



**EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
ESP**

Unidad Centro de Excelencia Técnica Normalización
y Laboratorios

NT-01

Norma Técnica: Cálculo de conductor económico

EPM-UCET-NYL-NT-01

Agosto 2019

Elaboración, Revisión y Aprobación

Actividad	Tema	Nombre
Elaboró	Norma Técnica: Cálculo de conductor económico	Consultoría Colombiana S.A
	Revisó	José Daniel Acosta Moreno
	Aprobó	Mónica Rueda Aguilar

Requeridores

Destinatario	Cargo	No. de Copias
Johan Sebastián Higuera Higuera	Profesional Gestión Proyectos e Ingeniería	1
Gabriel Jaime Romero Choperena	Profesional Gestión Proyectos e Ingeniería	1

Revisiones

Revisión	Fecha dd/mm/aaaa	Descripción de la revisión
01	23/08/2019	Versión inicial

© Copyright: Empresas Públicas de Medellín ESP. No está permitida su reproducción por ningún medio impreso, fotostático, electrónico o similar, sin la previa autorización escrita del titular de los derechos reservados.

CONTENIDO

1	OBJETO	6
2	ALCANCE.....	7
3	DOCUMENTOS DE LA REFERENCIA.....	8
4	METODOLOGÍA DE LA IMPLEMENTACIÓN	9
5	TABLAS DE SENSIBILIDAD EN MEDIA TENSIÓN.....	10
6	TABLAS DE SENSIBILIDAD EN BAJA TENSIÓN	14
7	CONDUCTOR ECONÓMICO PARA CASOS TÍPICOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	16
8	CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES.....	21
8.1	CONDUCTORES DE BAJA TENSION	21
8.2	CONDUCTORES DE MEDIA TENSION.....	23
8.3	CÁLCULO DEL FACTOR K DE REGULACIÓN.....	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de sensibilidad de conductores para 44 kV	11
Tabla 2 Análisis de sensibilidad de conductores para 13.2 kV	12
Tabla 3 Análisis de sensibilidad de conductores para 7.621 kV	13
Tabla 4 Análisis de sensibilidad para conductores de baja tensión	15
Tabla 5 Conductor económico 240 V, Potencia base 20 kVA	17
Tabla 6 Conductor económico 7.6 kV, Potencia base 1.5 MVA	18
Tabla 7 Conductor económico 13.2 kV, Potencia base 3.5 MVA	19
Tabla 8 Conductor económico 44 kV, Potencia base 10 MVA	20
Tabla 9 Capacidad de transporte de corriente para cables aislados de 0 a 2000 voltios, temperaturas de 60 °C, 75 °C y 90 °C, no más de tres cables en múltiple, ductos o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C.	21
Tabla 10 Capacidad de transporte de corriente para cables monopoles aislados de 0 a 2000 voltios, temperaturas de 60 °C, 75 °C y 90 °C, al aire libre, con una temperatura ambiente del aire de 30 °C.	22
Tabla 11 Cable trenzado triplex en aluminio aislados a 90°C XLPE 600 V con neutro mensajero en ACSR o AAAC.....	23
Tabla 12 Capacidad de corriente del conductor ACSR	23
Tabla 13 Cable monopolar Cobre XLPE 15, 36, 44 kV	24
Tabla 14 Constantes de regulación.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Conductor económico 120-240 V.....	17
Figura 2 Conductor económico 7.621 kV	18
Figura 3 Conductor económico circuito troncal de 13.2 kV	19
Figura 4 Conductor económico circuito troncal de 44 kV	20

1 OBJETO

Esta norma tiene como propósito facilitar la selección del calibre del conductor a partir de los criterios técnicos y económicos presentados en el documento *GM-01 Guía metodológica: cálculo de conductor económico*.

Este documento no sustituye los requerimientos de diseño establecidos en el RETIE y en la norma NTC 2050 las cuales deberán consultarse obligatoriamente.

2 ALCANCE

La norma cubre los siguientes niveles de tensión:

- Nivel de tensión I
- Nivel de tensión II
- Nivel de tensión III

3 DOCUMENTOS DE LA REFERENCIA

Las siguientes tablas contienen información de los conductores más utilizados por EPM en caso de no encontrar el conductor o la capacidad de corriente requerida, el consultor debe aplicar y/o consultar los siguientes documentos:

- [1] IEC 60909: Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents.
- [2] NTC 2050 Código eléctrico colombiano, 1998.
- [3] Ministerio de minas y energía - Colombia, Reglamento técnico de Instalaciones eléctricas - RETIE Minminas, 2013. Resolución 9 0708, agosto 30 de 2013.
- [4] GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA. GTC 221. Cálculo de la corriente admisible. Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia.
- [5] IEEE 519 de 1992. Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.
- [6] Guía metodológica GM-01: cálculo de conductor económico
- [7] Norma EPM RA8-011. Guía para seleccionar el calibre de acometida y protección de sobrecorriente para usuario final de tensión I.
- [8] Norma EPM RA8-003. Cables y alambres de cobre con voltaje de servicio hasta 2000 voltios.

4 METODOLOGÍA DE LA IMPLEMENTACIÓN

La información que se muestra en la presente guía se divide en dos partes complementarias. Las tablas de sensibilidad suministran la distancia máxima que puede tener un conductor bajo determinadas circunstancias, para que opere dentro de los rangos tolerables de pérdidas y regulación (validación técnica), mientras que las curvas de conductor económico muestran cómo cambia el conductor óptimo en función de la cargabilidad del circuito estudiado (validación económica).

5 TABLAS DE SENSIBILIDAD EN MEDIA TENSIÓN

En la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 que se presentan a continuación corresponden al conductor a utilizar de acuerdo con las condiciones de tensión, demanda, factor de potencia y longitud máxima, fijadas en estas tablas. Esta información debe ser considerada como una referencia y en ningún caso exime al diseñador de la elaboración de los cálculos correspondientes. En el documento *GM-01 Guía metodológica: cálculo de conductor económico*, se presenta el detalle de la construcción de las mismas.



