de los conductos que deben utilizarse para acometidas subterráneas.

Tabla 2.13. Selección de conductos para acometidas subterráneas en media tensión. (PVC).

Calibre conductor de de acometida mm ² (AWG-KCM) Cobre	Diámetro del conducto (*)			
	13.2 kV		34.5 kV	
	mm	pulg.	mm	pulg.
33.62 (2)	76.2	3	-	-
53.50 (1/0)	76.2	3	101.6	4
67.44 (2/0)	76.2	3	101.6	4
85.02 (3/0)	76.2	3	101.6	4
107.21 (4/0)	101.6	4	101.6	4

(*) Todos los conductores de la acometida irán por el mismo conducto.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 23 de 30

2.3.3.5 Pases subterráneos.

Las redes de distribución aéreas en media tensión requieren en algunos casos especiales, transiciones aérea-subterránea-aérea ocasionadas por:

- Cruce de vías principales.
- Cambio de dirección de un circuito en sitios de difícil instalación de retenidas.
- Obstáculos existentes sobre el eje de su alineamiento.
- Otros a juicio de EMCALI.

Los tramos aéreo-subterráneos y viceversa se realizarán mediante conductores monopolares de cobre aislado 100% en polietileno reticulado (90°C) para 15 kV, en redes de 13.2 kV y para 35 kV, en redes de 34.5 kV, a través de conductos metálicos galvanizados, fijados al poste de concreto mediante cintas y hebillas de acero inoxidable.

Los conductos metálicos llegarán, como mínimo, a una cámara de inspección (I) para calibres 33.62 mm² (2 AWG) y 53.50 mm² (1/0AWG) o cámara de tiro para calibres mayores, al pie de cada poste. Posteriormente los conductores, en el tramo subterráneo, se llevarán en un conducto P.V.C, hasta el poste, donde la red continuará siendo aérea (debe proveer siempre un ducto de reserva).

El tramo subterráneo cumplirá con lo establecido en el capítulo de redes subterráneas.

Los conductores monopolares de cobre se seleccionarán de acuerdo con el conductor de la red aérea en ACSR como se indica en la Tabla 2.15 y los conductos según Tabla 2.16.

Tabla 2.14. Selección de conductores bajantes aéreos para pases subterráneos en MT.

Conductor red aérea ACSR mm ² (AWG/KCM)	Conductor bajante (Cu-DD) mm ² (AWG)
33.62 (2)	21.14 (4)
53.50 (1/0) a 85.02 (3/0)	33.62 (2)
107.21 (4/0) – 135.2 (266.8)	53.50 (1/0)
201.4 (397.5) a 241.7 (477)	107.21 (4/0)

Tabla 2.15. Selección conductores para los pases subterráneos en MT

Conductor Aéreo ACSR mm ² (AWG-KCM)	Conductor subterráneo	
	Cobre (Monopolar 15kV / 35 kV) mm ² (AWG/KCM)	
	Tensión 13.2 kV	Tensión 34.5 kV
33.62 (2)	33.62 (2)	53.50 (1/0)
53.50 (1/0)	53.50 (1/0)	53.50 (1/0)
67.44 (2/0) – 85.02 (3/0)	67.44 (2/0)	67.44 (2/0)
107.21 (4/0)	107.21 (4/0)	107.21 (4/0)
135.2 (266.8)	253.40 (500)	253.40 (500)

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 24 de 30

Tabla 2.16. Selección del diámetro de los conductos para pases subterráneos en media tensión.

Calibre conductor de cobre mm ² (AWG-KCM)	Diámetro del conducto (*)			
	13.2 kV		34.5 kV	
	Mm	Pulg.	mm	Pulg.
33.62 (2)	76.2	3	-	-
53.50 (1/0)	-	-	101.6	4
67.44 (2/0)	-	-	101.6	4
107.21 (4/0)	101.6	4	101.6	4
253.4 (500) (*) (1) (2)	76.2	3	76.2	3
	101.6	4	152.4	6

(*) Todos los diámetros sirven tanto para la selección del conducto metálico bajante, como del conducto subterráneo en P.V.C, excepto los diámetros de los conductos para el conductor 500 kCM-Cu, donde el (1) corresponde al conducto subterráneo y el (2) corresponde al conducto metálico bajante.