Tabla 1 Análisis de sensibilidad de conductores para 44 kV

Tensión [kV]	Fases	No. Conductores por fase	No. Conductores de neutro	Demanda [MVA]	FP	Cable Primario 3xACSR - 336 kcmil			Cable Primario 3xACSR - 266.8 kcmil			Cable Primario 3xACSR - 4/0 AWG			Cable Primario 3xACSR - 3/0 AWG			Cable Primario 3xACSR - 2/0 AWG										
						Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Costo Total ACSR N°3/0	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K				
								0,1673			0,211			0,2609			0,329							0,4148				
								1,89E-11			2,11E-11			2,38E-11			2,72E-11							3,15E-11				
						% Reg ACSR N°336							% Reg ACSR N°266.8							% Reg ACSR N°4/0	Costo ACSR N°3/0							% Reg ACSR N°2/0
44	3	1	0	1	0,9	220	1,21%	0,4%	174	1,21%	0,4%	141	1,21%	0,3%	112	1,21%	0,3%	\$29.402.688.000	88	1,20%	0,3%							
44	3	1	0	2	0,9	110	1,21%	0,4%	87	1,21%	0,4%	70	1,20%	0,3%	56	1,21%	0,3%	\$14.701.344.000	44	1,20%	0,3%							
44	3	1	0	3	0,9	73	1,21%	0,4%	58	1,21%	0,4%	47	1,21%	0,3%	37	1,20%	0,3%	\$9.713.388.000	29	1,19%	0,3%							
44	3	1	0	4	0,9	55	1,21%	0,4%	43	1,19%	0,4%	35	1,20%	0,3%	28	1,21%	0,3%	\$7.350.672.000	22	1,20%	0,3%							
44	3	1	0	5	0,9	44	1,21%	0,4%	34	1,18%	0,4%	28	1,20%	0,3%	22	1,19%	0,3%	\$5.775.528.000	17	1,16%	0,3%							
44	3	1	0	6	0,9	36	1,19%	0,4%	29	1,21%	0,4%	23	1,19%	0,3%	18	1,17%	0,3%	\$4.725.432.000	14	1,15%	0,3%							
44	3	1	0	7	0,9	31	1,19%	0,4%	24	1,17%	0,4%	20	1,20%	0,3%	16	1,21%	0,3%	\$4.200.384.000	12	1,15%	0,3%							
44	3	1	0	8	0,9	27	1,19%	0,4%	21	1,17%	0,4%	17	1,17%	0,3%	14	1,21%	0,3%	\$3.675.336.000	11	1,20%	0,3%							
44	3	1	0	9	0,9	24	1,19%	0,4%	19	1,19%	0,4%	15	1,16%	0,3%	12	1,17%	0,3%	\$3.150.288.000	9	1,11%	0,3%							
44	3	1	0	10	0,9	22	1,21%	0,4%	17	1,18%	0,4%	14	1,20%	0,3%	11	1,19%	0,3%	\$2.887.764.000	8	1,09%	0,3%							
44	3	1	0	11	0,9	20	1,21%	0,4%	15	1,15%	0,3%	12	1,13%	0,3%	10	1,19%	0,3%	\$2.625.240.000	8	1,20%	0,3%							
44	3	1	0	12	0,9	18	1,19%	0,4%	14	1,17%	0,4%	11	1,13%	0,3%	9	1,17%	0,3%	\$2.362.716.000	7	1,15%	0,3%							
44	3	1	0	13	0,9	16	1,15%	0,4%	13	1,17%	0,4%	10	1,12%	0,3%	8	1,13%	0,3%	\$2.100.192.000	6	1,06%	0,2%							
44	3	1	0	14	0,9	15	1,16%	0,4%	12	1,17%	0,4%	10	1,20%	0,3%	8	1,21%	0,3%	\$2.100.192.000	6	1,15%	0,3%							
44	3	1	0	15	0,9	14	1,16%	0,4%	11	1,15%	0,3%	9	1,16%	0,3%	7	1,14%	0,3%	\$1.837.668.000	5	1,02%	0,2%							
44	3	1	0	16	0,9	14	1,23%	0,4%	10	1,11%	0,3%	8	1,10%	0,3%	7	1,21%	0,3%	\$1.837.668.000	5	1,09%	0,3%							
44	3	1	0	17	0,9	13	1,22%	0,4%	10	1,18%	0,4%	8	1,17%	0,3%	6	1,10%	0,3%	\$1.575.144.000	5	1,16%	0,3%							
44	3	1	0	18	0,9	12	1,19%	0,4%	9	1,13%	0,3%	7	1,08%	0,3%	6	1,17%	0,3%	\$1.575.144.000	4	0,98%	0,2%							
44	3	1	0	19	0,9	11	1,15%	0,4%	9	1,19%	0,4%	7	1,14%	0,3%	5	1,03%	0,3%	\$1.312.620.000	4	1,04%	0,2%							
44	3	1	0	20	0,9	11	1,21%	0,4%	8	1,11%	0,3%	7	1,20%	0,3%	5	1,08%	0,3%	\$1.312.620.000	4	1,09%	0,3%							

NOTA: Los resultados que se muestran en la tabla, sólo tienen en cuenta aspectos técnicos.



Tabla 2 Análisis de sensibilidad de conductores para 13.2 kV

Tensión [kV]	Fases	No. Conductores por fase	No. Conductores de neutro	Demanda [MVA]	FP	Cable Primario 3xACSR - 266.8 kcmil			Cable Primario 3xACSR - 4/0 AWG			Cable Primario 3xACSR - 3/0 AWG			Cable Primario 3xACSR - 2/0 AWG			Cable Primario 3xACSR - 1/0 AWG					
						Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K
								0,211			0,2609			0,329			0,4148						
								2,34E-10			2,63E-10			3,01E-10			3,49E-10						
			% Reg ACSR N°266.8				% Reg ACSR N°4/0				% Reg ACSR N°3/0				% Reg ACSR N°2/0				% Reg ACSR N°1/0				
13,2	3	1	1	0,35	0,9	41	1,11%	0,3%	33	1,10%	0,3%	26	1,09%	0,3%	21	1,11%	0,3%	16	1,07%	0,2%			
13,2	3	1	1	0,7	0,9	20	1,08%	0,3%	16	1,07%	0,3%	13	1,09%	0,3%	10	1,06%	0,2%	8	1,07%	0,2%			
13,2	3	1	1	1,05	0,9	13	1,05%	0,3%	11	1,10%	0,3%	8	1,01%	0,3%	7	1,11%	0,3%	5	1,00%	0,2%			
13,2	3	1	1	1,4	0,9	10	1,08%	0,3%	8	1,07%	0,3%	6	1,01%	0,3%	5	1,06%	0,2%	4	1,07%	0,2%			
13,2	3	1	1	1,75	0,9	8	1,08%	0,3%	6	1,00%	0,3%	5	1,05%	0,3%	4	1,06%	0,2%	3	1,00%	0,2%			
13,2	3	1	1	2,1	0,9	6	0,97%	0,3%	5	1,00%	0,3%	4	1,01%	0,3%	3	0,96%	0,2%	2	0,80%	0,2%			
13,2	3	1	1	2,45	0,9	5	0,95%	0,3%	4	0,94%	0,3%	3	0,88%	0,2%	3	1,11%	0,3%	2	0,94%	0,2%			
13,2	3	1	1	2,8	0,9	5	1,08%	0,3%	4	1,07%	0,3%	3	1,01%	0,3%	2	0,85%	0,2%	2	1,07%	0,2%			
13,2	3	1	1	3,15	0,9	4	0,97%	0,3%	3	0,90%	0,2%	2	0,76%	0,2%	2	0,96%	0,2%	1	0,60%	0,1%			
13,2	3	1	1	3,5	0,9	4	1,08%	0,3%	3	1,00%	0,3%	2	0,84%	0,2%	2	1,06%	0,2%	1	0,67%	0,1%			
13,2	3	1	1	3,85	0,9	3	0,89%	0,3%	3	1,10%	0,3%	2	0,93%	0,2%	1	0,58%	0,1%	1	0,74%	0,2%			
13,2	3	1	1	4,2	0,9	3	0,97%	0,3%	2	0,80%	0,2%	2	1,01%	0,3%	1	0,64%	0,1%	1	0,80%	0,2%			
13,2	3	1	1	4,55	0,9	3	1,05%	0,3%	2	0,87%	0,2%	2	1,09%	0,3%	1	0,69%	0,2%	1	0,87%	0,2%			
13,2	3	1	1	4,9	0,9	2	0,76%	0,2%	2	0,94%	0,3%	1	0,59%	0,1%	1	0,74%	0,2%	1	0,94%	0,2%			
13,2	3	1	1	5,25	0,9	2	0,81%	0,2%	2	1,00%	0,3%	1	0,63%	0,2%	1	0,80%	0,2%	1	1,00%	0,2%			
13,2	3	1	1	5,6	0,9	2	0,86%	0,3%	2	1,07%	0,3%	1	0,67%	0,2%	1	0,85%	0,2%	1	1,07%	0,2%			
13,2	3	1	1	5,95	0,9	2	0,92%	0,3%	1	0,57%	0,2%	1	0,72%	0,2%	1	0,90%	0,2%	0,9	1,02%	0,2%			
13,2	3	1	1	6,3	0,9	2	0,97%	0,3%	1	0,60%	0,2%	1	0,76%	0,2%	1	0,96%	0,2%	0,9	1,08%	0,2%			
13,2	3	1	1	6,65	0,9	2	1,03%	0,3%	1	0,63%	0,2%	1	0,80%	0,2%	1	1,01%	0,2%	0,8	1,02%	0,2%			
13,2	3	1	1	7	0,9	2	1,08%	0,3%	1	0,67%	0,2%	1	0,84%	0,2%	1	1,06%	0,2%	0,8	1,07%	0,2%			