Todos los conductores irán por el mismo conducto, con excepción del conductor subterráneo 500 kCM-Cu, señalado con el (1), donde cada conductor irá por un conducto.

Las uniones entre los conductores subterráneos en cobre y los conductores aéreos en ACSR se realizarán mediante terminales premoldeados tipo exterior para cada uno de los niveles de tensioness correspondientes.

En cada poste adyacente a la transición se instalará un juego de descargadores de sobretensiones y cuchillas trifásicas de accionamiento tripolar.

Los terminales premoldeados de los pases subterráneos se conectan a la red aérea mediante entice y cable ACSR luego éste se empalmará con cable de cobre duro desnudo con conectores bimetálicos de compresión. Las conexiones entre estos conductores de cobre y los de ACSR se realizarán mediante conectores bimetálicos tipo tornillo (2 por conductor).

2.4. Conductores para redes subterráneas – Nivel de tensión 2 y 3

2.4.1 Generalidades

Los conductores deben ser monoplares de cobre aislado 100% en polietileno reticulado (90°C) para 15 KV, en el caso de las redes a 13.2 KV., y para 35 KV., en el caso de las redes a 34.5 KV.

Los calibres para las redes de distribución deben ser: 33.62 mm² (2 AWG), 53.50 mm² (1/0 AWG), 107.21mm² (4/0 AWG) y 253.4 mm²(500 KCM), para redes a 13.2 KV. y 53.50 mm²(1/0 AWG), 107.21 mm²(4/0 AWG) y 253.4 mm² (500 KCM) para redes a 34.5 KV.

Las principales características eléctricas de los conductores monoplares de cobre en media tensión figuran en la Tabla 2.17. Las principales características físicas y mecánicas de los conductores monoplares de cobre en media tensión figuran en la Tabla 2.18.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 25 de 30

Tabla 2.17. Características eléctricas de conductores monopolares de cobre para media tensión, con nivel de aislamiento 100%, polietileno reticulado (90°) - (1).

CALIBRE CONDUCTOR mm ² (AWG/MCM)	R (ohm/km)	X _L (ohm/km) (2)	X _c (ohm/km)		I (Amperios)	
			Cable 15 kV	Cable 35 kV	Cable 15 kV	Cable 35 kV
33.62 (2)	0.6505	3.3	15000	--	172	168
53.50 (1/0)	0.4096	3.2	13000	20000	225	218
67.44 (2/0)	0.3246	3	12000	18500	256	248
85.02 (3/0)	0.2578	2.9	11500	17600	297	282
107.21 (4/0)	0.2044	2.8	9800	16500	343	237
177.4 (350)	0.1302	2.7	8150	13800	471	428
253.4 (500)	0.0953	2.6	7200	12500	488	470

(1) Estos datos son aproximados

(2) Separación entre cables de 20 cm

Tabla 2.18. Características físicas y mecánicas de conductores monopolares de cobre para media tensión, con nivel de aislamiento 100%, polietileno reticulado (90°) - (1).

Calibre conductor de cobre mm ² (AWG-KCM)	DIAMETRO EXTERIOR (mm)		SECCION CONDUCTOR (mm ²)		PESO (Kg/km)	
	Cable 15 kV	Cable 35 kV	Cable 15 kV	Cable 35 kV	Cable 15 kV	Cable 35 kV
33.62 (2)	23.8		33.63	--	820.5	
53.50 (1/0)	25.7	34.3	53.46	53.46	1059	1468
67.44 (2/0)	26.8	35.4	67.44	67.44	1224	1643
85.02 (3/0)	28.1	36.7	85.02	85.02	1439.9	1860
107.21 (4/0)	29.3	37.9	107.22	107.22	1682.5	2112
177.4 (350)	32.8	41.4	177.31	177.31	2451	2903
253.4 (500)	36	46.1	253.35	253.35	3234	3874

(1) Estos datos son aproximados.

Las redes se tenderán a través de tubería cilíndrica de P.V.C. (Cloruro de polivinilo) y a través de cámaras subterráneas, de acuerdo con los criterios de cámaras y canalización que se establecen en la presente norma.

Las redes deben ser trifásicas sin neutro.

Se deben realizar enlaces equipotenciales y conexiones adicionales entre la pantalla de los cables y la puesta a tierra del sistema. En sistemas de cables con pantalla aterrizada, la pantalla (incluyendo las cubiertas), debe ser puesta a tierra en cada empalme de cables expuestos al contacto con las personas.

Se debe utilizar un conductor puesto a tierra separado que sigue el mismo recorrido del cable subterráneo. Este conductor debe estar conectado directamente al sistema puesto a tierra.

Se deben hacer transposiciones necesarias y posibles que permitan equilibrar las corrientes y tensiones inducidos, realizando además la interconexión con las pantallas, (ver Figura 2.2).

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 26 de 30

La resistencia de tierra en cada cámara donde se realicen empalmes o transposiciones debe ser igual o menor a 3 ohmios.

Las derivaciones de las redes en media tensión se realizarán a través de barrajes, cajas de maniobra, equipos tipo pedestal o transformadores subterráneos, dependiendo de la filosofía de diseño suministrada por el Departamento de Planeación de Energía.

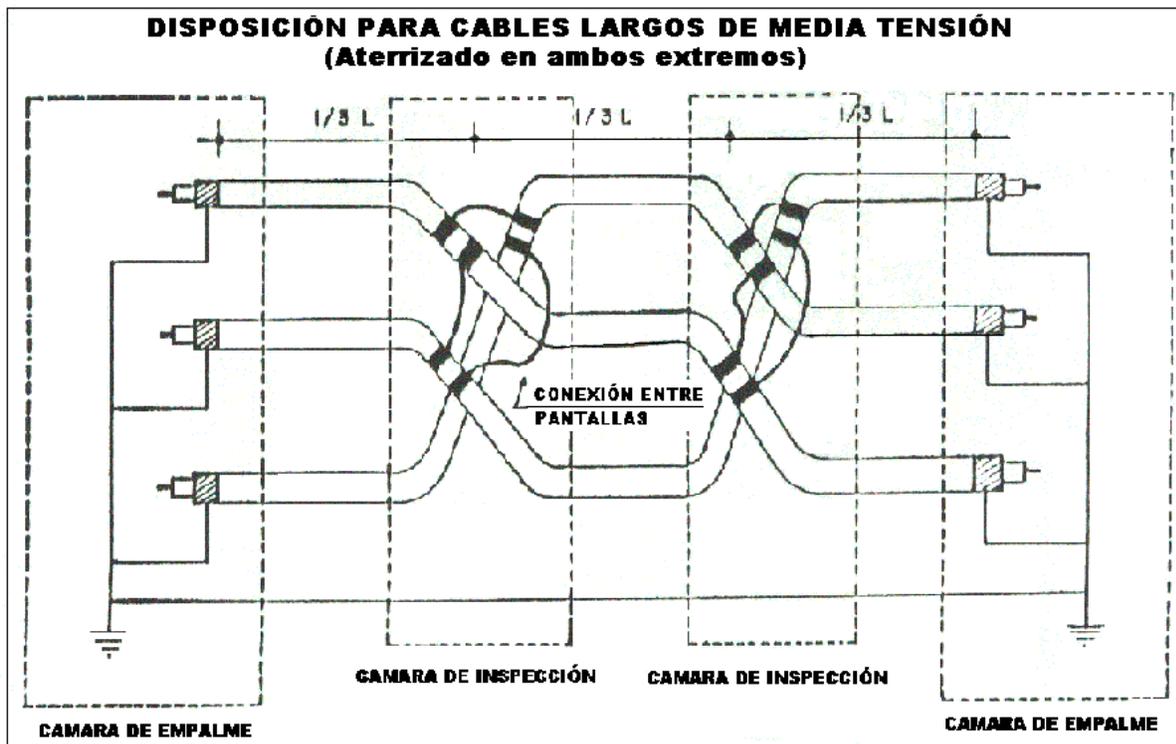


Figura 2.2. Transposición de cables para circuitos subterráneos en media tensión con longitud igual o mayor a 500 metros.

2.4.2 Selección.

Antes de seleccionar el calibre de los conductores en las redes debe tenerse en cuenta, para el diseño, los criterios de ubicación de cámaras subterráneas y canalización, así como los esquemas para la localización de los circuitos en redes subterráneas.

En la Tabla 2.19 se muestran los criterios que se deben tener en cuenta para la selección de los conductores en las redes subterráneas de distribución en media tensión. En ellos se ha considerado el criterio de planeamiento que recomienda diseñar un circuito para atender carga eléctrica en suplencia de otro circuito.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 27 de 30

2.4.3 Selección de conductos.

Los conductos se seleccionaron de acuerdo con la Tabla 2.20.