NOTA: Los resultados que se muestran en la tabla, sólo tienen en cuenta aspectos técnicos.



Tabla 3 Análisis de sensibilidad de conductores para 7.621 kV

Tensión [kV]	Fases	No. Conductor es por fase	No. Conductores de neutro	Demanda [MVA]	FP	Cable Primario 3xACSR - 4/0 AWG			Cable Primario 3xACSR - 3/0 AWG			Cable Primario 3xACSR - 2/0 AWG			Cable Primario 3xACSR - 1/0 AWG			Cable Primario 3xACSR - 2 AWG					
						Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K
								0,2609			0,329			0,4148			0,5228			0,832			
								6,91E-10			8,05E-10			9,49E-10			1,13E-09			1,63E-09			
			% Reg ACSR N°4/0				% Reg ACSR N°3/0				% Reg ACSR N°2/0				% Reg ACSR N°1/0				% Reg ACSR N°2				
7,621	1	1	1	0,15	0,9	26	1,12%	0,3%	20	1,08%	0,2%	16	1,09%	0,2%	13	1,12%	0,2%	8	1,10%	0,2%			
7,621	1	1	1	0,3	0,9	13	1,12%	0,3%	10	1,08%	0,2%	8	1,09%	0,2%	6	1,03%	0,2%	4	1,10%	0,2%			
7,621	1	1	1	0,45	0,9	8	1,03%	0,2%	6	0,97%	0,2%	5	1,02%	0,2%	4	1,03%	0,2%	2	0,82%	0,1%			
7,621	1	1	1	0,6	0,9	8	1,37%	0,3%	5	1,08%	0,2%	4	1,09%	0,2%	3	1,03%	0,2%	2	1,10%	0,2%			
7,621	1	1	1	0,75	0,9	5	1,07%	0,3%	4	1,08%	0,2%	3	1,02%	0,2%	2	0,86%	0,2%	1	0,68%	0,1%			
7,621	1	1	1	0,9	0,9	4	1,03%	0,2%	3	0,97%	0,2%	2	0,82%	0,2%	2	1,03%	0,2%	1	0,82%	0,1%			
7,621	1	1	1	1,05	0,9	3	0,90%	0,2%	2	0,76%	0,2%	2	0,96%	0,2%	1	0,60%	0,1%	1	0,96%	0,2%			
7,621	1	1	1	1,2	0,9	3	1,03%	0,2%	2	0,87%	0,2%	2	1,09%	0,2%	1	0,69%	0,1%	1	1,10%	0,2%			
7,621	1	1	1	1,35	0,9	2	0,77%	0,2%	2	0,97%	0,2%	1	0,61%	0,1%	1	0,77%	0,2%	0,9	1,11%	0,2%			
7,621	1	1	1	1,5	0,9	2	0,86%	0,2%	2	1,08%	0,2%	1	0,68%	0,1%	1	0,86%	0,2%	0,8	1,10%	0,2%			
7,621	1	1	1	1,65	0,9	2	0,94%	0,2%	1	0,60%	0,1%	1	0,75%	0,2%	1	0,95%	0,2%	0,7	1,05%	0,2%			
7,621	1	1	1	1,8	0,9	2	1,03%	0,2%	1	0,65%	0,1%	1	0,82%	0,2%	1	1,03%	0,2%	0,6	0,99%	0,2%			
7,621	1	1	1	1,95	0,9	2	1,12%	0,3%	1	0,70%	0,2%	1	0,89%	0,2%	1	1,12%	0,2%	0,6	1,07%	0,2%			
7,621	1	1	1	2,1	0,9	1	0,60%	0,1%	1	0,76%	0,2%	1	0,96%	0,2%	0,9	1,08%	0,2%	0,5	0,96%	0,2%			
7,621	1	1	1	2,25	0,9	1	0,64%	0,2%	1	0,81%	0,2%	1	1,02%	0,2%	0,8	1,03%	0,2%	0,5	1,03%	0,2%			
7,621	1	1	1	2,4	0,9	1	0,69%	0,2%	1	0,87%	0,2%	1	1,09%	0,2%	0,8	1,10%	0,2%	0,5	1,10%	0,2%			
7,621	1	1	1	2,55	0,9	1	0,73%	0,2%	1	0,92%	0,2%	0,9	1,04%	0,2%	0,7	1,02%	0,2%	0,4	0,93%	0,2%			
7,621	1	1	1	2,7	0,9	1	0,77%	0,2%	1	0,97%	0,2%	0,9	1,11%	0,2%	0,7	1,08%	0,2%	0,4	0,99%	0,2%			
7,621	1	1	1	2,85	0,9	1	0,82%	0,2%	1	1,03%	0,2%	0,8	1,04%	0,2%	0,6	0,98%	0,2%	0,4	1,04%	0,2%			
7,621	1	1	1	3	0,9	1	0,86%	0,2%	1	1,08%	0,2%	0,8	1,09%	0,2%	0,6	1,03%	0,2%	0,4	1,10%	0,2%			

NOTA: Los resultados que se muestran en la tabla, sólo tienen en cuenta aspectos técnicos.

6 TABLAS DE SENSIBILIDAD EN BAJA TENSIÓN

En la Tabla 4 se presenta el resultado de un análisis de sensibilidad en el que se determina el calibre de conductor, considerando unas condiciones de nivel de tensión, demanda, factor de potencia y longitud máxima. Esta información debe ser considerada como una referencia y en ningún caso exime al diseñador de la elaboración de los cálculos correspondientes. En el documento *GM-01 Guía metodológica: cálculo de conductor económico*, se presenta el detalle de la construcción de las mismas.

El análisis de sensibilidad muestra, la longitud máxima con que un alimentador podría alimentar determinada carga, sin exceder la regulación permitida.



Tabla 4 Análisis de sensibilidad para conductores de baja tensión

Tensión [V]	Fases	No. Conductores por fase	No. Conductores de neutro	Demanda [kVA]	FP	Cable AAC. Triplex. Autosoportado neutro AAAC - 2/0 AWG			Cable AAC. Triplex. Autosoportado neutro AAAC - XLPE 2/0 AWG				Cable AAC. Triplex. Autosoportado neutro AAAC - XLPE 1/0 AWG			Cable AAC. Triplex. Autosoportado neutro AAAC - XLPE - 2 AWG			Cable AAC. Triplex. Autosoportado neutro AAAC - XLPE 4 AWG					
						Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Costo Total ACSR N°2/0	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K	Distancia [km]	%Pérdidas	Resistencia K
								0,279			0,443				0,558			0,888						
								5,28E-07			7,84E-07				9,64E-07			1,48E-06						
			% Reg ACSR N°4/0				% Reg ACSR N°2/0				% Reg ACSR N°1/0				% Reg ACSR N°2				% Reg ACSR N°4					
240	2	1	1	1	0,9	5	3,09%	0,3%	3	2,94%	0,2%	\$577.512.560	3	3,70%	0,3%	1,9	3,73%	0,3%	1,2	3,75%	0,3%			
240	2	1	1	2	0,9	3	3,70%	0,3%	1	1,96%	0,2%	\$192.504.187	1	2,47%	0,2%	0,9	3,54%	0,3%	0,6	3,75%	0,3%			
240	2	1	1	3	0,9	2	3,70%	0,3%	1	2,94%	0,2%	\$192.504.187	1	3,70%	0,3%	0,6	3,54%	0,3%	0,4	3,75%	0,3%			
240	2	1	1	4	0,9	1	2,47%	0,2%	0,9	3,53%	0,3%	\$173.253.768	0,7	3,46%	0,3%	0,4	3,14%	0,2%	0,3	3,75%	0,3%			
240	2	1	1	5	0,9	1	3,09%	0,3%	0,7	3,43%	0,3%	\$134.752.931	0,6	3,70%	0,3%	0,3	2,95%	0,2%	0,2	3,13%	0,2%			
240	2	1	1	6	0,9	1	3,70%	0,3%	0,6	3,53%	0,3%	\$115.502.512	0,5	3,70%	0,3%	0,3	3,54%	0,3%	0,2	3,75%	0,3%			
240	2	1	1	7	0,9	0,8	3,46%	0,3%	0,5	3,43%	0,3%	\$96.252.093	0,4	3,46%	0,3%	0,2	2,75%	0,2%	0,1	2,19%	0,2%			
240	2	1	1	8	0,9	0,7	3,46%	0,3%	0,4	3,14%	0,3%	\$77.001.675	0,3	2,96%	0,2%	0,2	3,14%	0,2%	0,1	2,50%	0,2%			
240	2	1	1	9	0,9	0,6	3,33%	0,3%	0,4	3,53%	0,3%	\$77.001.675	0,3	3,33%	0,3%	0,2	3,54%	0,3%	0,1	2,82%	0,2%			
240	2	1	1	10	0,9	0,6	3,70%	0,3%	0,3	2,94%	0,2%	\$57.751.256	0,3	3,70%	0,3%	0,1	1,96%	0,1%	0,1	3,13%	0,2%			
240	2	1	1	11	0,9	0,5	3,40%	0,3%	0,3	3,23%	0,3%	\$57.751.256	0,2	2,72%	0,2%	0,1	2,16%	0,2%	0,1	3,44%	0,3%			
240	2	1	1	12	0,9	0,5	3,70%	0,3%	0,3	3,53%	0,3%	\$57.751.256	0,2	2,96%	0,2%	0,1	2,36%	0,2%	0,1	3,75%	0,3%			
240	2	1	1	13	0,9	0,4	3,21%	0,3%	0,3	3,82%	0,3%	\$57.751.256	0,2	3,21%	0,3%	0,1	2,55%	0,2%	0,09	3,66%	0,3%			
240	2	1	1	14	0,9	0,4	3,46%	0,3%	0,2	2,74%	0,2%	\$38.500.837	0,2	3,46%	0,3%	0,1	2,75%	0,2%	0,08	3,50%	0,3%			
240	2	1	1	15	0,9	0,4	3,70%	0,3%	0,2	2,94%	0,2%	\$38.500.837	0,2	3,70%	0,3%	0,1	2,95%	0,2%	0,08	3,75%	0,3%			
240	2	1	1	16	0,9	0,3	2,96%	0,3%	0,2	3,14%	0,3%	\$38.500.837	0,1	1,98%	0,2%	0,1	3,14%	0,2%	0,07	3,50%	0,3%			
240	2	1	1	17	0,9	0,3	3,15%	0,3%	0,2	3,33%	0,3%	\$38.500.837	0,1	2,10%	0,2%	0,1	3,34%	0,3%	0,07	3,72%	0,3%			
240	2	1	1	18	0,9	0,3	3,33%	0,3%	0,2	3,53%	0,3%	\$38.500.837	0,1	2,22%	0,2%	0,1	3,54%	0,3%	0,06	3,38%	0,2%			
240	2	1	1	19	0,9	0,3	3,52%	0,3%	0,2	3,72%	0,3%	\$38.500.837	0,1	2,35%	0,2%	0,1	3,73%	0,3%	0,06	3,57%	0,3%			
240	2	1	1	20	0,9	0,3	3,70%	0,3%	0,1	1,96%	0,2%	\$19.250.419	0,1	2,47%	0,2%	0,09	3,54%	0,3%	0,06	3,75%	0,3%			

NOTA: Los resultados que se muestran en la tabla, sólo tienen en cuenta aspectos técnicos.

7 CONDUCTOR ECONÓMICO PARA CASOS TÍPICOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

En el numeral anterior se presentó el análisis de sensibilidad para la selección de conductor, para las condiciones señaladas en la Tabla 1 a la Tabla 4, las cuales únicamente consideran aspectos técnicos. En el presente numeral se presenta el resultado de la aplicación de la metodología de selección de conductor económico, establecida en el documento *GM-01 Guía metodológica: cálculo de conductor económico* [6].

El análisis consiste en considerar, para las diferentes configuraciones de redes con que cuenta EPM, los siguientes escenarios:

- Circuito monofásico trifilar 120- 240 V
- Circuito monofásico bifilar 7.621 kV
- Circuito trifásico tetrafilar 13.2 kV
- Circuito trifásico trifilar 44 kV

Se selecciona el nivel de tensión correspondiente y la potencia a alimentar, para determinada longitud. Se toman valores típicos del sistema de EPM.

Posteriormente se realiza el cálculo del valor de las pérdidas, siguiendo la metodología descrita en el numeral 1.2 Parámetros económicos, del documento *GM-01 Guía metodológica: cálculo de conductor económico*, hasta obtener el costo total de las pérdidas definido por la Ecuación 1.

$$CT = CI + CJ$$

Ecuación 1

Este cálculo se realiza para los conductores típicos utilizados por EPM, a través de la herramienta excel HE-01-3 Conductor económico casos típicos SDE adjunta a la Guía metodológica GM-01.