Tabla 2.19. Selección de conductores en redes subterráneas de media tensión.

TENSIÓN RED	CONDUCTOR MONOPOLAR mm ² (AWG/KCM)	CARGA INICIAL DE DISEÑO		CARGA MAXIMA TOTAL		CARGA MAXIMA EN SUPLENCIA	
		(A)	(MVA)	(A)	(MVA)	(A)	(MVA)
13.2 kV	33.62 (2)	>0 - 67	>0 - 1.5	121	2.7	121	2.7
	107.21 (4/0)	>67 - 129	>1.5 - 2.9	233	5.3	343	7.8
	253.4 (500)	>129 - 182	>2.9 - 4.1	330	7.5	440	10
34.5 kV	53.5 (1/0)	>0 - 85	>0 - 5.0	153	9.1	153	9.1
	107.21 (4/0)	>85 - 120	>5.0 - 7.1	217	12.9	327	19.5
	253.4 (500)	>120 - 182	>7.1 - 10.8	330	19.7	440	26.2

Estos datos son aproximados.

Tabla 2.20. Selección del diámetro de los conductos en redes de distribución subterránea en media tensión

Calibre conductor de cobre mm ² (AWG-KCM) – Media tensión	DIAMETRO DEL CONDUCTO(*)			
	13.2 kV		34.5 kV	
	mm.	pulg.	mm.	pulg.
33.62 (2)	76.2	3	---	---
53.50 (1/0)	76.2	3	101.6	4
67.44 (2/0)	76.2	3	101.6	4
85.02 (3/0)	76.2	3	101.6	4
107.21 (4/0)	101.6	4	101.6	4
177.4 (350)	---	---	152.4	6
253.4 (500)	76.2	3	76.2	3

(*) Todos los conductores irán por el mismo conducto, con excepción del conductor 500 KCM-Cu, donde cada conductor irá por un conducto.

2.4.4 Acometidas.

2.4.4.1 Generalidades

Las acometidas, desde las redes subterráneas en media tensión, deben ser subterráneas en conductor monopolar de cobre aislado 100%, polietileno reticulado (90°) para 15 kV., en el caso de acometidas a 13.2 kV. y para 35 kV., en el caso de acometidas a 34.5 kV.

Las pantallas del cable monopolar de la acometida deben estar conectadas en uno solo de los extremos al sistema puesto a tierra, en el lado de llegada de la acometida al sistema principal depuesta a tierra.

Todo predio que posea más de un transformador particular deberá instalar todos los transformadores dentro del predio y alimentados desde acometida(s) en media tensión.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 28 de 30

Las acometidas subterráneas, que se construirán de acuerdo con las normas de cámaras y canalizaciones, deben ser trifásicas y se podrán construir en cualquier sector. En el tramo subterráneo, el conducto debe ser de P.V.C.

Toda acometida subterránea en media tensión deberá poseer, en el punto de conexión a la red en media tensión, una protección de sobre corriente, de acuerdo con los datos básicos del proyecto.

En ningún caso, para nuevos proyectos, se permitirán empalmes en media tensión.

2.4.4.2 Selección de conductos.

En la tabla 2.21 se indica la selección del diámetro de los conductos para las acometidas subterráneas. El diámetro de los conductos metálicos bajantes serán los mismos indicados en la Tabla 2.21. Para cantidad de conductores no establecidas en esta tabla debe aplicar la Tabla 2.22.

Tabla 2.21. Selección de conducto para acometidas subterráneas en media tensión

Calibre Conductor Acometida Cu - monopolar mm ² (AWG/KCM)	Diámetro del conducto (*)			
	13.2 kV.		34.5 kV.	
	mm.	Pulgadas.	mm.	Pulgadas.
33.62 (2)	76.2	3	-	-
53.50 (1/0)	76.2	3	101.6	4
67.44 (2/0)	76.2	3	101.6	4
85.02 (3/0)	76.2	3	101.6	4
107.21 (4/0)	101.6	4	101.6	4

(*) Todos los conductores de la acometida irán por el mismo conducto

Tabla 2.22. Porcentaje de la sección transversal en tubos conduit y tuberías para el llenado de conductores.