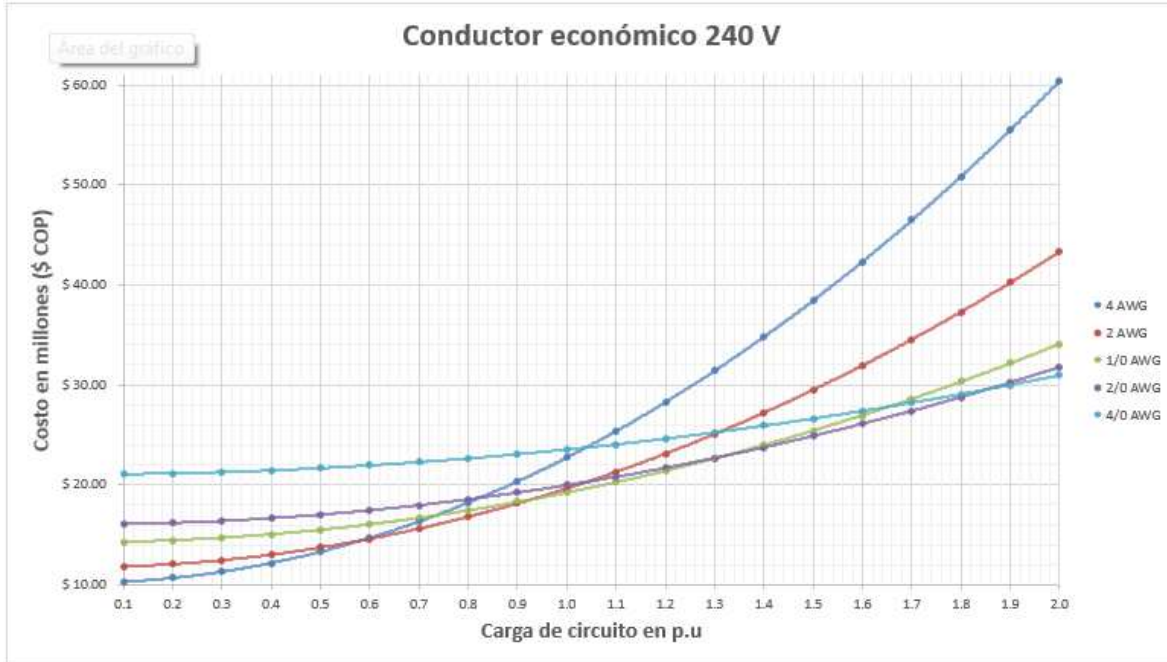
A continuación, se presentan los resultados obtenidos. Las gráficas muestran la variación del costo total (asociados al montaje y la operación durante la vida útil de los activos) en función de la potencia transportada por los circuitos en por unidad (p.u.).

La distancia considerada es útil para obtener valores de referencia del costo total. Sin embargo, la tendencia de las curvas de los conductores no se ve afectada por esta.

- **Circuito monofásico trifilar 120- 240 V**

Los datos considerados para el análisis son los siguientes:

Tensión (kV)	: 0,240
Potencia base (kVA)	: 20
Distancia (km)	: 0.250
THD	: 10%

Figura 1 Conductor económico 120-240 V


De la Figura 1 se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 5.

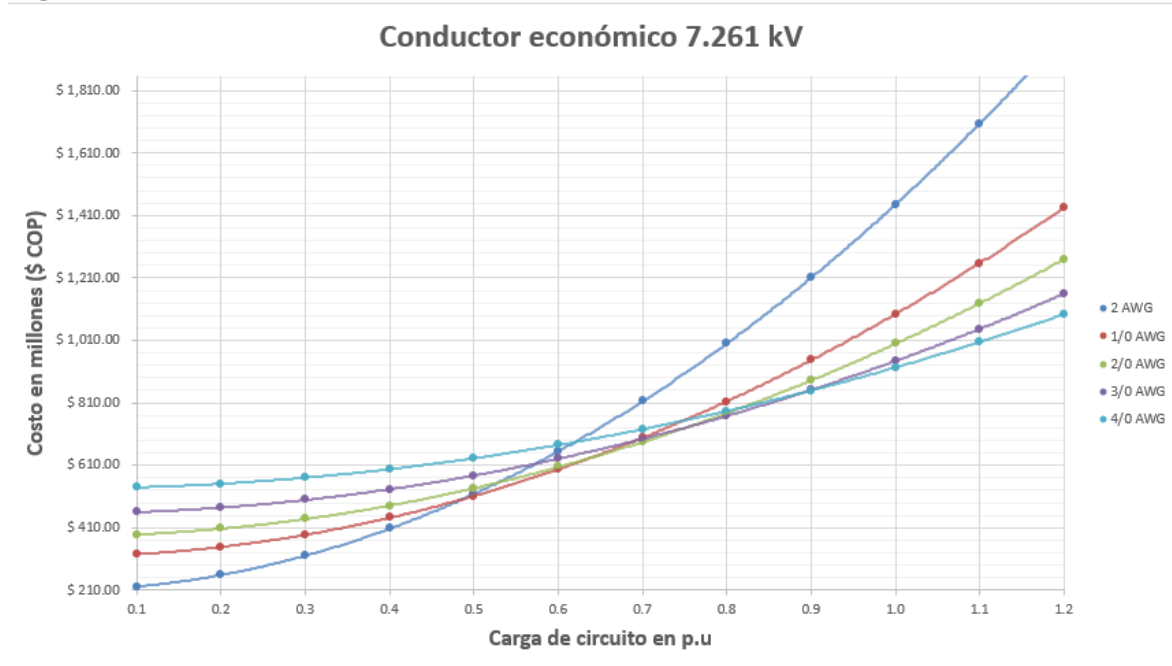
Tabla 5 Conductor económico 240 V, Potencia base 20 kVA

Carga en kVA	Conductor económico
≤ 12	4 AWG
>12 y ≤ 18	2 AWG
>18 y ≤ 26	1/0 AWG
>26 y ≤ 36	2/0 AWG
>36	4/0 AWG

- Circuito monofásico bifilar 7.621 kV**

Los datos considerados para el análisis son los siguientes:

Tensión (kV) : 7.621
 Potencia base (MVA) : 1.5
 Distancia (km) : 5
 THD : 10%

Figura 2 Conductor económico 7.621 kV


De la Figura 2 se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6 Conductor económico 7.6 kV, Potencia base 1.5 MVA

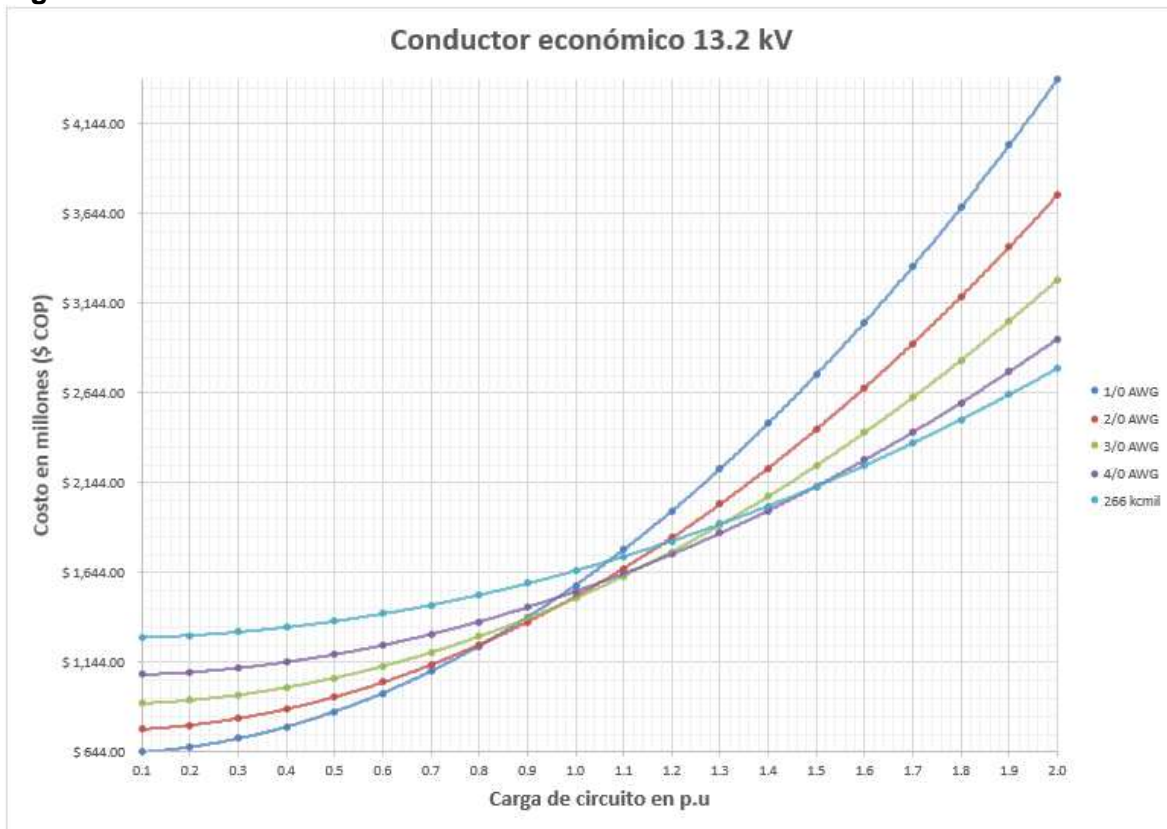
Carga en MVA	Conductor económico
≤ 0.75	2 AWG
>0.75 y ≤ 0.9	1/0 AWG
>0.9 y ≤ 1.05	2/0 AWG
>1.05 y ≤ 1.35	3/0 AWG
>1.35	4/0 AWG

• **Circuito trifásico tetrafilar 13.2 kV**

Los datos considerados para el análisis son los siguientes:

Tensión (kV)	: 13.2
Potencia base (MVA)	: 3.5
Distancia (km)	: 10
THD	: 10%

Figura 3 Conductor económico circuito troncal de 13.2 kV



De la Figura 3 se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7 Conductor económico 13.2 kV, Potencia base 3.5 MVA

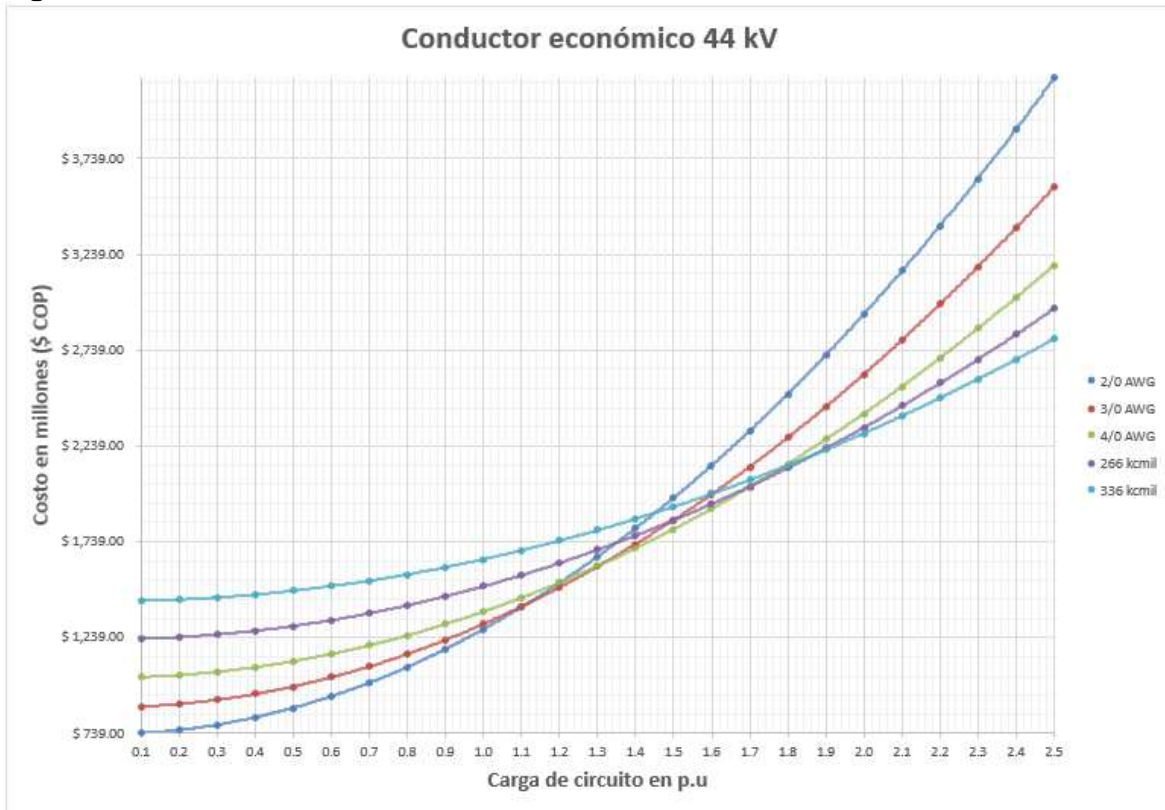
Carga en MVA	Conductor económico
≤ 2.8	1/0 AWG
>2.8 y ≤ 3.15	2/0 AWG
>3.15 y ≤ 3.85	3/0 AWG
>3.85 y ≤ 4.9	4/0 AWG
>4.9	266 kcmil AWG

- **Circuito trifásico trifilar 44 kV**

Los datos considerados para el análisis son los siguientes:

Tensión (kV) : 44
 Potencia base (MVA) : 10
 Distancia (km) : 10
 THD : 10%

Figura 4 Conductor económico circuito troncal de 44 kV



De la Figura 4 se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8 Conductor económico 44 kV, Potencia base 10 MVA

Carga en MVA	Conductor económico
≤ 11	2/0 AWG
>11 y ≤ 13	3/0 AWG
>13 y ≤ 17	4/0 AWG
>17 y ≤ 18	266 kcmil AWG
>18	336 kcmil AWG

8 CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES

A continuación, se presenta la capacidad de corriente de los diferentes conductores empleados por el grupo EPM. Las tablas a continuación son tomadas de la norma NTC 2050.

8.1 CONDUCTORES DE BAJA TENSION

Tabla 9 Capacidad de transporte de corriente para cables aislados de 0 a 2000 voltios, temperaturas de 60 °C, 75 °C y 90 °C, no más de tres cables en múltiple, ductos o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C.