Número de conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53%.	31%	40%

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 29 de 30

Tabla 2.23. Número máximo de conductores en baja tensión en tuberías eléctricas no metálicas – (según tabla 2.22).

Letras de tipo	Sección transversal del conductor		Tamaño de tubería en pulgadas									
			1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
TW THW	2.08	14	4	8	15	27	37	61	93	143	192	
	3.30	12	3	7	12	21	29	49	76	117	157	
	5.25	10	3	5	9	17	23	38	61	95	127	163
	8.36	8	1	3	5	10	14	23	32	49	66	85
	13.29	6	1	2	4	7	10	17	23	36	48	62
	21.14	4	1	1	3	5	8	13	17	27	36	47
	33.62	2	1	1	2	4	6	9	13	20	27	34
	53.50	1/0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	21
	67.44	2/0	0	1	1	1	3	5	7	10	14	18
	85.02	3/0	0	0	1	1	2	4	6	9	12	15
	107.21	4/0	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	126.67	250	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	152.01	300	0	0	0	1	1	2	3	5	7	9
	177.34	350	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	253.35	500	0	0	0	1	1	1	1	3	4	6
	380.02	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
405.36	800	0	0	0	0	1	1					
456.03	900	0	0	0	0	0	1					
506.70	1000	0	0	0	0	0	1					
633..38	1250	0	0	0	0	0	1					

Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable con diversidad de carga.

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje del valor de las tablas ajustados según la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
De 41 en adelante	35

Ver excepciones NTC 2050 artículo 310-15

Debe aplicar la tabla 2-1 para conductores que van por bandeja y no estén separados según normas.

	UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE ENERGÍA DIRECCIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAS TÉCNICAS DE ENERGÍA NORMAS DE DISEÑO	CODIGO: ND - 002 Revisión: 00 Fecha: diciembre de 2006 Aprobó: Resolución 0407
	CONDUCTORES	CAPITULO 2 Página 30 de 30

ANEXO No. 2.1 - Ejemplo: Datos básicos de diseño

Descripción	REDES M.T.		REDES B.T.		PARÁMETROS DE DISEÑO		
	Sistema	3F		3F-4H		ÁREA DE VIVIENDA O LOTE 75 m ² Carga instalada: Kva. = 5,5 Kva.	
Tensión (voltios)	13200		120/208V		$kVA_n = kVA_0 (1 + r)^{2n}$		
Nivel de cortocirc.	8,0 KA						
Longitud red por calibre (km)	AEREO	SUBTERRANEO	AEREO	SUBTERRANEO	Tasa anual crecimiento: r = 1%		
	<=2/0 1,3	2	4 a 1/0 2,1	4 a 1/0	Período: n = 10 años		
	>2/0	1/0	4/0	4/0	DEMANDA INDIVIDUAL = 6,7 KVA		
		4/0		250	No. de medidores 1F: 447 2F: 3F:		

CÁLCULO DE TRANSFORMADORES PARA URBANIZACIONES

Transf. No.	Luminarias (Na)				Usuarios		Carga total Kva.	TRANSFORMADOR				Bajante Cu THW AWG o KCM	Cortacircuito		Pararrayo (kv.)	
	Cantidad			Kva.	No.	Kva.		Urbanización Cerrada		Urbanización Abierta			Regulación ramal crítico	Fusibles		
	70 W	250 W	400 W					Kva.	%	Kva.	%			AMP		TIPO
1	13			1.17	35	57,85	59,02	75	21	75	21		4/0	7	K	12
2	16			1.44	48	67,25	68,69	75	8	112,5	38		4/0	7	K	12
3	17			1.53	54	71,41	72,94	75	3	112,5	35		4/0	7	K	12
4	12			1.08	37	59,40	60,48	75	19	75	19		4/0	7	K	12
5	19			1.71	51	69,42	71,13	75	5	112,5	36		4/0	7	K	12
6	10			0.90	49	67,94	68,84	75	8	112,5	38		4/0	7	K	12
7	20			1.80	46	65,89	67,69	75	10	112,5	39		4/0	7	K	12
8	17			1.53	44	64,47	66,00	75	12	112,5	41		4/0	7	K	12
9	27			2.43	42	63,06	65,49	75	13	112,5	41		4/0	7	K	12
10	10			0.90	41	62,39	63,29	75	16	112,5	43		4/0	7	K	12
Total	161			14.49	447	649	624	750								