Calibre AWS Kcmil	85°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	85°C (167°F)	90°C (194°F)	Calibre AWS Kcmil
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COBRE				ALUMINIO O ALUMINIO CUBIERTO DE COBRE			
18	-	-	14	-	-	-	-
16	-	-	18	-	-	-	-
14*	20	20	25	-	-	-	-
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	30	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000

Los factores de corrección que afectan la capacidad de transporte de corriente, tales como el cambio de temperatura ambiente, número de ductos, profundidad de enterramiento, resistividad del suelo se deben tener en cuenta para el cálculo final. Para estos se deben trabajar con los datos suministrados por la NTC-2050 y los del fabricante.

Tabla 10 Capacidad de transporte de corriente para cables monopolares aislados de 0 a 2000 voltios, temperaturas de 60 °C, 75 °C y 90 °C, al aire libre, con una temperatura ambiente del aire de 30 °C.

Calibre AWS o Kcmil	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	Calibre AWS o Kcmil
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, ZW	Tipos TBS, SA SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW	Tipos TBS, SA SIS, THHN, THHW, THW-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO CUBIERTO DE COBRE			
18	-	-	18	-	-	-	-
16	-	-	24	-	-	-	-
14*	25	30	35	-	-	-	-
12*	30	35	40	25	30	35	12*
10*	40	50	55	35	40	40	10*
8	60	70	80	45	55	60	8
6	80	95	105	60	75	80	6
4	105	125	140	80	100	110	4
3	120	145	165	95	115	130	3
2	140	170	190	110	135	150	2
1	165	195	220	130	155	175	1
1/0	195	230	260	150	180	205	1/0
2/0	225	265	300	175	210	235	2/0
3/0	260	310	350	200	240	275	3/0
4/0	300	360	405	235	280	315	4/0
250	340	405	455	265	315	355	250
300	375	445	505	290	350	395	300
400	455	545	615	355	425	480	400
500	515	620	700	405	485	545	500
600	575	690	780	455	540	615	600
700	630	755	855	500	595	675	700
750	655	785	885	515	620	700	750
800	680	815	920	535	645	725	800
900	730	870	985	580	700	785	900
1000	780	935	1055	625	750	845	1000
1250	890	1065	1200	710	855	960	1250
1500	980	1175	1325	795	950	1075	1500
1750	1070	1280	1445	875	1050	1185	1750
2000	1155	1385	1560	960	1150	1335	2000

Los factores de corrección que afectan la capacidad de transporte de corriente, tales como el cambio de temperatura ambiente, velocidad del viento, instalación en canales o cárcamos con sus diferentes agrupaciones se deben tener en cuenta para el cálculo final. Para estos se deben trabajar con los datos suministrados por la NTC-2050 y los del fabricante.

Tabla 11 Cable trenzado triplex en aluminio aislados a 90°C XLPE 600 V con neutro mensajero en ACSR o AAAC.

CALIBRE	CAPACIDAD DE CORRIENTE							
	25°C AMBIENTE				40°C AMBIENTE			
	Sol no Viento	No Sol no Viento	Sol Viento	No Sol Viento	Sol no Viento	No Sol no Viento	Sol Viento	No Sol no Viento
6	70	80	100	–	60	70	85	85
4	95	110	130	148	80	95	115	125
2	130	150	175	192	105	130	150	170
1/0	175	210	235	255	145	185	200	230
2/0	205	245	270	330	170	215	230	265

8.2 CONDUCTORES DE MEDIA TENSION

Tabla 12 Capacidad de corriente del conductor ACSR

CALIBRE AWG	CAPACIDAD DE CORRIENTE							
	25°C AMBIENTE				40°C AMBIENTE			
	Sol no Viento	No Sol no Viento	Sol Viento	No Sol Viento	Sol no Viento	No Sol no Viento	Sol Viento	No Sol no Viento
4	80	95	140	145	65	75	115	120
2	110	130	185	195	85	105	150	160
1/0	155	175	240	255	115	145	200	215
2/0	175	205	275	295	135	165	225	245
3/0	205	235	315	340	156	195	160	285
4/0	240	275	360	385	180	225	295	325
266.8 WAXWING	300	345	450	480	225	285	365	405

Estos valores se calcularon de acuerdo con la norma ANSI/IEEE-738 "IEEE Standard for calculating the current-temperature relationship of bare overhead conductors" calculados por la Association Aluminun bajo las siguientes condiciones:

- $T_a = 25^\circ\text{C}$
- Absorción solar: 0.5
- Velocidad del viento: 0.61 mts/seg.
- A nivel del mar
- Emisividad: 0.5
- Azimut de línea: 270°C
- Altitud del sol: 12:00

Tabla 13 Cable monopolar Cobre XLPE 15, 36, 44 kV

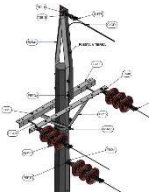
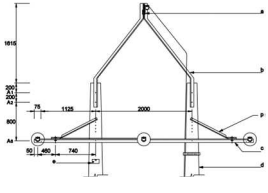
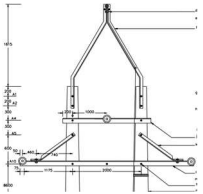
Calibre del conductor		Capacidad lcc -1 seg	Resistencia C.C. a 20 °C	Capacidad de Corriente*
AWG/Kcmil	mm ²	kA	Ω/Km	A
2	33,6	4,8	0,523	155
1/0	53,5	7,6	0,329	200
2/0	67,4	9,6	0,261	230
4/0	107	15,3	0,164	295
350	177	25,2	0,0992	390
Cable Tripolar Cobre XLPE 15, 36, 44 kV				
Calibre del conductor		Capacidad lcc -1 seg	Resistencia C.C. a 20 °C	Capacidad de Corriente*
AWG/Kcmil	mm ²	kA	Ω/Km	A
2	33,6	4,8	0,523	150
1/0	53,5	7,6	0,329	195
2/0	67,4	9,6	0,261	220
4/0	107	15,3	0,164	285
350	177	25,2	0,0992	375
Cable Monopolar Aluminio 15, 36, 44 kV				
Calibre del conductor		Capacidad lcc -1 seg	Resistencia C.C. a 20 °C	Capacidad de Corriente*
AWG/Kcmil	mm ²	kA	Ω/Km	A
2	33,74	3,2	0,852	115
1/0	53,68	5	0,535	150
2/0	67,66	6,4	0,425	170
4/0	107,6	10,1	0,267	225
350	177,9	16,7	0,161	305
Cable Tripolar Aluminio 15, 36, 44 kV				
Calibre del conductor		Capacidad lcc -1 seg	Resistencia C.C. a 20 °C	Capacidad de Corriente*
AWG/Kcmil	mm ²	kA	Ω/Km	A
2	33,74	3,2	0,852	105
1/0	53,68	5	0,535	140
2/0	67,66	6,4	0,425	160
4/0	107,6	10,1	0,267	205
350	177,9	16,7	0,161	280

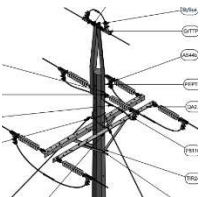
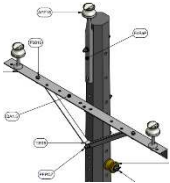
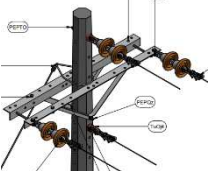
*Corriente nominal valor para 1 circuito, se toma como referencia la tabla No. 310-80 de la norma NTC 2050.

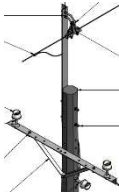
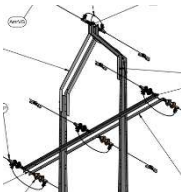
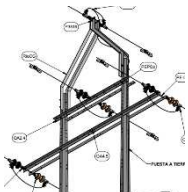
8.3 CÁLCULO DEL FACTOR K DE REGULACIÓN

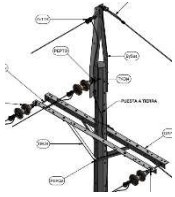

En la Tabla 14 se presenta el cálculo de la constante de regulación (K), para conductor ACSR y algunas configuraciones de estructuras típicas de EPM.

Tabla 14 Constantes de regulación

Tipo	Aplicación	Calibre [AWG - kcmil]	R equivalente [Ω /km]	X equivalente [Ω /km]	K [%/kVA-m]	In [A]	Tensión [V]	Material	Sistema	Figura
Conductor monopolar ACSR	Red de media tensión aérea	DISPOSICIÓN V - RA1 - 013, RA1-014								
		795	0.07160	0.33341	1.08352E-11	900	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		477	0.11900	0.35359	1.34932E-11	654	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		266	0.21400	0.37447	1.83795E-11	460	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		2/0	0.42400	0.40143	2.87489E-11	270	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		1/0	0.53800	0.41056	3.4254E-11	230	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		DISPOSICIÓN HORIZONTAL - RA1 - 074, RA1-075								
		795	0.07160	0.45579	1.35906E-11	900	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		477	0.11900	0.47597	1.62485E-11	654	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		266	0.21400	0.49685	2.11348E-11	460	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		2/0	0.42400	0.52380	3.15042E-11	270	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		1/0	0.53800	0.53293	3.70093E-11	230	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		DISPOSICIÓN DELTA - RA1 - 084, RA1-085								
		795	0.07160	0.40726	1.24979E-11	900	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		477	0.11900	0.42744	1.51558E-11	654	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		266	0.21400	0.44832	2.00422E-11	460	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		2/0	0.42400	0.47527	3.04115E-11	270	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		1/0	0.53800	0.48440	3.59166E-11	230	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	

Tipo	Aplicación	Calibre [AWG - kcmil]	R equivalente [Ω /km]	X equivalente [Ω /km]	K [%/kVA-m]	In [A]	Tensión [V]	Material	Sistema	Figura
DISPOSICIÓN DELTA - RA1 – 114										
		795	0.07160	0.34202	1.10291E-11	900	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		477	0.11900	0.36220	1.3687E-11	654	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		266	0.21400	0.38308	1.85734E-11	460	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		2/0	0.42400	0.41004	2.89427E-11	270	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		1/0	0.53800	0.41916	3.44478E-11	230	44000	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
DISPOSICIÓN DELTA - RA2 - 001, RA2-002										
		795	0.07160	0.33156	1.19929E-10	900	13200	Aluminio	Trifásico, 4 hilos	
		477	0.11900	0.35174	1.49461E-10	654	13200	Aluminio	Trifásico, 4 hilos	
		266	0.21400	0.37262	2.03754E-10	460	13200	Aluminio	Trifásico, 4 hilos	
		2/0	0.42400	0.39958	3.18969E-10	270	13200	Aluminio	Trifásico, 4 hilos	
		1/0	0.53800	0.40871	3.80137E-10	230	13200	Aluminio	Trifásico, 4 hilos	
DISPOSICIÓN DELTA - RA2 - 003, RA2-004										
		795	0.07160	0.32245	1.1765E-10	900	13200	Aluminio	Trifásico, 4 hilos	
		477	0.11900	0.34264	1.47183E-10	654	13200	Aluminio	Trifásico, 4 hilos	
		266	0.21400	0.36351	2.01476E-10	460	13200	Aluminio	Trifásico, 4 hilos	
		2/0	0.42400	0.39047	3.1669E-10	270	13200	Aluminio	Trifásico, 4 hilos	
		1/0	0.53800	0.39960	3.77858E-10	230	13200	Aluminio	Trifásico, 4 hilos	

Tipo	Aplicación	Calibre [AWG - kcmil]	R equivalente [Ω/km]	X equivalente [Ω/km]	K [%/kVA-m]	In [A]	Tensión [V]	Material	Sistema	Figura
DISPOSICIÓN V - RA2 - 011, RA2-012, RA2-013										
		795	0.07160	0.31136	1.14875E-10	900	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		477	0.11900	0.33154	1.44408E-10	654	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		266	0.21400	0.35242	1.987E-10	460	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		2/0	0.42400	0.37937	3.13915E-10	270	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		1/0	0.53800	0.38850	3.75083E-10	230	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
DISPOSICIÓN HORIZONTAL - RA2-073, RA2-074, RA2-075										
		795	0.07160	0.45069	1.49731E-10	900	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		477	0.11900	0.47088	1.79264E-10	654	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		266	0.21400	0.49175	2.33557E-10	460	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		2/0	0.42400	0.51871	3.48772E-10	270	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		1/0	0.53800	0.52784	4.09939E-10	230	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
DISPOSICIÓN DELTA - RA2 - 083, RA2-084, RA2-085										
		795	0.07160	0.40385	1.38014E-10	900	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		477	0.11900	0.42404	1.67546E-10	654	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		266	0.21400	0.44491	2.21839E-10	460	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		2/0	0.42400	0.47187	3.37054E-10	270	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		1/0	0.53800	0.48100	3.98222E-10	230	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	

Tipo	Aplicación	Calibre [AWG - kcmil]	R equivalente [Ω /km]	X equivalente [Ω /km]	K [%/kVA-m]	In [A]	Tensión [V]	Material	Sistema	Figura
DISPOSICIÓN DELTA - RA2 - 113, RA2-114										
		795	0.07160	0.36598	1.2854E-10	900	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		477	0.11900	0.38617	1.58073E-10	654	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		266	0.21400	0.40704	2.12365E-10	460	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		2/0	0.42400	0.43400	3.2758E-10	270	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
		1/0	0.53800	0.44313	3.88748E-10	230	13200	Aluminio	Trifásico, 3 hilos	
DISPOSICIÓN VERTICAL - RA3 - 011, RA3 - 012, RA3 - 013										
		795	0.07160	0.31362	3.48241E-10	900	7620	Aluminio	Monofásico, 2 hilos	
		477	0.11900	0.33380	4.3733E-10	654	7620	Aluminio	Monofásico, 2 hilos	
		266	0.21400	0.35468	6.0111E-10	460	7620	Aluminio	Monofásico, 2 hilos	
		2/0	0.42400	0.38164	9.4867E-10	270	7620	Aluminio	Monofásico, 2 hilos	
		1/0	0.53800	0.39077	1.13319E-09	230	7620	Aluminio	Monofásico, 2 hilos	